RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235437**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **417567**

(22) Data zgłoszenia: **13.06.2016**

(51) Int.Cl.
G01N 33/48 (2006.01)
C12M 1/34 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
C12Q 1/06 (2006.01)
C12Q 1/24 (2006.01)
C12R 1/01 (2006.01)
C12R 1/645 (2006.01)
B01L 99/00 (2010.01)

(54) **Zestaw do skojarzonego badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych oraz sposób badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
18.12.2017 BUP 26/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
10.08.2020 WUP 11/20

(73) Uprawniony z patentu:
CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, Warszawa, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
RAFAŁ LONGIN GÓRNY, Katowice, PL
MAŁGORZATA GOŁOFIT-SZYMCZAK, Pruszków, PL
MARCIN CYPROWSKI, Łódź, PL
AGATA STOBNICKA, Warszawa, PL
ANNA KAROLINA ŁAWNICZEK-WAŁCZYK, Pruszków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Joanna Bocheńska

PL 235437 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zestaw umożliwiający skojarzone badanie właściwości cząstek włóknistych i biologicznych występujących w środowisku w postaci aerozoli.

Cząstki biologiczne znajdujące się w powietrzu mogą wpływać szkodliwie na organizm ludzki i być przyczyną szeregu niekorzystnych reakcji zdrowotnych. Mimo dość szerokiej wiedzy na temat zagrożeń zdrowia przez nie powodowanych, nadal nie są dokładnie poznane formy ich rozprzestrzeniania się w środowisku oraz możliwe interakcje zachodzące pomiędzy nimi a innymi składnikami aerozolu, takimi jak cząstki włókniste i ziarniste. W stosunku do wielu szkodliwych czynników mikrobiologicznych (SCMB) istnieje paląca potrzeba precyzyjnego rozpoznania dróg ich rozprzestrzeniania się w środowisku. W światowym piśmiennictwie przedmiotu badania koegzystencji naturalnych i sztucznych aerozoli włóknistych i biologicznych w środowisku nie są prawie w ogóle reprezentowane i brak jest wiedzy z tego zakresu. Skutki zdrowotne skojarzonego oddziaływania aerozolu włóknisto-biologicznego nie są do tej pory w pełni scharakteryzowane. Również badania nad depozycją struktur zbudowanych poprzez łączenie się obu wyżej wymienionych rodzajów aerozoli nie były dotąd prowadzone ani w warunkach laboratoryjnych, ani w warunkach rzeczywistego narażenia środowiskowego.

Problematyka analizy włókien występujących w postaci aerozolu wywodzi się z badań nad różnego typu aspektami zdrowotnymi i przemysłowymi związanymi z produkcją materiałów włóknistych. Istnieje szeroka gama materiałów włóknistych wytwarzanych dla potrzeb przemysłowych. Należą do nich włókna szklane, wełna mineralna, ogniotrwałe włókna ceramiczne, drewno i inne włókna roślinne oraz syntetyczne i sztuczne włókna organiczne. Różnorodne włókna mineralne, zwłaszcza azbest, były wykorzystywane jako produkty stosowane w izolacji termicznej i akustycznej oraz w celu wzmocnienia, zwłaszcza w wysokich temperaturach, właściwości takich materiałów jak produkty cierne (np. okładziny hamulcowe czy sprzęgłowe). Równie często włókna były też traktowane jako zanieczyszczenie wielu innych materiałów. Włókna są cząstkami, które mają jeden wymiar znacznie większy niż dwa pozostałe. Teorie opisujące reaktywność włókien wykazują, że dawka, wymiary włókien i ich trwałość w wydzielinie płucnej są trzema głównymi czynnikami determinującymi ich toksyczność. Dawka lub liczba włókien zdeponowana w płucach, jest czynnikiem krytycznym w określaniu prawdopodobieństwa wystąpienia choroby. Długość i średnica włókien są ważne z punktu widzenia zarówno możliwości osadzania się włókien w płucach, jak i czasu przebywania w ich obrębie. Długość włókien jest uważana za parametr krytyczny, ponieważ makrofagi, które zazwyczaj usuwają cząsteczki z płuc nie mogą pochłaniać włókien mających długość większą niż ich własna średnica. Tak więc, dłuższe włókna prawdopodobnie pozostają w płucach przez dłuższy okres czasu. Średnica włókna jest również istotnym parametrem, ponieważ tylko włókna o małych średnicach aerodynamicznych mogą docierać do głębokich rejonów układu oddechowego i deponować się w ich obrębie. Im mniejsza średnica włókna, tym większe prawdopodobieństwo osiągnięcia obszaru wymiany gazowej. Ostatecznie, włókna, które rozpuszczają się w wydzielinie płuc w ciągu tygodni lub miesięcy, np. niektóre rodzaje włókien szklanych, wydają się być nieco mniej toksyczne od nierozpuszczalnych włókien. Właściwości powierzchni włókien mogą również mieć wpływ na ich toksyczność.

Interakcja pomiędzy cząstkami aerozoli, a komórkami organizmu jest w dużym stopniu zależna od miejsca ich osadzenia się. Cząstki w układzie oddechowym są deponowane w wyniku procesów: impakcji, sedymentacji, dyfuzji, intercepcji i elektrostatycznej precypitacji. Dla większości cząstek aerozoli włóknistych (lub biologicznych występujących w postaci wydłużonych struktur np. łańcuchów spor mikroorganizmów), procesy depozycji w układzie oddechowym są warunkowane w głównej mierze mechanizmem intercepcji. W kontekście niekorzystnych oddziaływań zdrowotnych, największe znaczenie mają respirabilne struktury włókniste, których średnica jest mniejsza od 3 μm, długość większa od 5 μm, a stosunek długości do średnicy wynosi co najmniej 3:1. Z kolei w przypadku SCMB, większość inhalowanych cząstek o średnicach >10 μm (np. duże agregaty mikroorganizmów) są osadzane w jamie nosowo-gardłowej i związane z symptomami podrażnienia nosa czy oczu. Mniejsze cząstki 5–10 μm (np. duże spory grzybów pleśniowych) deponowane w rejonach tchawicznych mogą wywoływać reakcje w postaci astmatycznej. Cząstki <5 μm (większość komórek wegetatywnych bakterii, cząstek spor lub plechy grzybów oraz promieniowców) mogą dostawać się do dolnych dróg oddechowych powodując reakcje w formie alergicznego zapalenia.

Mieszaniny cząstek stosowane w badaniach z wykorzystaniem różnych mechanizmów i systemów ich wychwytu czy separacji (takich jak cyklony, głowice z filtrem czy impaktory), jako warunek

konieczny, muszą być wytwarzane z wysokim stopniem odtwarzalności preparowanego aerozolu. Porównywalne wyniki przy ich badaniu można uzyskać tylko w pełni kontrolowanych warunkach i przy podobnym poziomie naładowania cząstek. Mechaniczne interakcje pomiędzy cząstkami, zwłaszcza tymi o charakterze cząstek stałych, mogą powodować ich niepożądane obciążenie ładunkami elektrostatycznymi i różnić się w zależności od wilgotności środowiska.

Celem wynalazku jest przeprowadzenie skojarzonego badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych, w tym ilościowego i jakościowego zjawiska transportu cząstek biologicznych na naturalnych (roślinnych i zwierzęcych) oraz syntetycznych i sztucznych włóknach obecnych w środowisku w postaci aerozoli w środowisku kontrolowanym pod względem wilgotności oraz obciążenia ładunkiem elementarnym.

Zestaw według wynalazku składa się z komory właściwej, korzystnie wykonanej ze stali szlachetnej, z zamontowanym otwieranym oknem, korzystnie wykonanym ze szkła, umożliwiającym obserwowanie nieuzbrojonym okiem procesów generacji i mieszania się aerozoli w jej obrębie. We wlocie powietrza do komory właściwej zamontowany jest elektrostatyczny neutralizator cząstek umożliwiający kontrolowanie wartości ładunku elektrycznego poprzez nałożenie lub zniesienie stosownej liczby dodatnich lub ujemnych ładunków elementarnych w bardzo precyzyjny sposób oraz filtr powietrza. Pomiędzy filtrem oraz elektrostatycznym neutralizatorem cząstek zamontowane są w sposób równoległy nebulizator umożliwiający generację bioaerozoli z cieczy, generator tubowy umożliwiający generację bioaerozoli ze stałej powierzchni i aerozoli włóknistych oraz nawilżacz w postaci np. elektronicznego zamgławiacza umożliwiającego symulację różnych warunków wilgotnościowych powietrza, od suchych (wilgotność względna powietrza RH<30%) do mokrych (RH>60%). Każdy z zamontowanych między filtrem i elektrycznym neutralizatorem elementów posiada własny rotametr oraz zawór. W celu homogenizacji wygenerowanych cząstek w komorze właściwej umieszczone jest mieszadło o zmiennej prędkości obrotowej śmigła. Mieszadło daje możliwość ustalenia dowolnej prędkości występującej w warunkach naturalnych np. 0,3 m/s, co jest prędkością typową dla środowiska wnętrz. W celu charakterystyki wymiarowej i oceny stężenia uwalnianych do przestrzeni komory właściwej aerozoli mikrobiologicznych i włóknistych do komory właściwej zamontowane są optyczny miernik włókien i optyczny miernik cząstek. W celu informacyjnym a także ułatwienia kontroli środowiska badawczego do komory właściwej zamontowane mogą być anemometr, termometr oraz higrometr. W komorze właściwej zamontowany jest także aspirator do pobierania aerozolu biologicznego, włóknistego lub ziarnistego połączony z pompą regulującą prędkość przepływu strugi. Pomiędzy aspiratorem a pompą regulującą prędkość przepływu strugi umieszczone są filtr, rotametr i zawór. Wylot powietrza z komory właściwej w celu jego oczyszczenia z aerozolu wytworzonego do badania zaopatrzony jest w filtr. Korzystnym jest aby filtry użyte w zestawie były filtrami HEPA a zawory były laboratoryjnymi zaworami kulowymi.

Sposób badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych według wynalazku z wykorzystaniem zestawu będącego przedmiotem niniejszego zgłoszenia polega na równoczesnym generowaniu do wnętrza komory właściwej aerozoli włóknistych i mikrobiologicznych.

Przed rozpoczęciem pomiaru każdego z badanych rodzajów drobnoustrojów i włókien, komora właściwa musi być wyczyszczona mechanicznie i chemicznie (np. za pomocą alkoholowego środka do szybkiej dezynfekcji powierzchni o bakterio- i grzybobójczych właściwościach). Każdy właściwy pomiar stężenia aerozolu cząstek bakterii i grzybów oraz włókien musi być poprzedzony pomiarem sprawdzającym czystość komory właściwej. W tym celu, na początku każdej sesji pomiarowej, zestaw badawczy powinien pracować bez umieszczonych w komorze właściwej badanych włókien oraz przy braku materiału mikrobiologicznego w tubowym generatorze bioaerozolu czy nebulizatorze, aż do osiągnięcia „zerowego" poziomu emisji cząstek (tj. nie więcej niż 10 cząstek o średnicach optycznych <30 μm) wykazanego poprzez pomiar optycznymi miernikami cząstek oraz włókien. Następnie, w komorze właściwej oraz w tubowym generatorze bioaerozolu lub nebulizatorze, umieszcza się „czysty" badany materiał, tj. materiał pozbawiony mikrobiologicznego zanieczyszczenia (odpowiednio nieobciążone drobnoustrojami włókna, sterylny agar przeznaczony do hodowli badanych bakterii i grzybów lub sterylną wodę do generacji ich zawiesin). Emisja cząstek z tak przygotowanych „czystych" badanych materiałów pozwala na ustalenie tzw. poziomu emisji „tła", który niezależnie od rodzaju cząstek służy korekcji finalnego wyniku pomiaru stężenia. Przed generacją aerozolu włóknistego, do wnętrza komory właściwej generowana jest też każdorazowo próbka badanego bioaerozolu w celu wyznaczenia liczby cząstek, która może być transportowana drogą powietrzną bez udziału badanych włókien. Tak uzyskane wartości również służą korekcji finalnego wyniku pomiaru stężenia.

Właściwy pomiar transportu cząstek biologicznych na cząstkach włókien wykonywany jest korzystnie w czasie 10 minut przez generowanie badanego bioaerozolu do wnętrza komory właściwej. Aerozolom w trakcie generowania do komory właściwej nadawane jest dodatkowo obciążenie ładunkiem elektrycznym w elektrostatycznym neutralizatorze w postaci odpowiedniej liczby dodatnich (+500 V, +1500 V, +3000 V, +4500 V) lub ujemnych (-500 V, -1500 V, -3000 V, -4500 V) ładunków elementarnych bądź neutralizowane (0 V). Tam bioaerozol poddawany jest mieszaniu korzystnie przez 10 minut wraz z badanym rodzajem aerozolu włóknistego przez mieszadło o zmiennej prędkości obrotowej (np. 0,3 m/s). Po tym okresie następuje pobieranie tak uzyskanej mieszaniny aerozoli aspiratorem. Uzyskane w ten sposób próbki można poddać dalszym ilościowym i jakościowym analizom laboratoryjnym.

Liczbę drobnoustrojów zdolnych do wzrostu na odpowiednim podłożu mikrobiologicznym przenoszonych w powietrzu (generowanych w różnych warunkach mikroklimatycznych oraz obciążonych różną liczbą ładunków elementarnych) przez respirabilne cząstki badanych aerozoli włóknistych, C_{trans}, wyznacza się w oparciu o stężenie mikroorganizmów, C_{jtk}, i stężenie włókien respirabilnych, $C_{wł}$, według następującego wzoru:

$$C_{trans} = C_{jtk}/C_{wł}$$

Przedmiot wynalazku uwidoczniony jest na rysunku na którym Fig. 1 przedstawia schemat zestawu według wynalazku, Fig. 2 przedstawia schemat generatora tubowego, Fig. 3 przedstawia wykresy dotyczące liczby drobnoustrojów zdolnych do wzrostu na odpowiednim podłożu mikrobiologicznym przenoszonych w powietrzu przez respirabilne cząstki badanych aerozoli włóknistych. Fig. 3–14 przedstawiają wykresy dotyczące wyników badania przenoszenia *Staphyloccocus aureus* oraz *Aspergillus versicolor* w powietrzu suchym i mokrym o różnym stopniu naelektryzowania na aerozolach włóknistych wytworzonych z poliestru, wiskozy, sierści psa, włosia konia, bawełny, konopi.

Przykład 1

Przykładem realizacji wynalazku jest zestaw do skojarzonego badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych składający się z komory właściwej 11 ze stali szlachetnej z otwieranym od frontu oknem 17. Do komory właściwej 11 podłączony jest elektrostatyczny neutralizator cząstek 7 do którego podłączone są łączącymi się przed neutralizatorem cząstek 7 elastycznymi wężami nebulizator 4, generator tubowy 5 i nawilżacz 6. Nebulizator 4, generator tubowy 5 i nawilżacz 6 posiadają własny rotametr 3 oraz zawór 2 oraz wspólny filtr HEPA 1 umieszczony na początku rurek doprowadzających powietrze. Komora właściwa 11, aspirator 13, optyczny miernik włókien 14, optyczny miernik cząstek 15 oraz anemometr 8, termometr 9, higrometr 10 oraz mieszadło 12 o zmiennej prędkości obrotowej oraz wylot powietrza wyposażony w filtr HEPA 1. Aspirator 13 połączony jest z pompą z regulacją prędkości przepływu strugi 16. Pomiędzy aspiratorem 13 a pompą z regulacją prędkości przepływu strugi 16 zamontowane są rotametr 3, filtr HEPA 1 oraz zawór 2. Wylot powietrza z komory właściwej.

Przykład 2

Przykładem realizacji sposobu według wynalazku jest zespół czynności opisanych poniżej.

Komora właściwa czyszczona jest mechanicznie i chemicznie za pomocą alkoholowego środka do szybkiej dezynfekcji powierzchni o bakterio- i grzybobójczych właściwościach. Każdy właściwy pomiar stężenia aerozolu cząstek bakterii i grzybów oraz włókien musi być poprzedzony pomiarem sprawdzającym czystość komory właściwej 11. Na początku sesji pomiarowej, zestaw badawczy pracuje bez umieszczonych w komorze właściwej 11 badanych włókien oraz przy braku materiału mikrobiologicznego w tubowym generatorze bioaerozolu 5 czy nebulizatorze 4, aż do osiągnięcia „zerowego" poziomu emisji cząstek (tj. nie więcej niż 10 cząstek o średnicach optycznych <30 μm) wykazanego poprzez pomiar optycznymi miernikami cząstek oraz włókien. Następnie, w komorze właściwej 11 oraz w tubowym generatorze bioaerozolu 5 lub nebulizatorze 4, umieszcza się „czysty" badany materiał, tj. materiał pozbawiony mikrobiologicznego zanieczyszczenia (odpowiednio nieobciążone drobnoustrojami włókna, sterylny agar przeznaczony do hodowli badanych bakterii i grzybów lub sterylną wodę do generacji ich zawiesin). Emisja cząstek z tak przygotowanych „czystych" badanych materiałów pozwala na ustalenie tzw. poziomu emisji „tła", który niezależnie od rodzaju cząstek służy korekcji finalnego wyniku pomiaru stężenia. Przed generacją aerozolu włóknistego, do wnętrza komory właściwej 11 generowana jest próbka badanego bioaerozolu w celu wyznaczenia liczby cząstek, która może być transportowana drogą powietrzną bez udziału badanych włókien.

Właściwy pomiar transportu cząstek biologicznych na cząstkach włókien wykonywany jest przez generowanie badanego bioaerozolu do wnętrza komory właściwej 11 w czasie 10 minut. Aerozolom

w trakcie generowania do komory właściwej nadawane jest dodatkowo obciążenie ładunkiem elektrycznym w elektrostatycznym neutralizatorze 7 w postaci odpowiedniej liczby dodatnich (+500 V, +1500 V, +3000 V, +4500 V) lub ujemnych (-500 V, -1500 V, -3000 V, -4500 V) ładunków elementarnych bądź są one neutralizowane (0 V). Tam, przez kolejne 10 minut, bioaerozol jest poddawany mieszaniu wraz z badanym rodzajem aerozolu włóknistego przez mieszadło 12 o zmiennej prędkości obrotowej (np. 0,3 m/s). Po tym okresie następuje pobieranie tak uzyskanej mieszaniny aerozoli odpowiednim aspiratorem 13. Uzyskane w ten sposób próbki poddawane są dalszym ilościowym i jakościowym analizom poza zestawem do skojarzonego badania właściwości włóknistych i biologicznych.

Pilotowe badania aerozoli włóknistych i mikrobiologicznych przeprowadzone z wykorzystaniem zestawu będącego przedmiotem niniejszego zgłoszenia pozwoliły na ocenę efektywności, z jaką badane włókna transportują cząstki mikrobiologiczne. I tak, wykazano, że (rysunek 3):

a) Włókna obciążone stosowną liczbą ładunków elementarnych są w stanie transportować w środowisku znaczną liczbę żywych drobnoustrojów sięgającą do 100 komórek wegetatywnych/przetrwalnikowych i do 100 spor/konidiów na 1 włókno;
b) Najbardziej uniwersalnymi włóknami pod kątem zdolności do przenoszenia cząstek drobnoustrojów są włókna zwierzęce, tj. włosie konia i sierść psa, a wśród włókien roślinnych – włókna bawełny;
c) W omawianym aspekcie, włókna syntetyczne są znacząco mniej sprawne od naturalnych włókien zwierzęcych i roślinnych (test Scheffego: $p<0,05$), choć należy w tym miejscu zaznaczyć, że włókna wiskozy były w stanie transportować większość żywych cząstek bakteryjnych i konidiów jednego z grzybów pleśniowych.

W odniesieniu do poszczególnych testowanych w fazie pilotowej włókien, pomiary wykazały, że:

a) Włókna poliestrowe najefektywniej przenoszą suche i mokre (testy Scheffego: odpowiednio $p<0,05–0,000001$ i $p<0,0001$) żywe komórki wegetatywne *Staphylococcus aureus* i suche konidia grzyba *Aspergillus versicolor* szczególnie, gdy są one obciążone stosowną liczbą ujemnych ładunków elementarnych (-500 V, -1500 V, -3000 V). Pozostałe rodzaje komórek i spor/konidiów praktycznie nie były przez te włókna transportowane;
b) Włókna wiskozowe były w stanie transportować w środowisku do 40 komórek bakteryjnych *S. aureus* i *Bacillus subtilis*, spor *Streptomyces albus* oraz konidiów *A. versicolor* na każdym włóknie, niezależnie od warunków wilgotnościowych i praktycznie przy dowolnie wysokim obciążeniu cząstek aerozoli ładunkami elementarnymi;
c) Sierść psa i włosie konia wykazały możliwości transportu praktycznie wszystkich testowanych gatunków drobnoustrojów i to niezależnie od liczby nałożonych na cząstki aerozoli ładunków elementarnych. Należy w tym miejscu jednak zaznaczyć, iż największe predyspozycje do przenoszenia żywych drobnoustrojów (do prawie 100 spor bakteryjnych i blisko 80 komórek wegetatywnych/przetrwalnikowych w przypadku sierści psa czy ponad 70 spor bakteryjnych w przypadku włosia konia) było przenoszonych w suchym środowisku;
d) Włókna bawełny miały zbliżoną „charakterystykę transportową" do tej rozpoznanej dla włókien zwierzęcych. Wprawdzie włókna bawełny przenosiły znacznie mniej żywych cząstek drobnoustrojów (do niespełna 50 na 1 włóknie), to były one w stanie transportować zarówno komórki wegetatywne/przetrwalnikowe *S. aureus* i *B. subtilis*, jak i spory bakterii *S. albus* oraz konidia grzybów *A. versicolor* i *Penicillium melinii;*
e) Włókna konopi dość wybiórczo transportowały cząstki mikrobiologiczne ograniczając swe możliwości praktycznie do jedynie 3 gatunków drobnoustrojów, tj. bakterii *S. aureus* oraz grzybów *A. versicolor* i *P. melinii* (testy Scheffego: $p<0,05–0,00001$). Najwięcej, bo ponad 60, włókna te przenosiły w powietrzu komórek obciążonych ujemnym ładunkiem elementarnym o wielkości -500 V.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zestaw do skojarzonego badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych **znamienny tym**, że składa się z komory właściwej (11) zawierającej otwierane okno (17) komory, mieszadło (12) o zmiennej prędkości, optyczny miernik włókien (14) optyczny miernik cząstek (15), aspirator (13) z pompą (16) i znajdującymi się między nimi filtrem (1), zaworem (2) i rotametrem (3), wylot powietrza z komory właściwej (11) z filtrem (1) oraz z zamontowanym we wlocie

powietrza elektrostatycznym neutralizatorem cząstek (7) oraz filtrem powietrza (1) pomiędzy którymi zamontowane są w sposób równoległy nebulizator (4), generator tubowy (5) oraz nawilżacz (6), każdy z nich z oddzielnie zamocowanymi rotametrami (3) oraz zaworami (2).

2. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że okno (17) komory właściwej (11) wykonane jest ze szkła.
3. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że komora właściwa (11) wykonana jest ze stali szlachetnej.
4. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że nawilżaczem (6) jest elektroniczny zamgławiacz.
5. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że między aspiratorem (13) i pompą (16) znajduje się filtr (1), rotametr (3) i zawór (2).
6. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że do komory właściwej (11) podłączony jest anennometr (8).
7. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że do komory właściwej (11) podłączony jest termometr (9).
8. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że do komory właściwej (11) podłączony jest higrometr (10).
9. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że filtrem (1) użytym w zestawie jest filtr HEPA.
10. Zestaw według zastrz. 1 **znamienny tym**, że zawory (2) mają budowę kulową.
11. Sposób badania właściwości aerozoli włóknistych i biologicznych, **znamienny tym**, że przed rozpoczęciem pomiaru komora właściwa (11) czyszczona jest mechanicznie i chemicznie zaś każdy właściwy pomiar stężenia aerozolu cząstek bakterii i grzybów oraz włókien poprzedzony jest pomiarem sprawdzającym czystość komory właściwej poprzez sesję pomiarową bez umieszczonych w komorze właściwej badanych włókien oraz przy braku materiału mikrobiologicznego w generatorze tubowym (5) i nebulizatorze (4), aż do osiągnięcia „zerowego" poziomu emisji cząstek wykazanego poprzez pomiar optycznymi miernikami cząstek (15) oraz włókien (14) oraz każdorazowym generowaniem próbki badanego bioaerozolu w celu wyznaczenia liczby cząstek, która może być transportowana drogą powietrzną bez udziału badanych włókien, następnie, w komorze właściwej (11) oraz w generatorze tubowym (5) bioaerozolu lub nebulizatorze (4), umieszcza się „czysty" badany materiał, tj. materiał pozbawiony mikrobiologicznego zanieczyszczenia w celu generacji czystego aerozolu włóknistego do wnętrza komory właściwej, następnie dokonuje się właściwego pomiaru transportu cząstek biologicznych na cząstkach włókien poprzez generowanie badanego bioaerozolu do wnętrza komory właściwej z dodatkowym obciążeniem ładunkiem elektrycznym w elektrostatycznym neutralizatorze, bioaerozol poddawany jest mieszaniu wraz z badanym rodzajem aerozolu włóknistego przez mieszadło a pobieranie tak uzyskanej mieszaniny aerozoli odbywa się aspiratorem (13) a uzyskane w ten sposób próbki poddaje się dalszym ilościowym i jakościowym analizom laboratoryjnym przy czym liczbę drobnoustrojów zdolnych do wzrostu na odpowiednim podłożu mikrobiologicznym przenoszonych w powietrzu (generowanych w różnych warunkach mikroklimatycznych oraz obciążonych różną liczbą ładunków elementarnych) przez respirabilne cząstki badanych aerozoli włóknistych, C_{trans}, wyznacza się w oparciu o stężenie mikroorganizmów, C_{jtk}, i stężenie włókien respirabilnych, $C_{wł}$, według następującego wzoru: $C_{trans} = C_{jtk}/C_{wł.}$
12. Sposób według zastrz. 11 **znamienny tym**, że czyszczenie mechaniczne i chemiczne odbywa się za pomocą alkoholowego środka do szybkiej dezynfekcji powierzchni o bakterio- i grzybobójczych właściwościach.
13. Sposób według zastrz. 11 **znamienny tym**, że generowanie badanego bioaerozolu do wnętrza komory właściwej (11) trwa 10 minut.
14. Sposób według zastrz. 11 **znamienny tym**, że na generowany bioaerozol nakładany jest elektrostatyczny ładunek z zakresu -4500V a +4500V.
15. Sposób według zastrz. 11 **znamienny tym**, że mieszanie bioaerozolu wraz z badanym rodzajem aerozolu włóknistego przez mieszadło trwa 10 minut.

Rysunki

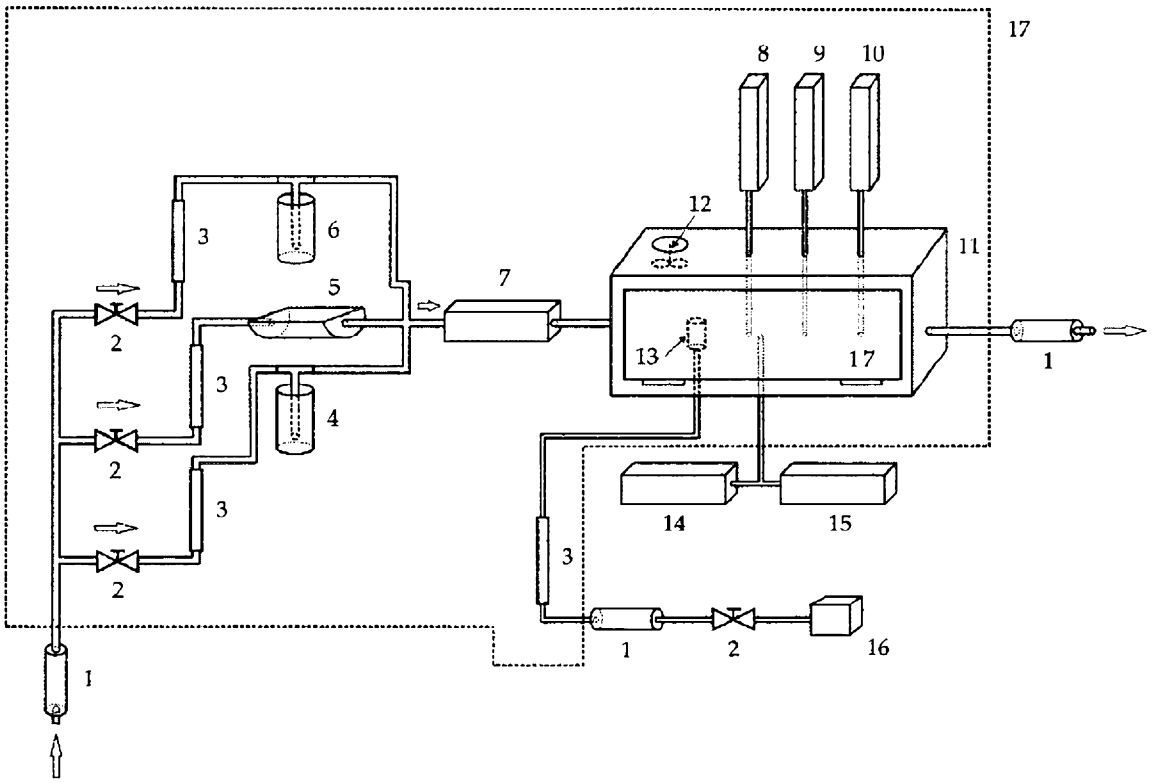

Fig.1

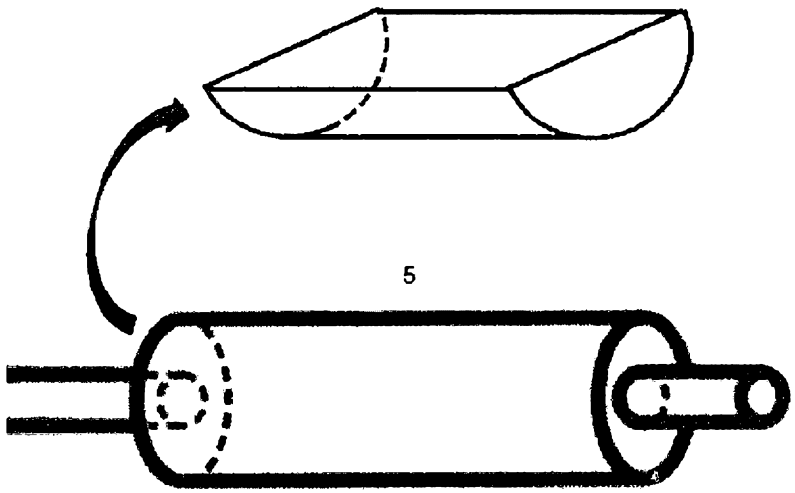

Fig.2

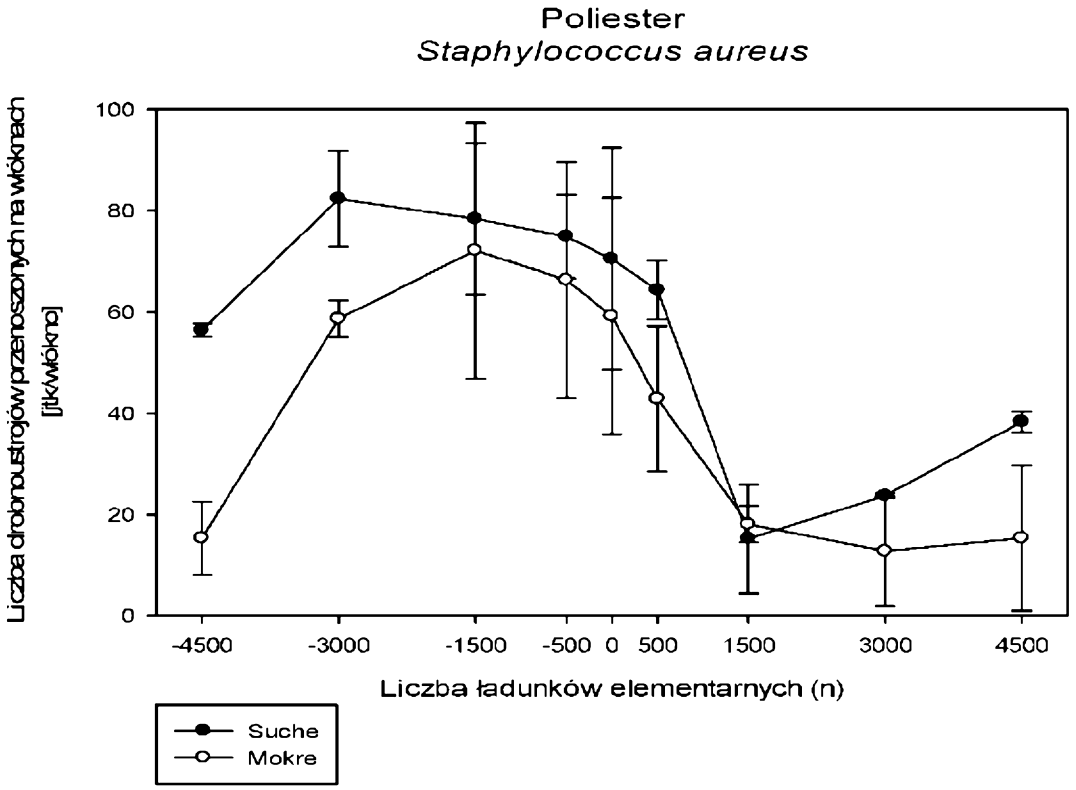
Poliester
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.3

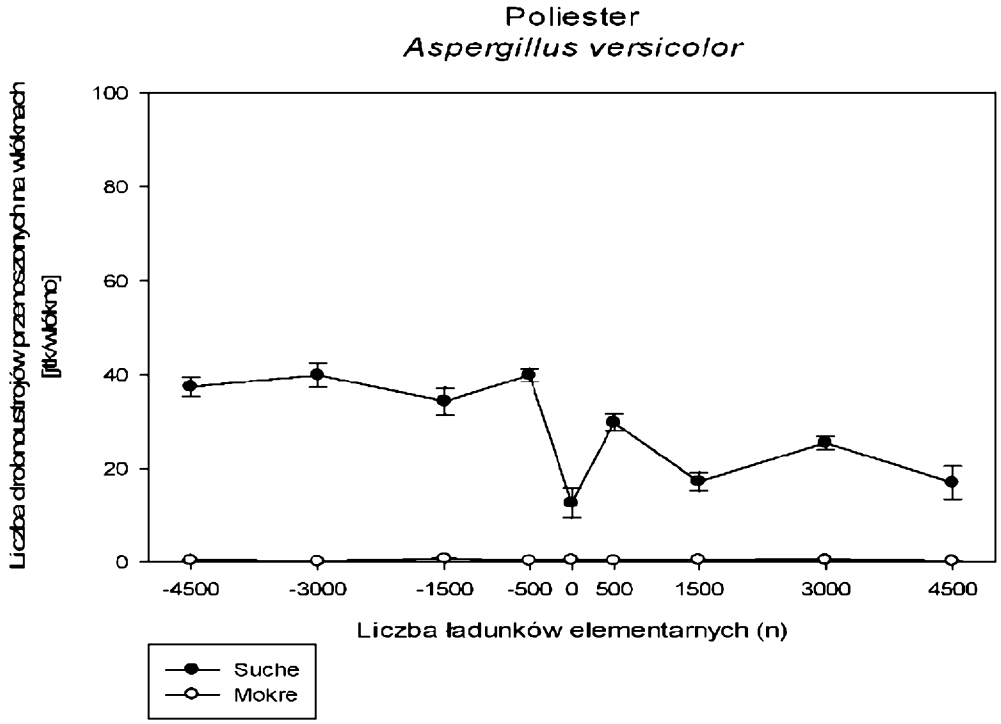
Poliester
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.4

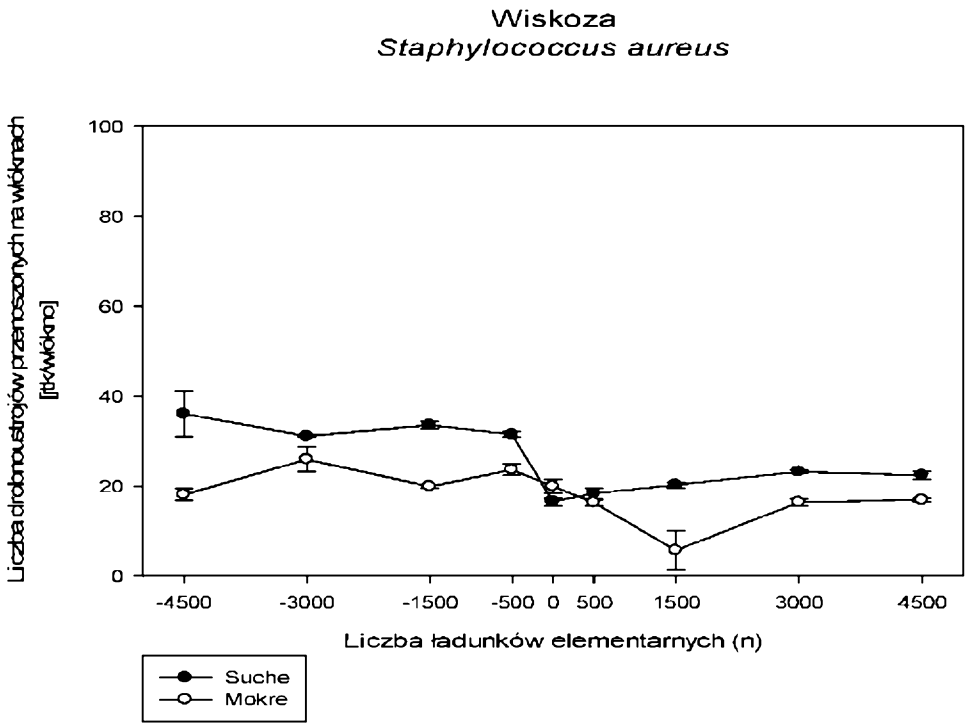
Wiskoza
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.5

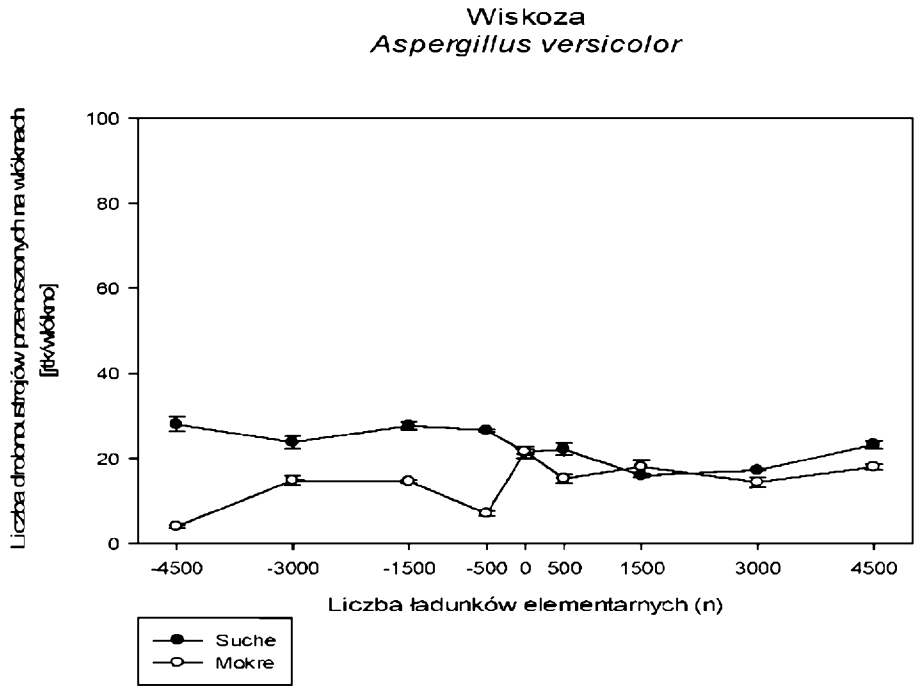
Wiskoza
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.6

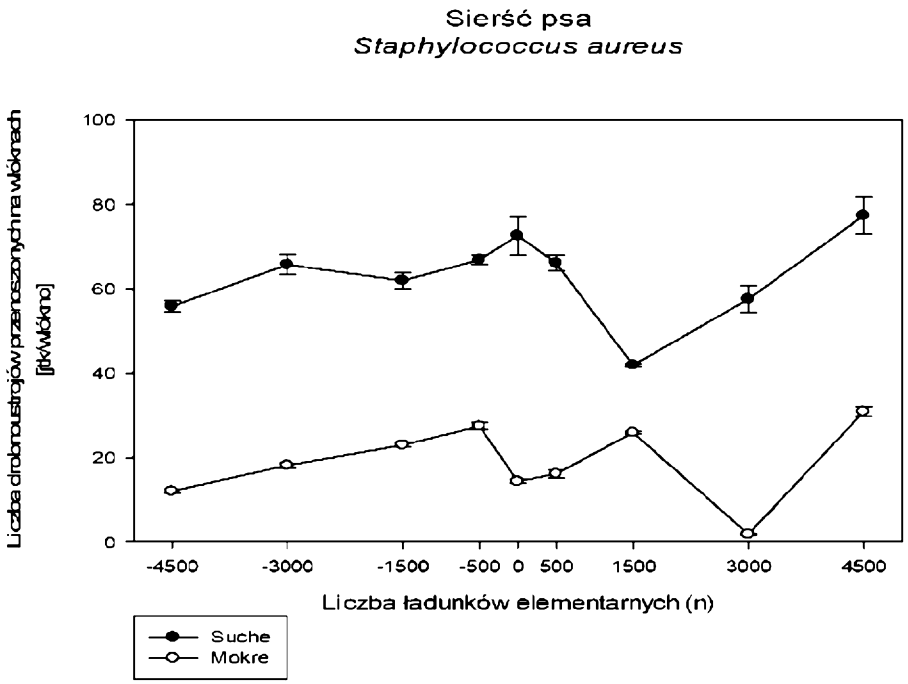
Sierść psa
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.7

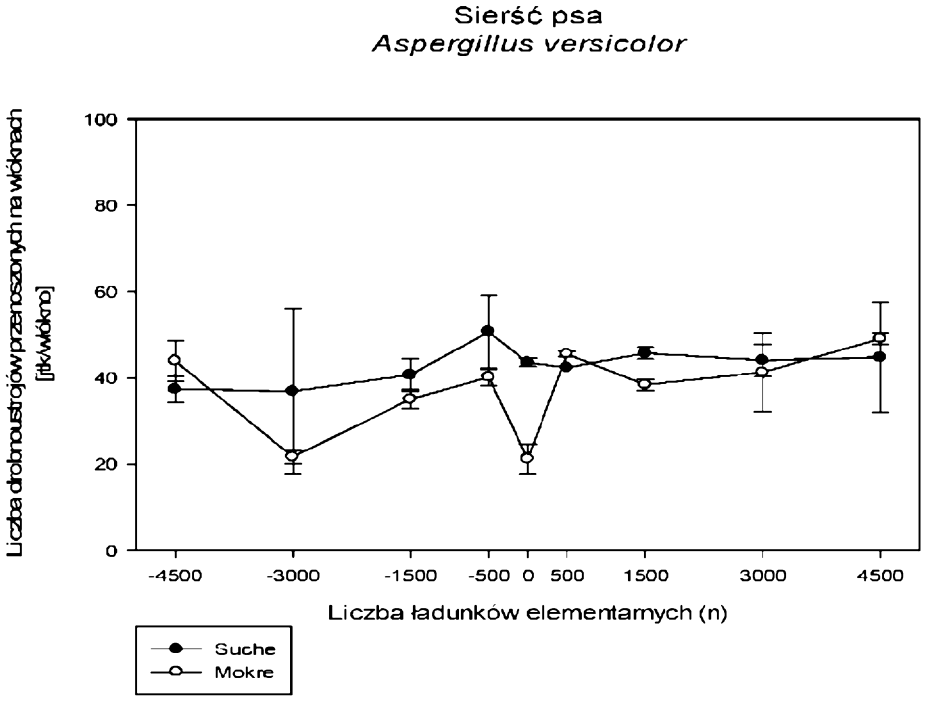
Sierść psa
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.8

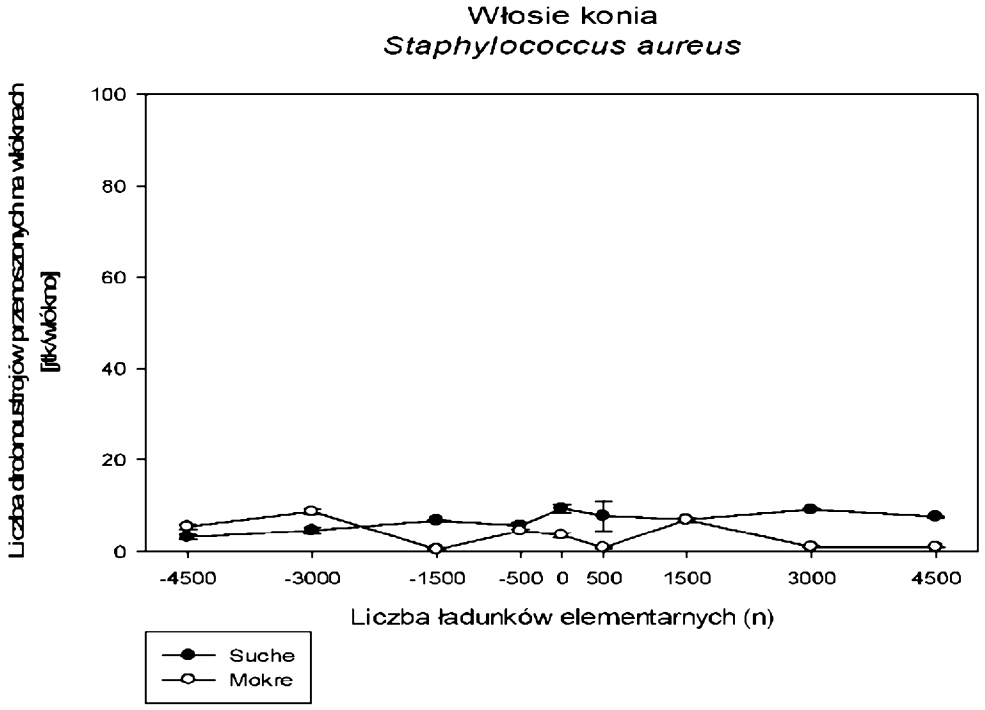
Włosie konia
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.9

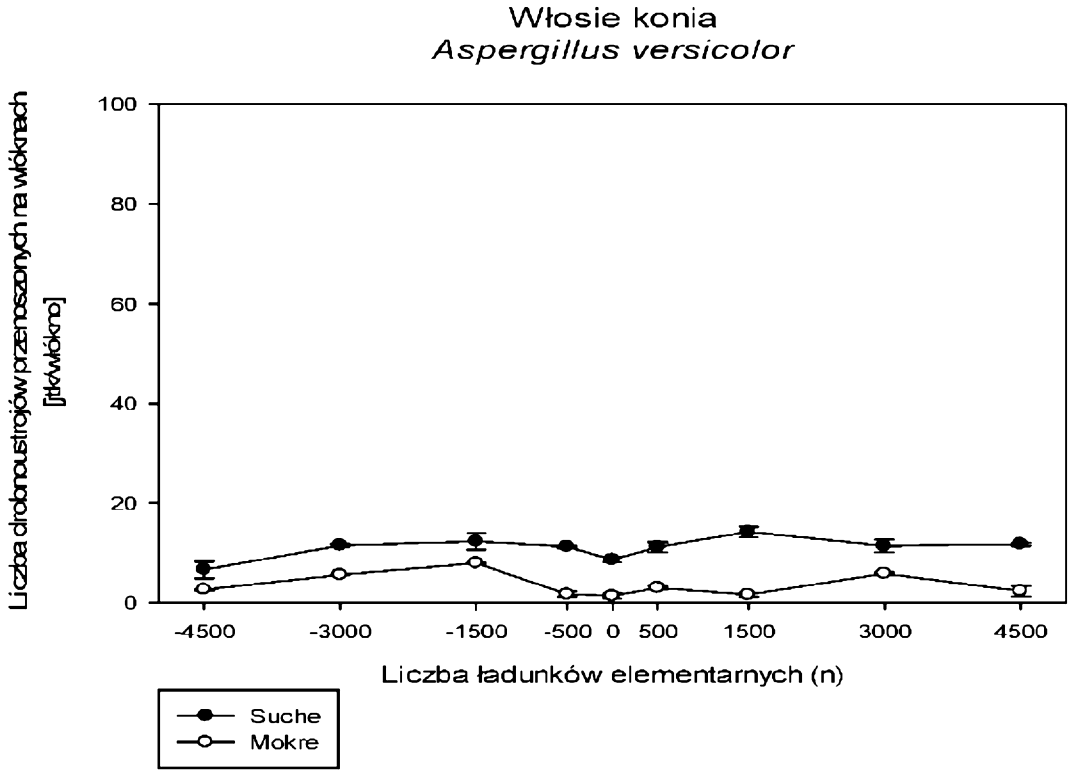
Włosie konia
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.10

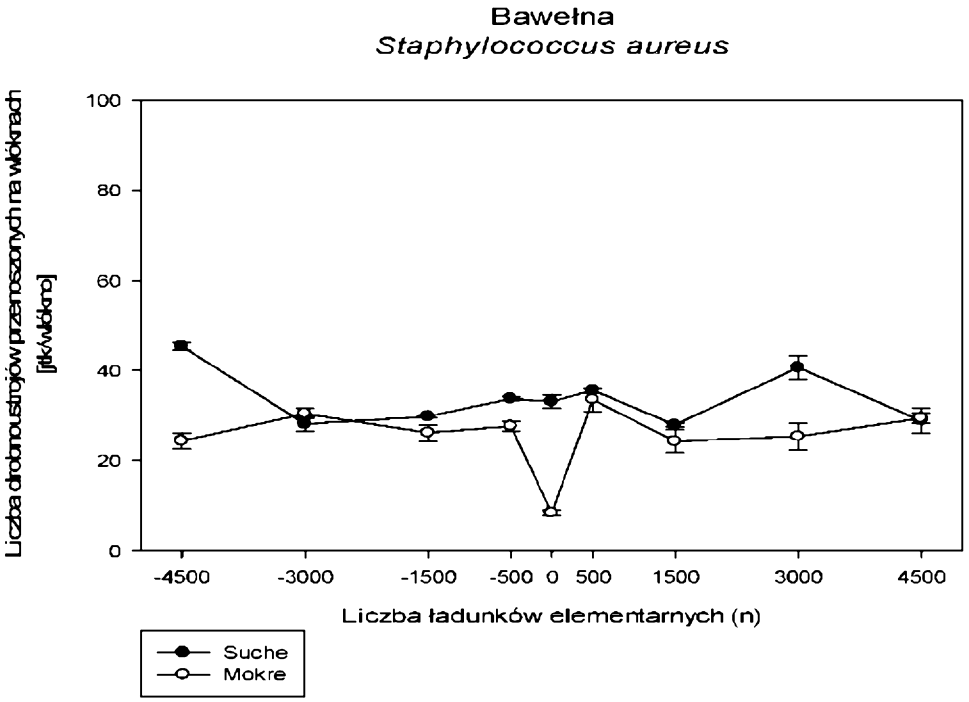
Bawełna
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.11

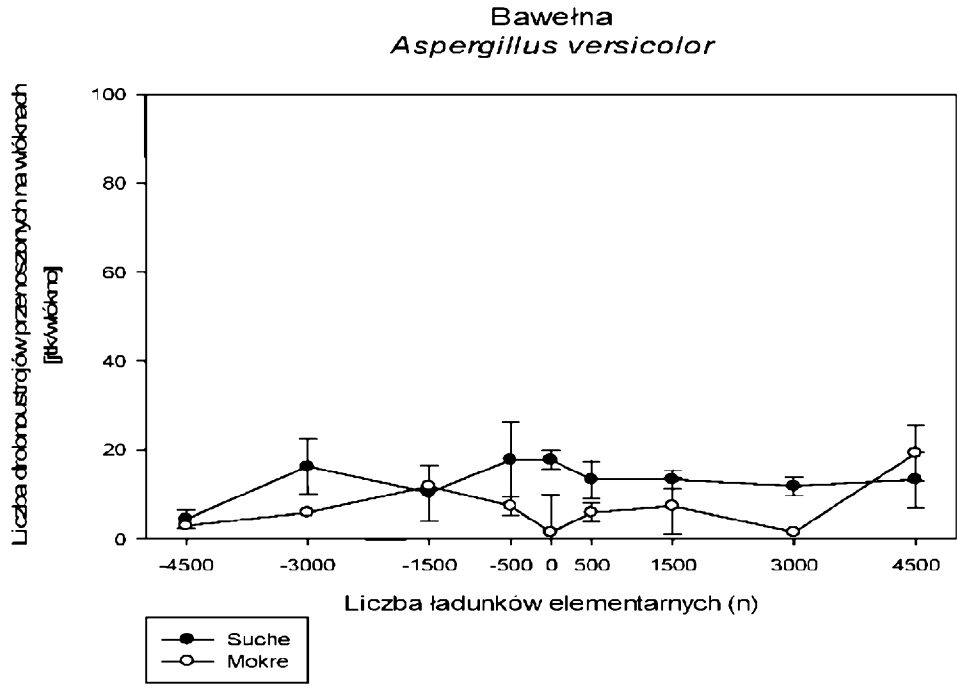
Bawełna
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.12

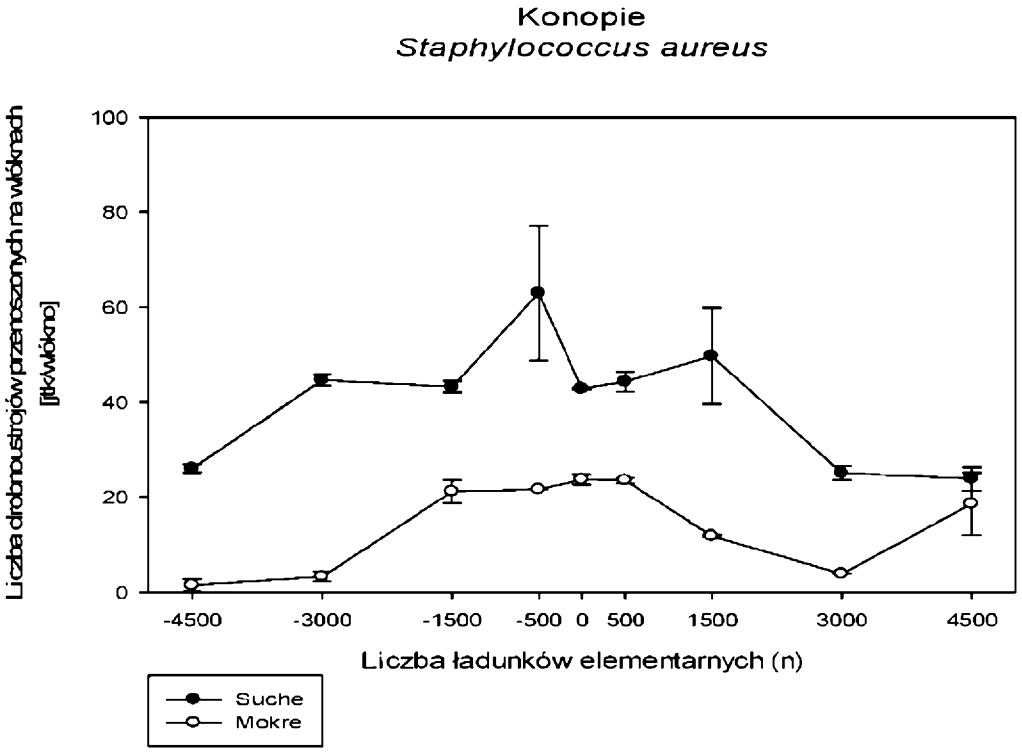
Konopie
Staphylococcus aureus
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.13

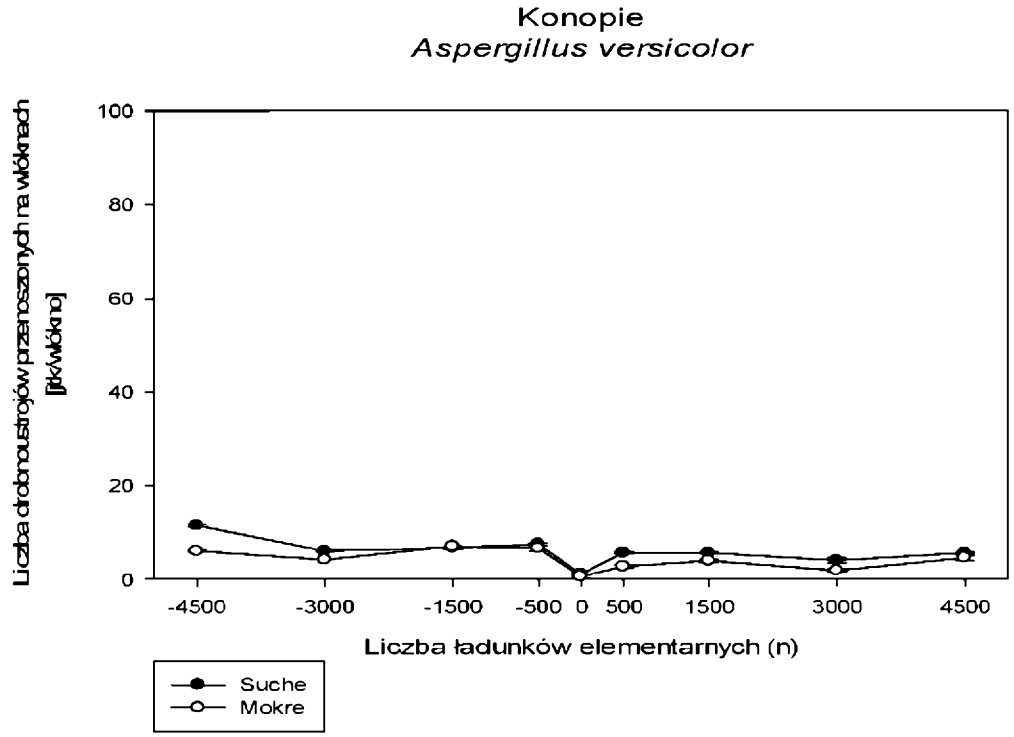
Konopie
Aspergillus versicolor
Liczba drobnoustrojów przenoszonych na włóknach [jtk/włókno]
100
80
60
40
20
0
-4500
-3000
-1500
-500
0
500
1500
3000
4500
Liczba ładunków elementarnych (n)
Suche
Mokre

Fig.14