

EMISJA I ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ MIKROORGANIZMÓW WOKÓŁ SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Wiesław Barabasz¹, Danuta Albińska¹, Karel Voříšek², Lubomir Růžek²

¹Katedra Mikrobiologii, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

²Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii, Czeski Uniwersytet w Pradze

Wstęp

Składowiska odpadów oraz inne obiekty komunalne, takie jak kompostownie, oczyszczalnie ścieków, osady ściekowe itp., poza swą zasadniczą pozytywną rolą, służącą ochronie środowiska, mogą też oddziaływać niekorzystnie na otoczenie, w tym na powietrze atmosferyczne. Głównymi czynnikami zanieczyszczającymi powietrze są substancje chemiczne, mikroorganizmy (bioaerozole), odory-zapachy i hałas. Składowiska odpadów komunalnych, które były zlokalizowane w przeszłości poza aglomeracjami miejskimi, obecnie w wielu przypadkach, ze względu na intensywny rozwój miast, znalazły się bardzo blisko terenów przeznaczonych pod budownictwo mieszkaniowe. Dotyczy to zarówno składowisk wycofanych z eksploatacji, jak i wciąż eksploatowanych. W Polsce sytuacja taka występuje np. na obszarze wokół składowiska „Radiowo” w Warszawie i wokół składowisk „Marmurowa” lub „Nowosolna” w Łodzi, a także „Barycz” w Krakowie. Powyższe składowiska z uwagi na ich duże rozmiary, są przyczyną zmiany warunków życia okolicznych mieszkańców, poprzez pogorszenia warunków higieniczno-sanitarnych.

Wszystkie wysypiska śmieci traktowane są jako zło konieczne i coraz trudniej znaleźć miejsce na ich lokalizację. Wynika to z faktu, że są one źródłem skażenia wód podziemnych, siedliskiem owadów przenoszących zarazki, gryzoni oraz drobnoustrojów chorobotwórczych. Składowiska odpadów komunalnych stanowią jedno z większych potencjalnych źródeł zagrożenia dla człowieka, a wielkość zagrożenia zależy przede wszystkim od ilości i charakteru odpadów oraz sposobu urządzenia składowiska, jego eksploatacji i aktualnych warunków meteorologicznych i przyrodniczych. Składowiska odpadów działają na otaczające gleby, wody powierzchniowe i podziemne, zanieczyszczają atmosferę, a za jej pośrednictwem odległe tereny rolnicze, miejskie i rekreacyjne [MANCINELLI, SHULLS 1978; WYLLIE, MOREHOUSE 1990; KURATOWSKA 1997].

Powietrze to naturalne środowisko, w którym występować mogą drobnoustroje. Jednakże warunki, jakie stwarza powietrze, nie jest odpowiednie dla wykształcenia się specyficznej mikroflory ze względu na brak substancji pokarmowych, jak i na niesprzyjające warunki fizyczne i chemiczne. Stanowi ono raczej drogę przenoszenia mikroorganizmów, niż siedlisko ich bytowania. Niemniej jed-

nak różne drobnoustroje mogą przebywać w powietrzu nawet przez bardzo długi okres czasu [JONES, COOKSON 1983; KOCK i in. 1998].

Występujące w powietrzu atmosferycznym zanieczyszczenia i drobnoustroje mają liczne i różnorodne źródła pochodzenia, jak np. składowiska odpadów komunalnych, oczyszczalnie ścieków, powierzchnia gleby, chorzy ludzie i zwierzęta itd., które występować mogą w postaci gazów, małych cząstek stałych oraz kropelek cieczy, które znane są pod nazwami dymów, pyłów i aerozoli biologicznych.

Ilość, a także skład jakościowy mikroorganizmów w powietrzu są kształtowane przez dwie przeciwstawne grupy czynników, jedną – sprzyjającą zwiększaniu liczebności i drugą – powodującą ich ubytek. Drobnoustroje występujące w powietrzu najczęściej osadzone są na cząstkach kurzu i różnych stałych zanieczyszczeniach. Wszystkie czynniki wzmagające zapylenie, jak: wiatr, brak pokrywy roślinnej, duży ruch uliczny itp. powodować będą równocześnie wzrost ich ilości. Wiatr przenosi mikroorganizmy znajdujące się w powietrzu na duże odległości, niejednokrotnie odległe o setki i tysiące kilometrów od miejsc ich powstania.

Wieloletnie badania [MĘDRALA-KUDER 1992; ROSIK-DULEWSKA, KARWACZYŃSKA 1996; BARABASZ i in. 1997, 1998a, b, 1999; JURKIEWICZ i in. 1998] wykazały, że w powietrzu atmosferycznym występują różne drobnoustroje, które jednak nie mogą żyć ani rozmnażać się w tym specyficznym środowisku. Powodem tego jest skład powietrza, które nie zawiera żadnych przyswajalnych składników pokarmowych. Z tego powodu obecność drobnoustrojów w powietrzu ma charakter czasowy, przypadkowy, a znajdujące się w nim mikroorganizmy są w stanie anabiozy, np. w formie zarodników promieniowców, grzybów czy przetrwalników różnych gatunków bakterii.

Niesprzyjające warunki dla normalnej wegetacji drobnoustrojów, jakie panują w powietrzu, powodują wymieranie wielu gatunków bakterii, a zarodniki grzybów i promieniowców często tracą po pewnym czasie zdolność kiełkowania. Dlatego w powietrzu najdłużej zachowują żywotność tylko drobnoustroje w najwyższym stopniu przystosowane do niekorzystnych warunków bytowania. Najbardziej odporne są niektóre ziarniaki ze względu na stosunkowo małą powierzchnię komórki, jak również bakterie wytwarzające barwniki i śluz, które są dodatkowym czynnikiem ochronnym dla bakterii. Najbardziej ochronnie działa barwnik czerwony i żółty zabezpieczając je przed niekorzystnym wpływem promieni ultrafioletowych zawartych w promieniach słonecznych [LUNDHOLM 1982; KRZYSZTOFIK 1992].

Celem badań było porównanie stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego mikroorganizmami wokół 3 składowisk odpadów komunalnych, różniących się czasem ich eksploatacji.

Materiał i metody badań

Do badań mikrobiologicznych powietrza atmosferycznego wybrano 3 składowiska odpadów komunalnych różniące się czasem ich eksploatacji. Najstarsze składowisko to „Barycz” w Krakowie, eksploatowane od 1974 r. o powierzchni docelowej 37 ha, które przyjęło w 2000 r. 198 tys. ton odpadów. Składowisko w Krzyżu koło Tarnowa, eksploatowane od 1985 r., ma powierzchnię 12,68 ha, a w 2000 r. przyjęło na składowisko 46,3 tys. ton odpadów. Z kolei trzecie składowisko w Bolesławiu koło Olkusza powstało w 1997 r., ma powierzchnię 13,09 ha, a w 2000 r. przyjęło na składowisko 283 tys. ton odpadów.

Badania prowadzono w odstępach comiesięcznych w okresie od lutego do grudnia 2001 r. w Baryczy i Krzyżu oraz od września do grudnia 2001 r. w Bolesławiu.

Na każdym składowisku i wokół niego oraz w odległości 500 m do 2 km w Krzyżu i Bolesławiu oraz 15 km (Błonia w Krakowie) od składowiska wyznaczono punkty „kontrolne” do poboru próbek powietrza. Próbkę do analiz mikrobiologicznych pobierano za pomocą automatycznego specjalistycznego aeroskopu typu – SAS 90, produkcji włoskiej. Zastosowany aparat pobierał samoczynnie ściśle określoną objętość powietrza do głowicy aparatu, gdzie znajdowała się jałowa płytka Petriego (jednorazowego użytku) z podłożem agarowym – odpowiednim dla wybranych badanych grup fizjologicznych drobnoustrojów. Próbkę pobierano z wysokości 1,5 m nad powierzchnią gruntu. W trakcie poboru prób zwracano uwagę na to, aby zawsze otwór wlotowy aparatu był skierowany prostopadłe do kierunku wiejącego wiatru. Miało to bardzo ważne znaczenie z metodycznego punktu widzenia.

W szczegółowych badaniach mikrobiologicznych do oznaczeń ilościowych i jakościowych mikroorganizmów zastosowano następujące podłoża stałe – wybiórcze:

1. Agar odżywczy – agar MPA (ogólna liczba bakterii + diagnostyka),
2. Agar SS – bakterie z rodzaju *Salmonella* i *Shigella*,
3. Podłoże Chapmana – oznaczenia gronkowców chorobotwórczych,
4. Agar Endo – bakterie *Escherichia coli*,
5. Podłoże Gausa i podłoże Pochona (ogólna liczba promieniowców),
6. Agar brzeczkowy, podłoże maltozowe i podłoże Czapek'a (ogólna liczba grzybów + diagnostyka),
7. Podłoże Kinga-B – podłoże dla *Pseudomonas fluorescens*.

Płytki Petriego z pobranymi próbkami powietrza zawierające odpowiednie pożywki natychmiast przewożono do laboratorium mikrobiologicznego Katedry Mikrobiologii Akademii Rolniczej w Krakowie, gdzie inkubowano je w odpowiednich warunkach, zgodnie z postanowieniami zawartymi z normach: PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z-04111/03.

W szczegółowych badaniach ilościowych po okresie inkubacji liczono ilość wyrosłych kolonii drobnoustrojów (tzw. jtk = jednostki tworzące kolonie) – bakterii, promieniowców i grzybów na zastosowanych podłożach, a następnie za pomocą tablic przeliczano otrzymane ilości kolonii na liczbę drobnoustrojów występujących w 1 m³.

W badaniach jakościowych, tzn. diagnostyczno-taksonomicznych, wyrosłe kolonie bakterii i promieniowców przenoszono na podłoża wybiórcze, specyficzne dla danej grupy mikroorganizmów i za pomocą dodatkowych badań fizjologiczno-biochemicznych i morfologicznych oraz testów (API) oznaczano przynależność systematyczną wszystkich mikroorganizmów, które dominowały na płytkach Petriego w danym okresie badawczym. W badaniach systematycznych posługiwano się kluczem Bergey'a [BERGEY MANUAL OF DETERMINATIVE BACTERIOLOGY 1986–1994].

W badaniach diagnostyczno-taksonomicznych grzybów posługiwano się najnowszymi kluczami służącymi do określania przynależności systematycznej tej grupy drobnoustrojów [GILMAN 1980; DOMSCH i in. 1990].

Wszystkie badania mikrobiologiczne, analityczne i taksonomiczno-diagnostyczne zostały przeprowadzone zgodnie z ogólnie przyjętymi wymogami i potrzebami, stosując standardowe metody techniki mikrobiologicznej.

Dokonano pomiarów poszczególnych parametrów charakteryzujących warunki meteorologiczne panujące w dniu poboru próbek powietrza do badań mikrobiologicznych:

- temperatury, wilgotności względnej powietrza (wyrażonej w %) i ciśnienia atmosferycznego, za pomocą elektronicznego automatycznego aparatu marki OREGON SCIENTIFIC ELECTRONIC (Model BA 888),
- prędkości i kierunku wiatru za pomocą anemometru wirnikowego i katetemometru suchego Hilla.

Wyniki

Szczegółowe wyniki badań ilościowych i jakościowych wraz z oceną stopnia zanieczyszczenia atmosfery przez drobnoustroje (bakterie, promieniowce i grzyby) na wybranych składowiskach odpadów komunalnych w Baryczy, Krzyżu i Bolesławiu oraz w ich najbliższej okolicy i w punktach kontrolnych wskazują, że skład mikrobiocenotyczny drobnoustrojów jest bardzo zróżnicowany zarówno co do ilości, jak i jakości. Były takie miejsca wokół składowisk, gdzie dochodziło do wielokrotnego przekraczania norm i występowania dużej ilości drobnoustrojów, jak i miejsca o bardzo małej ilości wszystkich badanych grup mikroorganizmów.

Prowadzone badania wykazały, że ilości mikroorganizmów występujące w powietrzu atmosferycznym wokół 3 analizowanych składowisk różniły się znacznie między sobą. Największą ilość drobnoustrojów obserwowano na składowisku odpadów komunalnych w Baryczy. Z danych prezentowanych w tabeli 1 wynika, że grupą mikroorganizmów, która w największej ilości przekraczała dopuszczalne normy były promieniowce. Natomiast ilości przekroczeń norm przez bakterie i grzyby były podobne i wynosiły około 10%. Badania ilościowe, prowadzone na składowisku odpadów w Krzyżu i Bolesławiu (tabela 2 i 3), wykazują podobną tendencję – zawsze promieniowce dominowały w ilości przekroczeń norm.

Z danych jakościowych dotyczących składu mikrobiocenotycznego drobnoustrojów występujących na badanych składowiskach wynika, że ich największe zróżnicowanie gatunkowe obserwowano wokół najstarszego składowiska, tj. „Baryczy” w Krakowie. Z danych prezentowanych w tabelach 4, 5 i 6 wynika, że w badanym okresie z powietrza atmosferycznego udało się wyizolować aż 56 gatunków bakterii, w tym 4 chorobotwórcze, 38 gatunków promieniowców i 49 gatunków grzybów, w tym 15 gatunków grzybów toksynotwórczych.

Szczegółowe badania diagnostyczne mikroorganizmów występujących w powietrzu atmosferycznym wskazują, że na badanym terenie mamy do czynienia z naturalną mikroflorą saprofityczną, typową dla środowiska wiejskiego, pochodzącą z okolicznych pól, sadów, zabudowań gospodarczych oraz z mikroorganizmami charakterystycznymi dla zanieczyszczonego powietrza atmosferycznego, typowego dla obszarów wielkomiejskich i dużych aglomeracji miejskich.

Wśród wyizolowanych bakterii saprofitycznych najczęściej występowały następujące gatunki: *Bacillus megaterium*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus brevis*, *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Sarcina maxima*. Natomiast wśród bakterii chorobotwórczych najczęściej występował *Staphylococcus aureus*. Trzeba jed-

nak zaznaczyć, że nie wszystkie szczepy tego gatunku są chorobotwórcze. Większość z oznaczonych bakterii to typowe bakterie wszędobylskie (tzw. ubikwisty), które występują w bardzo różnych środowiskach.

Tabela 1; Table 1

Średnie ilości drobnoustrojów i przekroczeń norm na składowisku odpadów komunalnych „Barycz”

Average number of microorganisms and overcross of norms on municipal waste dumps of „Barycz”

Stanowisko badawcze Location	Liczba bakterii; Number of bacteria		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba promieniowców Number of actinomycetes		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba grzybów; Number of fungi		Ilość przekroczeń Norm overcross
	mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum	
1	78	50 000	4	0	1 150	5	239	45 000	2
2	154	15 000	3	0	1 117	6	44	30 000	1
3	0	558	-	0	889	3	39	26 000	1
4	39	722	-	0	78	4	39	26 500	1
5	8	12 700	2	0	239	11	50	30 000	1
6	25	14 000	3	0	28	5	33	28 000	1
7	21	267	-	0	145	3	56	31 800	2
8	6	7 780	2	0	167	11	50	26 000	3
9	22	783	-	0	557	2	128	26 900	2
10	0	16 000	1	0	239	9	56	40 600	3
11	6	461	-	0	72	8	50	30 000	2
12	0	1 506	1	0	78	7	28	33 000	2
13	11	308	-	0	111	2	39	29 000	2
14	4	1 334	1	0	50	8	44	40 000	2
15	17	536	-	0	72	4	56	27 400	1
16	25	146	-	0	122	3	33	40 000	1
17	11	60 000	3	0	156	11	28	35 000	2
18	17	467	-	0	111	1	33	27 500	1
19	6	4 000	1	0	45	3	28	775	-
20	11	11 000	4	0	54	8	39	867	-
21	0	594	-	0	29	5	67	23 872	2
Razem; Total			25			119			32

Skład mikrobiocenotyczny wyizolowanych promieniowców był podobny i oznaczono 38 gatunków. Wśród wyizolowanych promieniowców nie stwierdzono występowania gatunków chorobotwórczych, stąd nie stanowią one większego zagrożenia dla mieszkańców okolic składowisk w Baryczy, Krzyżu i Bolesławiu.

Tabela 2; Table 2

Średnie ilości drobnoustrojów i przekroczeń norm
na składowisku odpadów komunalnych „Krzyż”

Average number of microorganisms and overcross of norms on municipal waste dumps
of „Krzyż”

Stanowisko badawcze Location	Liczba bakterii Number of bacteria		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba promi- niowców Number of actinomycetes		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba grzybów Number of fungi		Ilość przekroczeń Norm overcross
	mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum	
1	25	1 075	1	4	17	2	42	661	0
2	28	350	0	4	25	2	28	350	0
3	33	906	0	4	178	2	42	1 117	0
4	25	5 322	1	4	29	1	54	867	0
5	28	104	0	4	29	2	63	733	0
6	39	1 250	1	4	13	1	238	683	0
7	0	58	0	0	8	0	50	406	0
8	13	167	0	0	50	1	33	750	0
9	13	172	0	0	6	0	46	492	0
10	8	250	0	0	6	0	21	333	0
Razem; Total			3			11			0

Tabela 3; Table 3

Ilości drobnoustrojów i przekroczeń norm na składowisku odpadów komunalnych
„Bolesław”

Average number of microorganisms and overcross of norms on municipal waste dumps
of „Bolesław”

Stanowisko Badawcze Location	Liczba bakterii Number of bacteria		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba pro- mieniowców Number of actinomycetes		Ilość przekroczeń Norm overcross	Liczba grzy- bów; Number of fungi		Ilość przekroczeń Norm overcross
	mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum		mini- mum	maksi- mum maxi- mum	
1	0	42	0	0	8	0	4	1 117	0
2	0	33	0	0	4	0	0	533	0
3	11	1 275	1	0	4	0	8	541	0
4	0	8 375	1	0	17	1	8	1 822	0
5	4	308	0	0	17	2	0	1 289	0
6	6	167	0	0	17	1	8	817	0
7	17	842	0	0	13	1	0	933	0
8	8	275	0	0	13	1	4	808	0
9	42	1 958	1	0	50	1	17	1 525	0
10	18	867	0	0	8	0	13	808	0
Razem; Total			3			7			0

Tabela 4; Table 4

Dominujące gatunki bakterii występujące w powietrzu atmosferycznym
wokół badanych składowisk

Dominant species of bacteria occurring in atmospheric air around investigated dumps

Lp. No.	Gatunek bakterii; Species of bacteria	Składowisko; Dump		
		Barycz	Krzyż	Bolesław
1	<i>Alcaligenes faecalis</i> CASTELLANI & CHALMERS	+	+	+
2	<i>Alcaligenes</i> sp.	+	+	+
3	<i>Agromyces</i> sp.	+		
4	<i>Arthrobacter</i> sp.	+	+	
5	<i>Bacillus alcalophilus</i> VEDDER	+		
6	<i>Bacillus alvei</i> CHESHIRE & CHEYNE	+	+	+
7	<i>Bacillus badius</i> BATCHELOR	+	+	+
8	<i>Bacillus brevis</i> MIGULA	+	+	+
9	<i>Bacillus cereus</i> FRANKLAND & FRANKLAND	+	+	+
10	<i>Bacillus coagulans</i> HAMMER	+	+	
11	<i>Bacillus firmus</i> BREDEMANN & WERNER	+	+	+
12	<i>Bacillus globisporus</i> LARKIN & STOKES	+	+	
13	<i>Bacillus lentus</i> GIBSON	+	+	+
14	<i>Bacillus licheniformis</i> WEIGMENN	+	+	
15	<i>Bacillus macerans</i> SCHARINGER	+	+	+
16	<i>Bacillus megaterium</i> DE BARY	+	+	+
17	<i>Bacillus mycoides</i> FLUGGE	+	+	
18	<i>Bacillus polymyxa</i> PRAŻMOWSKI	+	+	+
19	<i>Bacillus pumilus</i> MEYER & GOTTHEIL	+		
20	<i>Bacillus</i> sp.	+	+	+
21	<i>Bacillus sphaericus</i> MEYER & NEIDE	+		
22	<i>Bacillus subtilis</i> EHRENBERG & COHN	+	+	
23	<i>Brochetrix</i> sp.	+		
24	<i>Enterobacter aerogenes</i> HORMAECHE	+	+	+
25	<i>Enterobacter cloacae</i> JORDAN	+	+	+
26	<i>Enterococcus faecalis</i>		+	+
27	<i>Enterobacter</i> sp.	+	+	
28	<i>Enterococcus</i> sp.	+	+	
29	<i>Escherichia coli</i> MIGULA	+	+	+
30	<i>Klebsiella</i> sp.	+		+
31	<i>Lactobacillus</i> sp.	+		
32	<i>Micrococcus luteus</i>		+	
33	<i>Micrococcus roseus</i> FLUGGE	+	+	+

34	<i>Micrococcus</i> sp.	+	+	+
35	<i>Pastueurella</i> sp.		+	
36	<i>Proteus rettgeri</i> HADLEY	+		
37	<i>Proteus</i> sp.	+	+	+
38	<i>Proteus vulgaris</i> HAUSER	+	+	+
39	<i>Pseudomonas fluorescens</i> MIGULA*	+	+	+
40	<i>Pseudomonas</i> sp.	+	+	+
41	<i>Salmonella</i> sp.*	+	+	
42	<i>Sarcina lutea</i> MIGULA	+	+	+
43	<i>Sarcina maxima</i> LINDNER	+	+	+
44	<i>Sarcina</i> sp.	+	+	+
45	<i>Serratia marcescens</i> BIZIO	+	+	+
46	<i>Serratia plymulthia</i>		+	
47	<i>Serratia</i> sp.	+	+	
48	<i>Sporosarcina</i> sp.	+		
49	<i>Staphylococcus aureus</i> ROSENBACH	+	+	+
50	<i>Staphylococcus epidermidis</i> WINSLOW	+	+	+
51	<i>Staphylococcus hominis</i> KLOOS & SCHLEIFER	+		
52	<i>Staphylococcus intermedius</i> HAJEK	+		
53	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> FAIRBROTHERS	+	+	+
54	<i>Staphylococcus</i> sp.	+	+	+
55	<i>Streptococcus faecalis</i>		+	+
56	<i>Streptococcus</i> sp.	+		+

* – bakterie chorobotwórcze; pathogenic bacteria

Tabela 5; Table 5

Dominujące gatunki promieniowców występujące w powietrzu atmosferycznym wokół badanych składowisk

Dominant species of actinomycetes occurring in atmospheric air around investigated dumps

Lp. No.	Gatunek promieniowców Species of actinomycetes	Składowisko; Dump		
		Barycz	Krzyż	Bolesław
1	<i>Streptomyces albo-niger</i> PORTER et al.	+	+	+
2	<i>Streptomyces albovinaceus</i> PRIDHAM	+	+	+
3	<i>Streptomyces albus</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
4	<i>Streptomyces anulatus</i> WAKSMAN	+	+	+
5	<i>Streptomyces bobili</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
6	<i>Streptomyces chrysomallus</i> LINDENBEIN	+	+	
7	<i>Streptomyces coelicolor</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
8	<i>Streptomyces coeruleus</i> PRIDHAM	+		

9	<i>Streptomyces cylindrosporus</i> PRIDHAM	+	+	+
10	<i>Streptomyces flavogriseus</i> WAKSMAN	+	+	
11	<i>Streptomyces fradiae</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
12	<i>Streptomyces funanus</i> PRIDHAM et al.	+		+
13	<i>Streptomyces fulvoviridis</i> PRIDHAM	+	+	+
14	<i>Streptomyces globosus</i> WAKSMAN	+	+	+
15	<i>Streptomyces griseochromogenes</i> FUKUNAGA	+	+	+
16	<i>Streptomyces griseoalbuis</i> PRIDHAM	+	+	+
17	<i>Streptomyces griseoflavus</i> WAKS. & HENRICI	+	+	+
18	<i>Streptomyces griseolus</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
19	<i>Streptomyces griseolutens</i> UMEZAWA et al.	+		
20	<i>Streptomyces griseus</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
21	<i>Streptomyces lavendulae</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
22	<i>Streptomyces longisporoflavus</i> WAKSMAN	+	+	
23	<i>Streptomyces longisporus</i> WAKSMAN	+	+	+
24	<i>Streptomyces mirabilis</i> WAKSMAN	+	+	+
25	<i>Streptomyces parvus</i> WAKSMAN & HENRICI	+	+	+
26	<i>Streptomyces phaeofaciens</i> MAEDA et al.	+		
27	<i>Streptomyces prasinus</i> ETTLINGER et al.	+		
28	<i>Streptomyces rochei</i> BERGER et al.	+	+	+
29	<i>Streptomyces rugersensis</i> WAKS. & HENRICI	+	+	+
30	<i>Streptomyces spiroverticillatus</i> SHINOBUS	+		
31	<i>Streptomyces violaceus-niger</i> PRIDHAM	+	+	+
32	<i>Streptomyces viridochromogenes</i> WAKS. & HENR.	+		+
33	<i>Streptomyces viridosporus</i> PRIDHAM et al.	+	+	+
34	<i>Streptomyces</i> sp.	+	+	+

Tabela 6; Table 6

Dominujące gatunki grzybów występujące w powietrzu atmosferycznym wokół badanych składowisk

Dominant species of fungi occurring in atmospheric air around investigated dumps

Lp. No.	Gatunek grzybów; Species of fungi	Składowisko; Dumps		
		Barycz	Krzyż	Bolesław
1	<i>Absidia glauca</i> HAGEN	+	+	+
2	<i>Absidia repens</i> van TIEGHEM	+	+	+
3	<i>Acremonium furcuratum</i> GAMS	+		
4	<i>Alternaria alternata</i> KEISSEL	+	+	+
5	<i>Alternaria geophila</i> DASZEWSKA	+		
6	<i>Aspergillus flavus</i> LINK	+	+	+
7	<i>Aspergillus fumigatus</i> FRESENIUS	+	+	+

8	<i>Aspergillus niger</i> van THIEGHEM	+	+	+
9	<i>Aspergillus versicolor</i> TRIB.	+		
10	<i>Cladosporium cladosporoides</i> DE VRIES	+	+	+
11	<i>Cladosporium herbarum</i> LINK	+	+	+
12	<i>Cladosporium macrocarpum</i> PREUSS	+	+	
13	<i>Fusarium culmorum</i> SACCARDO	+	+	
14	<i>Fusarium chlamydosporum</i> WOLLEN.	+	+	+
15	<i>Fusarium dimerum</i> PENZIG	+		
16	<i>Fusarium graminearum</i> SCHWABE	+	+	+
17	<i>Fusarium nivale</i> CESATI (FRIES)	+	+	
18	<i>Fusarium sporotrichioides</i> SHERB.	+	+	+
19	<i>Fusidium</i> sp.	+	+	+
20	<i>Lentinus</i> sp.	+		
21	<i>Mortierella elongata</i> LINK	+	+	+
22	<i>Mortierella ramanniana</i> LENNEMANN	+	+	
23	<i>Mucor hiemalis</i> WEHMER	+	+	+
24	<i>Penicillium claviforme</i> BAINIER	+	+	
25	<i>Penicillium commune</i> THOM	+		+
26	<i>Penicillium cyclopium</i> WESTLING	+	+	
27	<i>Penicillium chermesinum</i> BOURGE	+		+
28	<i>Penicillium chrysogenum</i> THOM	+	+	+
29	<i>Penicillium frequentans</i> WESTLING	+		+
30	<i>Penicillium jensei</i> ZALESKI	+	+	+
31	<i>Penicillium lanosum</i> WESTLING	+	+	
32	<i>Penicillium notatum</i> WESTLING	+	+	+
33	<i>Penicillium oxalicum</i> CURRIE & THOM	+		+
34	<i>Penicillium paxali</i> BAINIER	+		
35	<i>Penicillium rubrum</i> STOLL	+	+	+
36	<i>Penicillium rugulosum</i> THOM	+	+	
37	<i>Penicillium tardum</i> THOM	+	+	+
38	<i>Penicillium waksmani</i> ZALESKI	+	+	+
39	<i>Rhizopus nigricans</i> EHRENBERG	+	+	
40	<i>Rhodotorula glutinis</i> BOURGE	+	+	+
41	<i>Torulopsis</i> sp.	+	+	
42	<i>Trichoderma viride</i> PERSEX	+	+	+
43	<i>Trichothecium roseum</i> LINK	+	+	
44	<i>Verticillium cellulosae</i> DASZEWSKA	+	+	+
45	<i>Verticillium candelabrum</i> BONORDEN	+	+	
46	<i>Verticillium glaucum</i> BONORDEN	+		+
47	<i>Verticillium nigrescens</i> PETH.	+		+
48	<i>Verticillium</i> sp.	+	+	
49	<i>Zygorhynchus heterogamus</i> VUILI.	+	+	+

Wyniki badań jakościowych wskazują, że częstotliwość występowania poszczególnych gatunków grzybów w badanym okresie była różna. Do gatunków, które występowały najczęściej, należały: *Cladosporium herbarum*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Alternaria geophila*, *Rhizopus nigricans*, *Verticillium celulosae*.

Wykazano ogólną tendencję, z której wynika, że w miarę oddalania się od centrum każdego składowiska skład mikrobiocenotyczny drobnoustrojów ulegał zubożeniu. Największe zróżnicowanie gatunkowe mikroorganizmów obserwowano zawsze w strefie czynnej składowiska, w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Dyskusja

Wzrost świadomości ludności Polski w zakresie działań profilaktyki zdrowotnej powoduje, że stawiane są coraz to większe wymagania odnośnie warunków ekologicznych. Poznanie mikroflory powietrza ma szczególne znaczenie dla oceny warunków higienicznych panujących w budynkach mieszkalnych, zakładach przemysłowych, pomieszczeniach użyteczności publicznej. Duża liczba drobnoustrojów występująca w powietrzu jest często wskaźnikiem złego stanu sanitarnego środowiska, które otacza duże skupiska ludzkie. Ponieważ powietrze może stanowić drogę przenoszenia zanieczyszczeń mikrobiologicznych z obszarów zanieczyszczonych do obszarów niezanieczyszczonych, stąd szczególną uwagę należy zwrócić na drogi przepływu powietrza i starać się eliminować źródła zanieczyszczeń.

Do głównych elementów, które mają negatywny wpływ na stan sanitarno-higieniczny środowiska wokół dużych składowisk komunalnych należą między innymi: drobnoustroje, odcieki i gazy. Ostatnio zaczęto zwracać coraz to większą uwagę właśnie na drobnoustroje. Pojawia się coraz to więcej opracowań dotyczących metod analizy powietrza czy poszukiwania i wyznaczenia wskaźników bakteriologicznego zanieczyszczenia powietrza. Są to gatunki lub rodzaje bakterii wytypowane jako przedstawiciele mikroflory pochodzącej z określonych źródeł zanieczyszczenia, tj. gleby, wód powierzchniowych oraz ludzi i zwierząt.

Składowiska odpadów oraz związane z nimi niedogodności stają się w ostatnich latach coraz bardziej zauważalnym problemem w ochronie środowiska. Zagospodarowanie odpadów, szczególnie przemysłowych i komunalnych, należy zaliczyć do bardzo istotnych, ale równocześnie bardzo trudnych problemów, których w dalszym ciągu nie udało się rozwiązać w Polsce na dużą skalę.

Wyniki wielu autorów jak: BOŻKO i in. [1961], CIENCIAŁA i in. [1968], MANCINELLI, SHULLS [1978], CRONHOLM [1980], NOWAK i in. [1998], PETRYCKA i in. [1995], CVETENIĆ i PEPELJNAK [1997], KURATOWSKA [1997], JURKIEWICZ i in. [1998], zajmujących się odpadami komunalnymi i mikroorganizmami chorobotwórczymi występującymi w powietrzu wykazały, że składowiska odpadów komunalnych, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich, mogą być źródłem zakaźnego bioaerozolu, który może w pewnych warunkach meteorologicznych negatywnie oddziaływać na zdrowie ludzkie, poprzez roznoszenie chorobotwórczych mikroorganizmów, a szczególnie ich form przetrwalnych (zarodniki, konidia i spory).

Z danych ilościowych prezentowanych w tabelach 1–6 wyraźnie widać, że składowiska odpadów komunalnych „Barycz”, „Krzyż” i „Bolesław” mogą mieć wpływ na stan sanitarny powietrza atmosferycznego wokół ich najbliższej okolicy.

Okazuje się, że składowiska nie są jedynymi źródłami zanieczyszczenia powietrza mikroorganizmami w pozostałych punktach badawczych, szczególnie tych, które oddalone są od składowisk nawet kilka kilometrów, o czym świadczą składy mikrobiocenotyczne drobnoustrojów w analizowanym powietrzu.

Wnioski

1. Badane powietrze atmosferyczne na składowiskach odpadów komunalnych „Barycz”, „Krzyż” i „Bolesław”, wokół nich oraz w miejscach bliżej i dalej położonych od składowisk, a także w punktach kontrolnych zawiera wiele mikroorganizmów, które występują w różnych ilościach oraz ze zmiennym składem mikrobiocenotycznym. Ilości badanych grup fizjologicznych drobnoustrojów (bakterie, promieniowce i grzyby) w wybranych punktach badawczych kształtowały się różnie w zależności od: odległości od czynnego składowiska, kierunku wiejących wiatrów, warunków atmosferycznych, pory dnia i roku oraz natężenia ruchu samochodowego.
2. Z badanego powietrza atmosferycznego wyizolowano i oznaczono: 56 gatunków bakterii (w tym 4 chorobotwórcze), 38 gatunków promieniowców oraz 49 gatunków grzybów (w tym 15 gatunków grzybów toksynotwórczych).
3. Stan sanitarny powietrza na składowiskach odpadów komunalnych „Barycz”, „Krzyż” i „Bolesław” oraz na terenach przyległych do niego, a także w punktach kontrolnych był podobny. Do przekroczenia norm dochodziło w różnych wybranych punktach badawczych zarówno na składowisku, poza nim, jak i w punktach porównawczych.
4. Badania mikrobiologiczne, a szczególnie porównanie składu gatunkowego wyizolowanych drobnoustrojów wykazały, że składowiska odpadów komunalnych „Barycz”, „Krzyż” i „Bolesław” nie są jedynymi źródłami zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego mikroorganizmami w rejonie oddziaływania badanych składowisk odpadów.
5. Dokładne poznanie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych na środowisko i zdrowie człowieka jest zagadnieniem bardzo ważnym, wymagającym kompleksowych interdyscyplinarnych wieloletnich badań monitoringowych (epidemiologicznych, toksykologicznych, mikrobiologicznych, chemicznych, geologicznych, klimatycznych itp.).
6. Z uwagi na wpływ wielu czynników lokalnych i globalnych na oddziaływanie każdego składowiska, konieczne jest przeprowadzenie wieloletnich studiów i po systematycznym nagromadzeniu wyników uzyskanych w różnych warunkach, możliwe będzie ustalenie zarówno typowego, jak i skrajnego poziomu zanieczyszczeń powietrza przez różne czynniki biologiczne, w tym drobnoustroje.

Literatura

BARABASZ W., BIS H., CHMIEL M., GALUS A., GRZYB J., MARCINOWSKA K., PAŚMIONKA I., OPALIŃSKA-PISKORZ J., PAWLAK K., FLAKOWA K., KORNAŚ G., KULTYS H., KRÓL T. 1998a.

Mikroflora powietrza atmosferycznego w obszarze wysypiska odpadów komunalnych w Baryczy k/Krakowa. II Forum Inżynierii Ekologicznej „Monitoring środowiska”, Nałęczów, 10–12 X 1998: 203–213.

BARABASZ W., MARCINOWSKA K., BIS H., CHMIEL M., FRĄCZEK K., GRZYB J., PAWLAK K., FLAK K., KORNAŚ G., KULTYS H., KRÓL T. 1999. *Wpływ wysypiska odpadów komunalnych w Baryczy k/Krakowa na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego*. VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Gospodarka odpadami komunalnymi”. Koszalin-Kołobrzeg, 20–25 V 1999: 201–217.

BARABASZ W., MARCINOWSKA K., BIS H., CHMIEL M., GALUS A., PAŚMIONKA I., GRZYB J., FRĄCZEK K., OPALIŃSKA-PISKORZ J., PAWLAK K., BARABASZ J., PRZYBOROWSKA A., FLAKOWA K., KORNAŚ G., KULTYS H., KRÓL T., PAULI-WILGA J., JURCZAK C. 1997. *Mikrobiologiczne badania powietrza atmosferycznego na wysypisku odpadów komunalnych w Baryczy k/Krakowa*. Wyznaczanie stref oddziaływania składowisk odpadów na podstawie monitoringu. AGH, Kraków, 20 IX 1997: 70–79.

BARABASZ W., MARCINOWSKA K., BIS H., CHMIEL M., GALUS A., PAŚMIONKA I., GRZYB J., FRĄCZEK K., OPALIŃSKA-PISKORZ J., PAWLAK K., FLAKOWA K., KORNAŚ G., KULTYS H., KRÓL T. 1998b. *Mikrobiologiczne skażenie powietrza atmosferycznego wokół wysypiska odpadów komunalnych w Baryczy k/Krakowa*. Air Protection in Theory & Application. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Prace i Studia 48(III): 145–157.

BERGEY MANUAL OF DETERMINATIVE BACTERIOLOGY 1986–1994. IX Wyd.

BOŻKO L., CYPRAK-OSSOWSKA K., KRZYSZTOFIK B. 1961. *Mikroflora powietrza zakładów gastronomicznych i powietrza atmosferycznego miasta Warszawy*. Acta Microbiol. Polon. 10(3): 307–311.

CIENCIAŁA M., SMYK B., BUKOWSKI Z., KUKLIŃSKI P. 1968. *Kształtowanie się zespołów mikroflory w powietrzu ośrodków alergologicznych w Szczawnicy i Krakowa*. Balneologia Polska XIII(2/4): 265–273.

CRONHOLM L.S. 1980. *Potential health hazards from microbial aerosole in densely populated urban region*. Appl. & Environm. Microbiol. 39: 6–12.

CVETENIĆ Z., PEPELJNAK S. 1997. *Distribution and mycotoxin-producing ability of some fungal isolates from the air*. Atmospheric Environment 30(3): 491–495.

DOMSCH K.H., GAMS W., ANDERSON H.H. 1990. *Compendium of soil fungi*. Academic Press. Inc. New York and London: 890 ss.

GILMAN J.C. 1980. *A manual of soil fungi*. The Iowa State College Press. Ames: 450 ss.

JONES B.L., COOKSON J.T. 1983. *Natural atmospheric microbial conditions in a typical suburban area*. Appl. Environ. Microbiol. 45(3): 919–934.

JURKIEWICZ G., MARKIEWICZ P., SKORUPSKI W. 1998. *Zorganizowane składowisko odpadów komunalnych jako źródło zanieczyszczeń powietrza*. Opole. Chemia i Inżynieria Ekologiczna 5(7): 583–593.

KOCK M., SCHLACHER R., PICHLER-SEMMELOCK 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.

KRZYSZTOFIK B. 1992. *Mikrobiologia powietrza*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa: 198 ss.

KURATOWSKA A. 1997. *Rezerwuary chorobotwórczych czynników biologicznych w aero-sferze, hydrosferze i litosferze*, w: *Ekologia – jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy*. PWN, Warszawa-Łódź: 350 ss.

- LUNDHOLM M. 1982. *Comparison of methods for quantitative determination of air-born bacteria and evolution of total viable counts*. Appl. & Environm. Microbiol. 44: 179–183.
- MANCINELLI R.L., SHULLS W.A. 1978. *Airborn bacteria in an urban environment*. Appl. & Environm. Microbiol. 35: 1095–1101.
- MĘDRALA-KUDER E. 1992. *Badanie mikroflory powietrza atmosferycznego wybranych dzielnic Krakowa*. Archiwum Ochrony Środowiska 2: 61–65.
- NOWAK A., PRZYBULEWSKA K., TARNOWSKA A. 1998. *Badanie rozkładu dobowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza na terenie Szczecina*. Opole. Chemia i Inżynieria Ekologiczna 5(1/2): 51–65.
- PN-89/Z-04111/02. *Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczenie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.
- PN-89/Z-04111/03. *Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczenie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.
- PETRYCKA H., GODLEWSKA-ZABŁOCKA E., KOLASA M. 1995. *Mikroflora powietrza atmosferycznego na obszarze oczyszczalni ścieków w Tychach-Urbanowicach*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 8: 272–274.
- ROSİK-DULEWSKA B., KARWACZYŃSKA U. 1996. *Ocena oddziaływania odpadów komunalnych w Kępie koło Opola na środowisko przyrodnicze*. Opole. Chemia i Inżynieria Ekologiczna 3/5: 631–634.
- WYLLIE T., MOREHOUSE L.G. 1990. *Mycotoxic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses*. Marcel Dekker Inc. New York and Basel: 538 ss.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących występowania i rozprzestrzeniania się mikroorganizmów wokół składowisk odpadów komunalnych. W wyniku ponad dziesięcioletnich badań mikrobiologicznych wykazano, że obiekty komunalne są źródłem bioaerozolu, z którego wyizolowano ponad 50 saprofitycznych i chorobotwórczych bakterii i promieniowców oraz 58 gatunków grzybów głównie z klasy *Deuteromycetes*. Dominującymi rodzajami bakterii były *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* i *Streptomyces*. Natomiast wśród wyizolowanych grzybów dominowały rodzaje: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* i *Verticillium*. Jako niebezpieczne okazało się występowanie w badanym powietrzu groźnych grzybów toksynotwórczych należących do gatunków: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium nivale*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium rubrum*, *Penicillium rugulosum* i *Scopulariopsis charitarum*. Niektóre z wyizolowanych gatunków drobnoustrojów okazały się typowe dla odpadów, stąd można na podstawie składu mikrobiocenozy powietrza atmosferycznego ocenić zasięg oddziaływania i rozprzestrzenianie się mikroorganizmów ze składowisk na okoliczne tereny.

EMISSION AND EXPANSION OF THE MICROORGANISMS AROUND MUNICIPAL WASTE DUMPS

Wiesław Barabasz¹, Danuta Albińska¹, Karel Voříšek², Lubomir Růžek²

¹Department of Microbiology, Agricultural University, Kraków

²Department of Microbiology and Biotechnology,
Czech University of Agriculture, Prague

Key words: waste dumps, microorganisms, emission and distribution

Summary

Ten year investigations of various municipal waste dumps showed that both, the old and new dumps are an abundant source of microorganisms. Over 50 species of saprophytic and pathogenic bacteria and actinomycetes and 58 species of moulds mainly from the class of *Deuteromycetes*, were isolated. In the air samples dominating were bacteria from the genera: *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* and *Streptomyces*. Among isolated moulds the following genera of fungi: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Verticillium* were dominant. The toxin-producing fungi from the species of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium nivale*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium rubrum*, *Penicillium rugulosum* and *Scopulariopsis chartarum* were found. Some species of microorganisms appeared to be specific to waste dump environment, so their expansion around the dumps and maximum range of occurrence and dispersal could be measured.

Prof. dr hab. Wiesław **Barabasz**
Katedra Mikrobiologii
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
al. A. Mickiewicza 24/28
30-059 KRAKÓW
e-mail: rrbaraba@cyf-kr.edu.pl