

## BIOAEROZOLE I ENDOTOKSYNY BAKTERYJNE JAKO CZYNNIK ZAGROŻEŃ W ROLNICTWIE

Leszek Tymczyna, Piotr Bartecki

Akademia Rolnicza, Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego jest tematem mającym coraz szersze znaczenie we współczesnym świecie. Postęp urbanizacyjny i technologiczny we wszystkich dziedzinach życia doprowadził w ostatnich dziesięcioleciach do koncentracji źródeł emisji na stosunkowo małych terenach. Głównymi czynnikami zanieczyszczającymi powietrze, oprócz substancji chemicznych, są mikroorganizmy wchodzące w skład bioaerozoli. Wiatr przenosi mikroorganizmy obecne w powietrzu na duże odległości, często odległe o setki i tysiące kilometrów od źródła ich powstania. Wiele drobnoustrojów obecnych w bioaerozolach zachowuje żywotność przez długi okres czasu. Aerozole stanowią układ dwufazowy, składający się z gazu i zawieszonych w nim cząsteczek. Na ogół przyjmuje się, że wielkość cząstek aerozolu waha się w zakresie od 10  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ . Bioaerozole należą do grupy czynników znanych jako „biologiczne czynniki zagrożenia zawodowego”. Obejmują one znane od dawna czynniki zakaźne: wirusy, bakterie, grzyby, pasożyty lub fragmenty żywych organizmów. Spośród wielu czynników szkodliwych występujących w bioaerozolach głównym zagrożeniem są drobnoustroje występujące w postaci przetrwalników, zarodników, fragmentów grzybni, konidii lub form wegetatywnych (wirusy i bakterie) oraz endotoksyny, czyli biologicznie aktywne wielocząsteczkowe lipopolisacharydy występujące w najbardziej zewnętrznej warstwie ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych. Powodują one zaburzenia czynnościowe organizmów ludzi i zwierząt. Najbardziej narażeni na wystąpienie objawów chorobowych są rolnicy, pracownicy składowisk odpadów przemysłowych, wysypisk śmieci, kompostowni, ferm hodowlanych, oczyszczalni ścieków oraz służby zdrowia (Borello i in., 1999; Borowski, 2001; Chang i in., 2001; Jones i Cookson, 1983; Kock i in., 1998; Litwin, 1977; Martens i in., 2001; Schlegelmilch i in., 2005; Seedorf i in., 1998; Wathes, 1998 b; Wathes i in., 1998; Whyte, 1993).

Większość cząstek biologicznych w normalnych warunkach środowiskowych nie powoduje zagrożenia, lecz część z nich wykazuje się właściwościami chorobotwórczymi, toksycznymi i alergizującymi. Szkodliwe czynniki zawarte w bioaerozolu to organizmy najprościej zorganizowane (priony, wirusy), a także najwyżej zorganizowane zwierzęta hodowlane i domowe, które wydzielają szkodliwe alergeny.

Wirusy są małymi organizmami charakteryzującymi się prostą budową, gdyż zawierają kwas nukleinowy otoczony osłonką białkową. Wielkość ich waha się od 10 do 100 nm. Do środowiska zewnętrznego wirusy dostają się w postaci aktywnych cząstek w wydzielinach i wydalinach oraz w komórkach żywiciela, gdzie w dogodnych warunkach mogą namnażać się *in vitro* (Tymczyna i Chmielowiec-Korzeniowska, 2002; Zaremba i Borowski, 1997). W środowisku zewnętrznym w temp. 0°C wirusy zachowują swoje właściwości przez wiele miesięcy. W temperaturze pokojowej nie tracą swojej zakaźności przez wiele godzin lub dni, natomiast wysychanie w tych warunkach prowadzi do szybkiej jej utraty. Proces liofilizacji nie niszczy właściwości antygenowych wirusów, co wykorzystuje się w produkcji szczepionek przeciwko ospie, odrze, śwince, różyczce i wściekliźnie. Wirusy odzwierzęce zagrażają głównie rolnikom i personelowi weterynaryjnemu. Przenoszone w postaci bioaerozolu z bydła i owiec wirusy: niesztowicy, ospy krów, gruźkowego zapalenia jamy ustnej bydła, guzków dojarek, pęcherzykowego zapalenia jamy ustnej bydła i pryszczycy powodują oспopodobne choroby skóry i grypopodobne zakażenia.

Niewątpliwie ważną grupą organizmów wchodzących w skład bioaerozoli są bakterie. Mogą one wywoływać nie tylko choroby zakaźne, ale również immunotoksyczne i alergiczne. Z cząstkami bioaerozolu związane są bakterie Gram-ujemne, które można zaobserwować zwłaszcza w środowisku o dużym zapyleniu. To właśnie podczas rolniczych prac sezonowych, takich jak: zbiórka siana, ścielenie stanowisk zwierząt, zbiór zbóż, omłoty, występuje duże zapylenie, w którym wśród ogromnej ilości różnych drobnoustrojów większość stanowią bakterie. Gram-ujemne bakterie pochodzenia zwierzęcego i roślinnego występujące pospolicie w kurzu mogą być przyczyną chorób alergicznych, do których należą: alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych (AZPP), astma oskrzelowa, alergiczne zapalenie oskrzeli, alergiczne zapalenie spojówek, pokrzywka i inne. Pałeczki Gram-ujemne wywołują także choroby o podłożu immunotoksycznym. Przykładem jest bisynoza — choroba wywołana przez pył bawełny, gorączka nawilżaczowa, ODTS (Organic Dust Toxic Syndrome) — syndrom toksyczny wywołany pyłem organicznym.

Szczególnym zagrożeniem jest endotoksyna, będąca składnikiem ściany komórkowej bakterii. Endotoksyny bakteryjne są to biologicznie aktywne wielocząsteczkowe lipopolisacharydy (LPS), występujące najczęściej w zewnętrznej warstwie ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych. Stanowią integralny, a zarazem unikatowy składnik błony zewnętrznej bakteryjnej osłony komórkowej i są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania i przeżywalności bakterii. Pokrywając około 70% jej powierzchni, chronią mikroorganizm przed obronnymi mechanizmami zainfekowanego makroorganizmu, kwasami żółciowymi i hydrofobowymi

antybiotykami (Holst i in., 1996). Toksyczność LPS objawia się gorączką, zmianą liczebności leukocytów, pojawieniem się trudności w oddychaniu, a nawet śmiercią organizmu. Endotoksyny wdychiwane przez człowieka wraz z kurzem aktywują nieswoiste makrofagi płucne i dochodzi wtedy do nadprodukcji mediatorów, obniżenia ciśnienia krwi, wysokiej gorączki, rozsianego wewnątrznaczyniowego krzepnięcia krwi i śmiertelnego wstrząsu septycznego (Griffiths i De Cosemo, 1994; Lacey i Dutkiewicz, 1994; Rietshel i in., 1996; Zaremba i Borowski, 1997). Człowiek jest jednym z gatunków najbardziej wrażliwych na działanie endotoksyny. Stężenie 10 pg/ml lipopolisacharydu w plazmie może wskazywać na rozwój posocznicy. Za prawidłowe stężenie uznaje się  $2,4 \pm 1$  pg/ml. Stężenie endotoksyny we krwi u osób z objawami posocznicy wynosi 5–5000 pg/ml (Kaca, 1996). Na szczególną uwagę zasługują bakterie Gram-ujemne należące do gatunku *Pantoea agglomerans*, występujące na powierzchni wielu roślin i w aerogennym kurzu pochodzenia roślinnego, będące źródłem silnych alergenów i endotoksyn (Śpiewak, 1996). W bioaerozolu mogą również występować bakterie *Salmonelli* należącej do rodziny *Enterobacteriaceae*, będącej przyczyną salmonellozy, której objawami są: bóle brzucha, nudności, gorączka, biegunka.

W bioaerozolu możemy także spotkać bakterie Gram-dodatnie. Jest to grupa bakterii, która przy zastosowaniu metody Grama barwi się na niebiesko w odróżnieniu od bakterii Gram-ujemnych wybarwiających się na różowo. Przyjmują one w środowisku różne formy — od kulistej i owalnej do laseczkowatej i maczugowatej. Ich rozmiary wahają się od 1 do 10  $\mu\text{m}$ . W budowie bakterii Gram-dodatnich, w przeciwieństwie do Gram-ujemnych, nie wyróżnia się zewnętrznej błony komórkowej, a ściana komórkowa jest gruba (ok. 20 nanometrów), grubsza niż u bakterii Gram-dodatnich i zbudowana głównie z peptydoglikanu. Niektóre z nich stanowią bardzo poważny czynnik chorobotwórczy. W powietrzu przenoszone są z jednego żywiciela do drugiego drogą kropelkową, inhalacyjną, na cząstkach gleby lub pyłu, poprzez kontakty bezpośrednie albo przez zainfekowane przedmioty. Do organizmu dostają się przez jamę nosową lub ustną, gdzie mogą wywoływać działanie chorobotwórcze miejscowe lub poprzez egzotoksyny ogólnoustrojowe, jak np. gronkowiec złocisty (*Staphylococcus aureus*), najczęściej powodujący zakażenia ropne skóry, tkanek podskórnych oraz miękkich, zakażenia lub zatrucia związane z produkcją toksyn oraz zakażenia układowe. Do innych przedstawicieli tej grupy bakterii zaliczamy paciorkowce: *Streptococcus pneumoniae* występujący na całym świecie, wywołujący ostre infekcje układu oddechowego i będący najczęstszą przyczyną tzw. „domowych” zapaleń płuc w krajach europejskich (Dutkiewicz, 2004; Lacey i Dutkiewicz, 1994; Zaremba i Borowski, 1997).

Spośród innych zarazków dostających się do organizmu człowieka drogą inhalacyjną ważne miejsce zajmują prątki kwasoodporne z rodzaju *Mycobacterium*, np. *Mycobacterium tuberculosis* i *Mycobacterium bovis*, wywołujące gruźlicę płuc, opon mózgowych i mózgu, kości, stawów, sercowo-naczyniową, układu moczowego, narządów płciowych i skóry. Innym zagrożeniem biologicznym są bakterie z rodzaju *Bacillus*. Dla człowieka i zwierząt wyższych chorobotwórczy jest tylko jeden gatunek — laseczka wąglika (*Bacillus anthracis*), wywołująca ciężkie ogólne

zakażenia. Laseczki węgliką produkują biotoksyny wywołujące krwotoki, obrzęki i martwicę w tkankach i narządach organizmu. Wegetatywne formy bakterii, w odróżnieniu od endospor, nie przeżywają poza organizmem zwierząt i ludzi (Inglesby, 1999).

Omawiając bioaerozole nie sposób pominąć termofilnych promieniowców, nitkowatych zarodników bakterii rozwijających się w wysokiej temperaturze, na przykład w wilgotnym podłożu, gdzie podczas procesu samozagrzewania temp. dochodzi do 55–70°C, w kompoście lub w zanieczyszczonych urządzeniach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Gatunki mikroorganizmów z tej grupy: *Thermoactinomyces vulgaris*, *Thermoactinomyces thalophilus*, *saccharomonospora viridis*, *Saccharopolyspora rectivirgula*, *Thermomonospora* są także przyczyną alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych (Gołofit-Szymczak i Skowroń, 2005; Jones i Cookson, 1983).

W skład bioaerozoli wchodzi także grzyby, które produkują mykotoksyny — bardzo toksyczne metabolity wytwarzane przez niektóre gatunki grzybów pleśniowych. Zatrucia tymi metabolitami stanowią poważny problem żywieniowy i weterynaryjny. Rośliny paszowe, takie jak: arachid, soja, kukurydza, sorgo, śruta bawełniana i inne, stanowią dogodny podłoże do rozwoju grzybów toksynotwórczych. Najbardziej znane mykotoksyny to: aflatoksyny, ochratoksyny, trichoteceny, zeralenon i stachybatriotoksyna. Substancje te wywołują u ludzi zapalenia skóry, ostre zatrucia z objawami bólu głowy, biegunki, zaburzenia mechanizmów immunologicznych oraz uszkodzenia wątroby i nerek. Wiele mykotoksyn, np. aflatoksyny wytwarzane przez gatunki z rodzaju *Aspergillus*, ma działanie teratogenne, mutagenne i rakotwórcze. Mykotoksyny powodują także zaburzenia w prawidłowym funkcjonowaniu układu nerwowego (Colakoglu, 1996; Gołofit-Szymczak i Skowroń, 2005). Badania doświadczalne przeprowadzone na zwierzętach wykazały, że inhalacja trichotecenami jest od 2 do ponad 20 razy bardziej niebezpieczna niż wprowadzenie tych toksyn dożylnie do organizmu. W powietrzu występują również grzyby (głównie z rodzaju *Cladosporium* i *Alternaria*), które wywołują natychmiastową reakcję alergiczną, astmę i zapalenie spojówek. Do najczęściej spotykanych grzybic możemy zaliczyć: histoplazmozę, promienię, kropidlakowicę, kokcydiodomikozę, sporotrychozę, kandydozę (często spotykana u chorych na AIDS) i kryptokozę. Obecnie znanych jest około 100 tys. gatunków grzybów, z których ponad 100 gatunków uważa się za szczególnie niebezpieczne. Jeden gatunek grzyba może wytwarzać kilka toksyn, a różne gatunki mogą produkować takie same toksyny. Grzyby hodowlane należące do podstawczaków „kapeluszkowych” stanowią także zagrożenie dla ludzi i zwierząt. I tak np., zarodniki hodowanego na szeroką skalę bocznika ostrogowatego — pospolitego grzyba nadrzewnego o wysokich walorach smakowych, mogą być przyczyną zapalenia pęcherzyków płucnych i astmy u hodowców. Uczulenie na grzyby jadalne stwierdzono również u hodowców pieczarek.

Największe narażenie na szkodliwe czynniki biologiczne występuje wśród pracowników ochrony zdrowia, rolnictwa, leśnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i drzewnego, składowisk odpadów i oczyszczalni ścieków oraz nadmiernie

zanieczyszczonych pomieszczeń biurowych. Pracownicy służby zdrowia, laboratoriów diagnostycznych i naukowych narażeni są na zakażenia: wirusami, grzybami, bakteriami i pasożytami. Hodowcy, rolnicy, pracownicy przemysłu rolno-spożywczego, sektora weterynaryjnego narażeni są na alergeny i toksyny głównie pochodzenia roślinnego, zwierzęcego i drobnoustrojowego oraz na kontakt z wirusami, bakteriami, grzybami i pasożytami wywołującymi choroby odzwierzęce. Pracownicy lasów (drwale i leśnicy) narażeni są na zakażenie chorobami odzwierzęcymi oraz kontakt z alergenami, takimi jak olejki eteryczne i terpeny, wytwarzanymi przez drzewa. U sadowników i ogrodników mogą występować odczyny zapalne skóry i błon śluzowych. Pracownicy zakładów przetwarzających mięso ryb i innych zwierząt morskich są także narażeni na wdychanie bioaerozoli, które mogą zawierać chorobotwórcze alergeny. Aerozole zagrażają również pracownikom zakładów drzewnych (cieślom, stolarzom), którzy są także narażeni na substancje rakotwórcze znajdujące się w pyłe niektórych drzew oraz na toksyczne alergizujące działanie drobnoustrojów bytujących w drewnie, szczególnie grzybów pleśniowych. Do najbardziej narażonych na występowanie objawów chorobowych należą pracownicy kompostowni, wysypisk śmieci i składowisk odpadów przemysłowych, stacji segregacji i oczyszczalni ścieków. Obiekty te, podobnie jak fermi hodowlane, emitują do powietrza atmosferycznego zanieczyszczenia mikrobiologiczne. W procesie kompostowania, podczas mineralizacji materii organicznej mikroorganizmy produkują dwutlenek węgla i uwalniają ogromne ilości energii cieplnej. W procesie tym tworzona jest znaczna ilość mikroorganizmów. W masie kompostu możemy zidentyfikować około  $1,5 \cdot 10^5$  jtk/g s.m. grzybów i około  $4,0 \cdot 10^8$  jtk/g s.m. bakterii. W powietrzu wokół kompostowni występuje  $1,0 \cdot 10^5$  jtk/m<sup>3</sup> zarodników grzybów, których dopuszczalna ilość w powietrzu wynosi 300 jtk/m<sup>3</sup> (Fit i Wojewódzka, 2005). Bioaerozol uwalniany ze składowisk i oczyszczalni ścieków, w wyniku opadania pod wpływem sił grawitacji, gromadzi się na powierzchni gleb, wód, roślin, a także wraz z wodą może migrować do głębszych warstw gleby, a zawieszony w powietrzu atmosferycznym nie traci chorobotwórczych właściwości nawet przez długi okres czasu (Borello i in., 1999; Borowski, 2001; Cronholm, 1980; Litwin, 1977; Mancinelli i Shulls, 1978). W tabeli 1 przedstawiono zawartość inhalacyjnych i respirabilnych pyłów i endotoksyn w kurnikach, stwierdzoną na podstawie badań przeprowadzonych w krajach UE (Wathes, 1998 a).

Obiekty komunalne są również jednym z większych źródeł zagrożenia dla człowieka, a ich wielkość zależy głównie od charakteru tych obiektów, sposobu ich eksploatacji oraz aktualnych warunków meteorologicznych i przyrodniczych. Obiekty komunalne oddziałują na otaczające gleby, wody powierzchniowe i podziemne, zanieczyszczają atmosferę, a za jej pośrednictwem odległe tereny rolnicze, miejskie i rekreacyjne (Colakoglu, 1996; Jones i Cookson, 1983; Kock i in., 1998).

Najlepiej poznanym i najczęściej rozpoznawanym schorzeniem jest alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych (AZPP). Ze względu na wywołujący je alergen i charakter ekspozycji wyróżnia się: płuco rolnika, płuco młócacego, gorączkę słodową, płuco hodowców pieczarek, bagażozę, chorobę serowarów, płuco hodow-

ców ptaków i chorobę drwali (Mackiewicz, 1999). Przebieg choroby zależy od częstości i intensywności ekspozycji, właściwości osobniczych jednostki i rodzaju antygeny. Postać ostra może być powodowana przez drobne cząstki antygenów, w tym lipopolisacharydy bakteryjne. Objawy pojawiają się po 4 do 8 godzinach po ekspozycji na antygen i są to m.in.: podwyższona ciepłota ciała, bóle głowy, nadmierna potliwość, duszność, suchy kaszel. Postać przewlekła początkowo przebiega skrycie, prowadząc do nieodwracalnego uszkodzenia tkanki płucnej, narastającej duszności, przewlekłego kaszlu.

Tabela 1. Zawartość amoniaku, pyłów i endotoksyn w kurnikach w Europie Zachodniej (Wathes, 1998 a)  
Table 1. Levels of ammonia, dusts and endotoxins in poultry houses in Western Europe (Wathes, 1998 a)

Drób Poultry	Pył inhalacyjny Inhalation dust (mg/m <sup>3</sup> )	Pył respirabilny Respirable dust (mg/m <sup>3</sup> )	Endotoksyny inhalacyjne Inhalation endotoxins (ng/m <sup>3</sup> )	Endotoksyny respirabilne Respirable endotoxins (ng/m <sup>3</sup> )
Nioski — baterie Layers — cage batteries	0,8–1,6	0,03–0,23	20–430	2–48
Nioski — grzędę Layers — perches	2,2–8,9	0,35–1,26	148–1978	15–139
Brojlery — ściółka Broilers — litter	3,8–10,4	0,42–1,14	70–6000	6–239

Jedną z chorób, których przyczyną są bioaerozole, jest zespół toksyczny wywołany pyłem organicznym (ODTS — organic dust toxic syndrome). Ta jednostka chorobowa charakteryzuje się objawami grypopodobnymi, do których należą: stany podgorączkowe, gorączka z dreszczami, bóle głowy, suchość w gardle, ucisk w klatce piersiowej, bóle kostno-stawowe. Obserwowano również podrażnienie spojówek i słaby kaszel występujący w czasie pracy oraz bóle mięśniowe, dreszcze, duszność, nudności i wymioty. Najwięcej przypadków zachorowań na ODTS stwierdzono u pracowników zatrudnionych przy hodowli trzody chlewnej oraz u narażonych na pył zbożowy (Dutkiewicz i in., 2000).

Narażenie na wdychanie pyłu organicznego może być przyczyną astmy oskrzelowej. Jest to przewlekła, zapalna choroba dróg oddechowych, z którą związane jest pojęcie nadreaktywności oskrzeli. Jest to nadmierna ich wrażliwość na różne niespecyficzne bodźce, pod wpływem których następuje zwężenie światła oskrzeli. Nadreaktywność jest głównym atrybutem astmy, lecz nie jest zjawiskiem stałym i maleje w okresie remisji choroby, a rośnie po ekspozycji alergenowej, infekcjach wirusowych i bakteryjnych. Z astmą oskrzelową związana jest atopia, czyli genetycznie uwarunkowana skłonność do wytwarzania immunoglobulin klasy IgE przeciwko pospolicie występującym antygenom. Przeciwciała te, łącząc się z anty-

genem biorą udział w reakcji alergicznej typu I, zapoczątkowując szereg wzajemnie ze sobą sprzężonych zdarzeń patofizjologicznych, tworzących obraz astmy oskrzelowej. Objawy astmy są zwykle powiązane z rozległym, ale zmiennym zaburzeniem przepływu powietrza. Wśród nich można wymienić nawracającą napadową duszność, świszczący oddech, uporczywy kaszel, opresję klatki piersiowej. Występowanie astmy oskrzelowej ocenia się na 5–10%, a nadreaktywność oskrzeli jest zjawiskiem jeszcze częstszy (Malinowski, 1995).

Tabela 2. Propozycje Zespołu Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN, dotyczące zalecanych stężeń drobnoustrojów i endotoksyn w powietrzu pomieszczeń  
Table 2. Proposals of the Team of Experts for Biological Factors from the Intradepartmental Commission for the Maximum Allowable Concentration and the Maximum Allowable Intensity concerning the indoor concentration of microorganisms and endotoxins in air

Czynnik mikrobiologiczny Microbiological factor	Dopuszczalne stężenie — Allowable concentration	
	pomieszczenia robocze zanieczyszczone pyłem organicznym working facilities contaminated with organic dust	pomieszczenia mieszkalne i użyteczności publicznej living quarters and public utilities
Bakterie mezofilne Mesophilic bacteria	100 000 CFU/m <sup>3</sup>	5000 CFU/m <sup>3</sup>
Bakterie Gram-ujemne Gram-negative bacteria	20 000 CFU/m <sup>3</sup>	200 CFU/m <sup>3</sup>
Termofilne promieniowce Thermophilic Actinomycetales	20 000 CFU/m <sup>3</sup>	200 CFU/m <sup>3</sup>
Grzyby Fungi	50 000 CFU/m <sup>3</sup>	5000 CFU/m <sup>3</sup>
Endotoksyna bakteryjna Bacterial endotoxin	200 ng/m <sup>3</sup> (2000 EU/m <sup>3</sup> )	5 ng/m <sup>3</sup> (50 EU/m <sup>3</sup> )

Narażenie na pył organiczny, a szczególnie na niektóre jego składniki (endotoksyny, glukany) może być przyczyną wystąpienia COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease), czyli przewlekłej obturacyjnej choroby płuc i przewlekłego zapalenia oskrzeli. Patogeneza przewlekłej obturacji dróg oddechowych wywołanej ekspozycją na pył organiczny nie jest dostatecznie wyjaśniona. Inhalacja pyłu organicznego powoduje napływ komórek zapalnych do płuc. Nie do końca wyjaśniono, które składniki pyłu organicznego są odpowiedzialne za chemotaksję komórek. Istnieją dowody na to, że mogą to być endotoksyny, antygeny bakteryjne oraz inne produkty drobnoustrojowe: enzymy, glukany. Obserwacje Malinowskiego (1995), ukazują kilka dróg patogenetycznych chemotaksji. Jedną z nich jest bezpośrednie przyciąganie makrofagów przez składniki pyłu organicznego, kolejną — bezpośrednie przyciąganie neutrofilów, a jeszcze inną — pobudzenie przez pył organiczny makrofagów pęcherzykowatych do uwalniania czynników chemotaktycznych dla neutrofilów. Przyciągnięte komórki uwalniają zwiększone ilości

rodników tlenowych, enzymów cytokin i innych mediatorów zapalnych. W ten sposób inhalacja pyłu organicznego może wywołać reakcję zapalną w oskrzelach. Następnym, ważnym etapem patogenetycznym jest rozwój nadreaktywności oskrzeli, która jest efektem stymulacji receptorów podrażnieniowych w oskrzelach przez składniki pyłu organicznego. Warto wspomnieć, że u wielu ludzi narażonych na pył organiczny objawy typowe dla alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych czy astmy oskrzelowej współistnieją z objawami przewlekłego zapalenia oskrzeli. Brak jest jednak obiektywnych danych epidemiologicznych dotyczących tego zjawiska.

Bioaerozole zaliczamy do biologicznych czynników zagrożenia zawodowego. Dzięki dynamicznemu rozwojowi medycyny, a szczególnie immunologii i biologii molekularnej wykazano, że przyczyną wielu chorób pochodzenia zawodowego są właśnie czynniki biologiczne. Wynikiem narastającego zainteresowania tą tematyką było wydanie przez Unię Europejską w roku 1990 Dyrektywy nr 90/697/EEC, nakładającej na państwa członkowskie obowiązek podjęcia działań chroniących pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie szkodliwych czynników biologicznych w miejscu pracy. W roku 2000 weszła w życie nowa Dyrektywa nr 2000/54/WE, która obowiązuje obecnie w krajach Unii Europejskiej i jest sukcesywnie wdrażana do prawa polskiego (Dutkiewicz, 2004). Przykładem tego jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (tab. 2). Dyrektywa określa obowiązki pracodawcy w zakresie ochrony pracowników przed narażeniem na czynniki biologiczne, zawiera ich klasyfikację, opisuje środki i strefy bezpieczeństwa w miejscu pracy, gdzie pracownicy są narażeni na czynniki szczególnie niebezpieczne. Nie ma jednakże obecnie ogólnie ustalonych kryteriów oceny narażenia na czynniki biologiczne, jak również ogólnie uznanych wartości dopuszczalnych stężeń mikroorganizmów na stanowiskach pracy. Grupy naukowców i badaczy z różnych krajów od wielu lat wysuwają propozycje dotyczące ustalenia norm oraz standaryzacji metod pomiarowych i doświadczalnych w tym zakresie. Na uwagę zasługują propozycje Zespołu Ekspertów ds. Czynniki Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN. Dotyczą one przyjęcia zalecanych wartości dopuszczalnych stężeń najbardziej powszechnych kategorii mikroorganizmów i endotoksyny bakteryjnej w powietrzu pomieszczenia roboczego oraz pomieszczeń mieszkalnych i użyteczności publicznej. Propozycje te mogą być punktem wyjścia do opracowania ogólnie akceptowanych norm dotyczących szkodliwych czynników biologicznych. Do tego czasu konieczne jest przestrzeganie obowiązujących obecnie norm stężenia składników bioaeroli, w których skład wchodzi organizmy żywe (np. wirusy, bakterie, grzyby mikroskopijne), ich produkty, fragmenty roślin i zwierząt oraz endotoksyny będące związkami wytwarzanymi przez ściany komórkowe bakterii Gram-ujemnych, stanowiące duże zagrożenie dla ludzi i zwierząt.



## Piśmiennictwo

- Borello P., Gucci P.M., Musmeci L., Pirrera A. (1999). The microbiological characterization of bioaerosol and leachate from an urban solid refuse dump: preliminary data. *Ann. Ist Super Sanita*, 35, 3: 467–471.
- Borowski S. (2001). Rola wysypisk odpadów komunalnych i oczyszczalni ścieków w kształtowaniu bioaerozolu powietrza atmosferycznego. *Mat. konf. nauk.: Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych*. Łódź, 2001, ss. 142–147.
- Chang C.W., Chung H., Huang C.F. Su J. (2001). Exposure assessment to airborne endotoxin, dust ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. *Ann. Occup. Hyg.*, 45 (6): 457–465.
- Colakoglu G. (1996). Fungal spore concentrations in the atmosphere at the Anatolia quarter of Istanbul, Turkey. *J Basic Microbiol.*, 36, 3: 155–162.
- Cronholm L.S. (1980). Potential health hazards from microbial aerosol in densely populated urban region. *Appl. Environ. Microbiol.*, 39: 6–12.
- Dutkiewicz J. (2004). Dyrektywa 2000/54/WE a strategia wykonywania pomiarów czynników biologicznych w zakładach pracy. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 3 (41): 9–16.
- Dutkiewicz J., Mackiewicz B., Skórska C., Cholewa G. (2000). Zapobieganie chorobom wywołanym przez pyły organiczne w rolnictwie i przemyśle rolnym. *Wyd. Inst. Med. Wsi, Lublin*, ss. 5–37.
- Fit M., Wojewódzka D. (2005). Ryzyko zawodowe w środowisku pracy. *Ekologia*, nr 2.
- Gołofit-Szymczak J., Skowroń J. (2005). Zagrożenia mikrobiologiczne w pomieszczeniach biurowych. *Bezp. Pracy — Nauka i Praktyka*, 3: 29–31.
- Griffiths W.D., De Cosemo G.A.L. (1994). The assessment of bioaerosols: A critical review. *J. Aerosol Sci.*, 25, 8: p. 1430.
- Holst O., Ulmer A.J., Brade H., Flad H., Rietschel E. (1996). Biochemistry and cell biology bacterial endotoxins. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, 16: 83–104.
- Inglesby T.V. (1999). Anthrax as a biological weapon. *JAMA*, 281 (18): 1735–1745.
- Jones B.L., Cookson J.T. (1983). Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area. *Appl. Environ. Microbiol.*, 45, 3: 919–934.
- Kaca W. (1996). Wykorzystanie testu *Limulus* (LAL) do wykrywania endotoksyn. *Post. Hig. Mat. Dośw.*, 50: 447–457.
- Kock M., Schlacher R., Pichler-Semmelrock F.P., Reinthaler F.F., Eibel U., Marth E., Friedl H. (1998). Air-borne microorganisms in the metropolitan area of Graz, Austria. *Cent. Eur. J. Public Health*, 6, 1: 25–28.
- Kończak R., Dobrzański Z. (2006). Higiena i dobrostan zwierząt gospodarskich. *Wyd. AR Wrocław*.
- Lacey J., Dutkiewicz J. (1994). Bioaerosols and occupational lung diseases. *J. Aerosol Sci.*, 25: 1371–1404.
- Litwin B. (1977). Zanieczyszczenie powietrza w otoczeniu wysypisk odpadów komunalnych. *Człowiek i Środowisko*. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa.
- Mackiewicz B. (1999). Przebieg kliniczny chorób układu oddechowego wywołanych przez pyły organiczne. *Wyd. Inst. Med. Wsi, Lublin*, ss. 75–85.
- Malinowski J. (1995). Wpływ pyłu organicznego na układ oddechowy. *Wyd. Inst. Med. Wsi, Lublin*, ss. 2–31.
- Mancinelli R.L., Shulls W.A. (1978). Airborne bacteria in an urban environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, 35: 1095–1101.
- Martens W., Martinec M., Zapirain R., Stark M., Hartung E., Palmgren U. (2001). Reduction potential of microbial, odour and ammonia emissions from a pig facility by biofilters. *J. Hyg. Environ. Health*, 203: 335–345.
- Rietschel E.T., Brade H., Holst O. (1996). Bacterial endotoxin: Chemical constitution, biological recognition, host response, and immunological detoxification. In: *Pathology of septic shock*. Eds: Rietschel E.T., Wagner H., Springer-Verlag. Berlin–Heidelberg–New York; pp. 40–81.

- Schlegelmilch M., Herold T., Streese J., Hensel A., Stegmann R. (2005). The potential to reduce emissions of airborne microorganisms by means of biological waste gas treatment systems. *Waste Manag.*, 25: 955–964.
- Seedorf J., Hartung J., Schröder M., Linkert K.H., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Pedersen S., Takai H., Johnsen J.O., Metz J.H.M., Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., Wathes C.M. (1998). Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Eng. Res.*, 70: 97–109.
- Śpiewak R. (1996). Rola mikroflory pyłku roślin wiatropylnych w etiopatogenezie astmy. *Int. Rev. Allergol. Clin. Immunol.*, 2 (Supl. 2): p. 6.
- Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., (2002). Higiena środowiska wiejskiego. Wyd. AR Lublin.
- Wathes C.M. (1998 a). Aerial emissions from poultry production. *World's Poultry Sci. J.*, 54: 241–251.
- Wathes C.M (1998 b). Concentrations and emission of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Eng. Res.*, 70: 97–109.
- Wathes C.M., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schröder M., Linkert K.H., Pedersen S., Takai H., Johnsen J.O., Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., Metz J.H.M., Hinz T., Caspary V., Linke S. (1998). Emissions of aerial pollutants in livestock buildings in Northern Europe: overview of a multi-national project. *J. Agric. Eng. Res.*, 70: 8–9.
- Whyte R.T. (1993). Aerial pollutants and the health of poultry farmers. *World's Poultry Sci. J.*, 49: 139–156.
- Zaremba M.L., Borowski J. (1997). *Mikrobiologia lekarska*. PZWL, Warszawa.

Zatwierdzono do druku 4 VI 2007

LESZEK TYMCZYNA, PIOTR BARTECKI

### Bioaerosols and bacterial endotoxins as risk factors in agriculture

#### SUMMARY

Employees from many sectors of the economy are exposed to organic dusts and the related organisms known as bioaerosol. Bioaerosols contain dust particles combined with an infectious agent in the form of bacteria, viruses, fungi, parasites or parts of living organisms.

In specific conditions, bioaerosols can show pathogenic, toxic or allergy-causing activity. Endotoxins (LPS), which form part of the cell wall of Gram-negative bacteria found in farm, wild and domestic animals, are particularly dangerous. These include *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Yersinia spp.*, *Vibrio spp.*, and *Pasteurella spp.* bacteria.

The group of employees exposed to organic dusts and liposaccharides (LPS) they contain include breeders, farmers, foresters, workers of the agri-food industry, waste disposal sites and sewage treatment plants, veterinarians and doctors. The inhalation of these particles may result in many disease symptoms and diseases, including the organic dust toxic syndrome (ODTS), bronchial asthma, chronic obstructive pulmonary disease, chronic bronchitis and byssinosis.

Key words: bioaerosols, endotoxins, agriculture, disease