УДК 635.918:504.75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САНАЦИИ ВОЗДУХА В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ ПОМЕЩЕНИЯ

© 2017 Н.В. Цыбуля[1], Т.Д. Фершалова[1], Л.П. Давидович[2]

[1] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск
[2] Сибирский государственный университет геосистем и технологий

Статья поступила в редакцию 07.12.2016

Изучено влияние летучих выделений растений, обладающих высокой антимикробной активностью, на состав микрофлоры воздуха в помещении с заведомо высокой микробной загрязненностью, связанное с протечкой потолка (экологический фактор). Исследована динамика изменения микробного пейзажа воздуха (общего микробного числа и доли условно-патогенной микрофлоры) при наличии и отсутствии растений в служебном помещении. Установлено достоверное фитонцидное действие растений на уровне 95% на общее микробное число и 99% на содержание бактерий рода стафилококк. Устойчивое снижение общего числа микроорганизмов на 70%, доли стафилококка на 90% достигалось после установки в помещении тропических растений с площадью листовой поверхности 0,09 м^2 на 1 м^3.

Ключевые слова: *фитонцидные тропические растения, стафилококк, микрофлора воздуха, антимикробная активность, летучие выделения растений, общее микробное число*

В настоящее время достаточно много технических средств, которые могут обеспечить здоровую воздушную среду, но они зачастую являются дорогостоящими. Более доступным и традиционным способом оздоровления воздуха помещений является экологический фитодизайн. Задачами фитодизайна как научного направления является изучение антмикробной активности летучих выделений растений в отношении условно-патогенной микрофлоры воздуха в лабораторных условиях и непосредственно в условиях помещений. В лабораторных условиях антимикробная активность интактных растений или их листьев изучена дистанционным методом опарения серийных разведений или штриховых посевов стандартных микробных тест-культур на агаризованной питательной среде [1, 2, 7]. Всего в настоящее время с использованием данного метода авторами исследована антимикробная активность у 90 видов и форм растений из 33 семейств в отношении тест-объектов: *Staphylococcus aureus, St. epidermidis, Streptococcus saprophyticus, Escherichia coli, Candida albicans* [2, 3, 6, 7, 9]. Санирующая роль растений в реальных условиях различных типов интерьеров пока изучена недостаточно. Исследовано влияние растений на изменение общего микробного числа колоний образующих единиц в 1 м^3 (КОЕ/м^3) в игровых помещениях детских учреждений [4, 7, 8], в палатах пульмонологического отделения института клинической и экспериментальной медицины СО РАМН [7], студенческих аудиториях [10]. Исследования, проведенные непосредственно в детских помещениях, позволили определить оптимальное соотношение площади листовой поверхности растений на единицу объема помещения для выраженного и максимального фитонцидного действия. Это соотношение соответствует площади листьев 1,5-3 м^2 на помещение объемом 100 м^3 [3]. Однако детские учреждения имеют специфическую среду и систему санитарно-гигиенического режима. В настоящей работе, приводятся результаты испытания фитонцидной активности растений в служебном помещении, где присутствуют источники техногенного загрязнения воздушной среды.

Цель работы: изучение динамики изменения микробного пейзажа микрофлоры воздуха (общего микробного числа и доли условно-патогенной микрофлоры) при наличии и отсутствии растений в служебном помещении.

Материалы и методы. Анализировали служебное помещение с заведомо высокой микробной загрязненностью воздушной среды. Очаг распространения микробов – следы подтопления на потолке в углу у окна до 2 м^2. По санитарным требованиям в помещении необходим капитальный ремонт потолка с заменой труб. Объем помещения 63 м^3, высота потолка 3,5 м, средняя t воздуха +15-17°С, влажность воздуха 23%, экспозиция окон – северная, освещенность в точке размещения растений 2000 лк, время проведения эксперимента – январь-февраль 2013 г. Контрольный микробиологический анализ замеров проб воздуха в течение 3 дней показал, что в помещении высокая доля стафилококка – 25% по отношению к общему числу микроорганизмов. Стафилококки являются одним из наиболее распространенных микроорганизмов в воздухе закрытых помещений, что обусловливается значительной устойчивостью их к различным факторам окружающей среды. Обнаружение стафилококков в воздухе закрытых помещений имеет санитарно-показательное значение и свидетельствует об эпидемическом неблагополучии. Стафилококки попадают в верхние дыхательные пути с пылевыми частицами, большая часть которых задерживается в носо-и ротоглотке. Эти микроорганизмы колонизируют

Цыбуля Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: ntsybulya@yandex.ru
Фершалова Татьяна Дмитриевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник. E-mail: fershalova@ngs.ru
Давидович Любовь Алексеевна, специалист. E-mail: davidovich_lyubov@mail.ru

кожные покровы и слизистые оболочки верхних дыхательных путей человека (4).

Объектами исследований служили тропические растения: *Crinum asiaticus* L., *Eucharis grandiflora* Planch. et Lindl., *Begonia carolineifolia* Regel, *Ficus benjamina* L., *Nephrolepis exaltata* (L.) Schott, *Chlorophytum comosum* (L.) Schott, у которых в лабораторных условиях была выявлена высокая универсальная антимикробная активность в отношении 3 тест-объектов: *Staphylococcus epidermidis, Escherichia coli, Candida albicans* [9]. В данном эксперименте из-за экологически неблагоприятной обстановки использовали крупномерные растения и соотношение площади листьев в перерасчете на 100 м^3 было 8,7 м^2 (общая площадь листьев 5,5 м^2 на объем помещения 63 м^3).

При отборе проб воздуха для выделения микроорганизмов использовалось пробоотборное устройство ПУ-1Б, предназначенное для автоматического отбора проб биологических аэрозолей импакционным осаждением, прокачивая 100 л воздуха, на твердую питательную среду ГРМ-агар на чашку Петри. Отбор проб осуществляли на высоте 1,6-1,8 м от пола по общепринятым методикам [4]. В контрольных замерах при отсутствии растений брали пробы в 3-х точках: 1 точка - непосредственно под очагом загрязнения, 2 и 3 точки – на расстоянии 1 и 3 м от первой точки. Для изучения протяженности фитонцидного поля вокруг растений пробы воздуха брали в трех точках помещения: 1 точка - над растениями, 2 и 3 точки – на расстоянии 1 и 3 м от растений. После взятия проб воздуха чашки Петри инкубировали в термостате при температуре +37°С 48 часов. Определяли состав микрофлоры и подсчитывали общее микробное число колоний образующих единиц (КОЕ/м^3) и число стафилококков в 1 м^3 воздуха. Рассчитывали соотношение числа постоянной микрофлоры воздуха (колонии сарцин, спорообразующих бацилл пигментных и беспигментных, грибов, актиномицетов) и временной (условно-патогеной) – бактерии рода *Staphylococcus*. При определении колоний стафилококка готовили мазки и окрашивали по Граму [4]. Схема опытов заключалась в изучении динамики изменения микробной загрязненности помещения при наличии и отсутствии растений. Осуществляли последовательную смену растений в помещении (устанавливали и убирали на определенное время) для получения большей достоверности результатов. Суммарное время эксперимента 272 ч. Всего за период эксперимента было проанализировано 96 проб воздуха (30 без растений и 66 с растениями).

Результаты и их обсуждение. Динамика количественных и качественных изменений общего микробного числа и стафилококка, при отсутствии и наличии растений в помещении (с последовательной сменой) показано на (рис. 1).

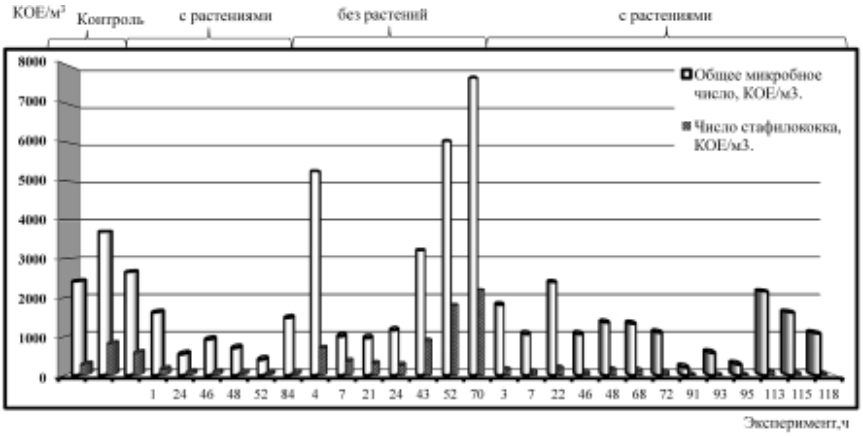


Рис. 1. Изменение общего числа колоний образующих единиц микроорганизмов и числа стафилококка в 1 м^3 воздушной среды помещения при наличии растений (от 1 до 84 ч, от 3 до 118 ч) и при отсутствии растений (от 4 до 70 ч) (суммарное время эксперимента 272 ч).

Микробная загрязненность воздуха в контрольных замерах без растений превышала санитарную норму (2000 КОЕ/м^3) в 2-2,5 раза, а число стафилококка – более чем в 10 раз. При нахождении растений в помещении (эксперимент от 1 до 84 ч и от 3 до 118 ч) общее число колоний образующих единиц не выходило за пределы санитарной нормы 1500-2000 КОЕ/м^3, а на долю стафилококка приходилось от 100 до 120 КОЕ/м^3 (7±0,5%) (рис. 1). Показатели средних значений во всех экспериментальных точках и относительной антимикробной активности в помещении без растений и с растениями представлены в табл. 1.

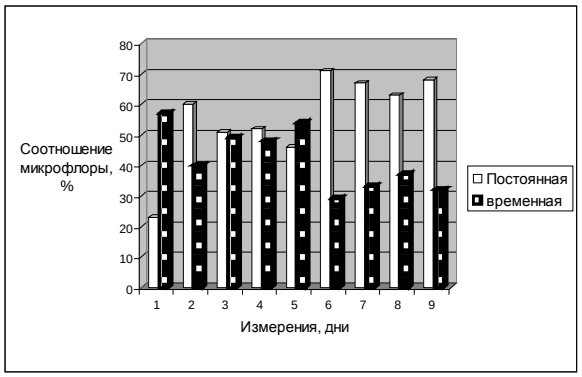
Соотношение постоянной и временной микрофлоры воздуха в помещении без растений и с растениями показано на рис. 2. До установки растений в помещении была высокая доля временной микрофлоры – 40-50%. (рис. 2а). При наличии растений в помещении наблюдалось изменение качественного состава микрофлоры: соответственно за счет уменьшения временной и возрастания постоянной до 70-90% (рис. 2б).

Динамика уменьшения «микробного пейзажа» воздушной среды была отмечена сразу после непродолжительного нахождения растений в помещении (рис. 3). Уже через 3 часа после установки растений в помещении на чашках Петри наблюдали резкое снижение общего числа колоний образующих единиц от 7673±198 КОЕ/м^3 до 1817±110 КОЕ/м^3 за счет уменьшения доли стафилококка от 25% до 6%; через 7 часов это снижение оставалось стабильным и соответствовало санитарной норме КОЕ в 1 м^3 воздуха (1060 КОЕ/м^3, доля стафилококка 7%).

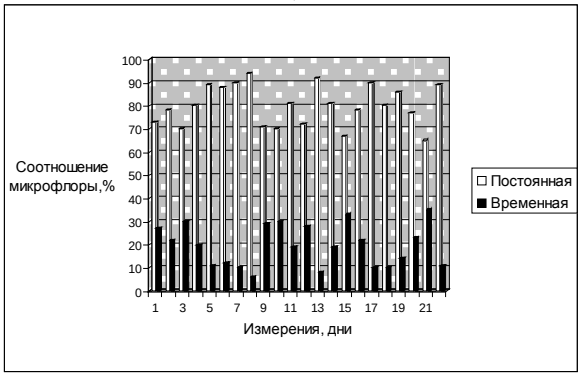
Таблица 1. Показатели средней и относительной антимикробной активности в помещении без растений и с растениями

№	Без растений, КОЕ/м^3		С растениями, КОЕ/м^3		A*,%	
	ОМЧ	S	ОМЧ	S	ОМЧ	S
1 т	4500±70	1100±240	1520±130	100±13	66	91
2 т	5300±100	1080±300	1500±120	98±12	72	91
3 т	4800±90	1200±400	1480±170	120±11	70	90

Примечание: A* – относительное снижение числа колоний микроорганизмов в опыте по сравнению с контролем, ОМЧ – общее микробное число; S – бактерии рода стафилококк



а)



б)

Рис. 2. Соотношение постоянной и временной (условно-патогенной) микрофлоры воздуха в помещении: а) без растений, б) при наличии растений

Результаты качественного и количественного микробиологического анализа проб воздуха показали, что особенно чувствительным к летучим выделениям данного ассортимента растений оказались бактерии рода стафилококк. Высокая чувствительность условно-патогенных бактерий рода стафилококк к летучим выделениям некоторых растений например, миртовые (*Myrtus communis, Agonis flexiosa*), бегониевые (виды рода *Begonia*), агавовые (*Sansevieria trifasciata*) была показана ранее на практике в помещениях детских учреждений [6]. Бактерии рода стафилококк оказались чувствительными также к летучим выделениям представленного ассортимента растений данной фитокомпозиции.

На рис. 4 показан пример экспериментальных данных изменения соотношения доли стафилококка от общего микробного числа в помещении с растениями и без растений. Уже через несколько часов после установки растений доля стафилококка в воздухе помещения снижалась и на протяжении 70 часов наблюдения сохранялась на одном уровне 5-10%. В контроле доля стафилококка была в 2-5 раз выше (рис. 4). Показатели соотношения числа стафилококка к общему микробному числу в разных точках наблюдения на протяжении всего эксперимента были следующими: в помещении без растений от 20 до 43%, с растениями от 7 до 17% (рис. 5).

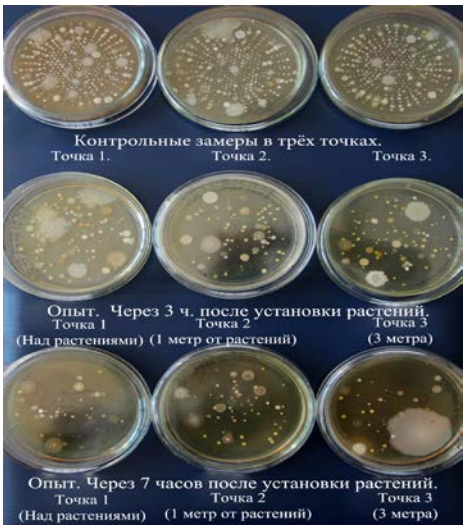


Рис. 3. Чашки Петри микробиологических проб воздуха в различных точках помещения до и после установки растений

Для оценки фитонцидной активности растений был проведен дисперсионный анализ. Результаты дисперсионного анализа по выявлению влияния на показатели микробной загрязненности воздуха следующих факторов: «А» - расстояние от

растений и «В» - время нахождения или отсутствия растений в помещении приведены в табл. 2, 3.

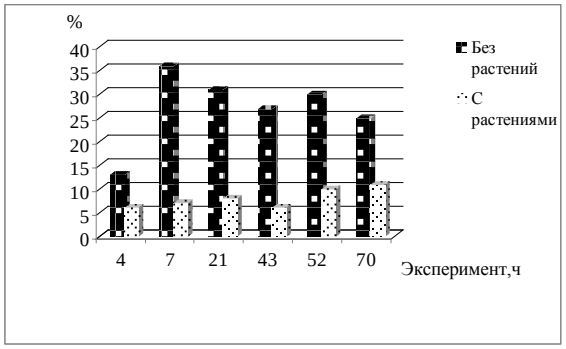


Рис. 4. Доля стафилококка к общему числу микроорганизмов в помещении с растениями и без растений (результаты наблюдений за 70 часов)

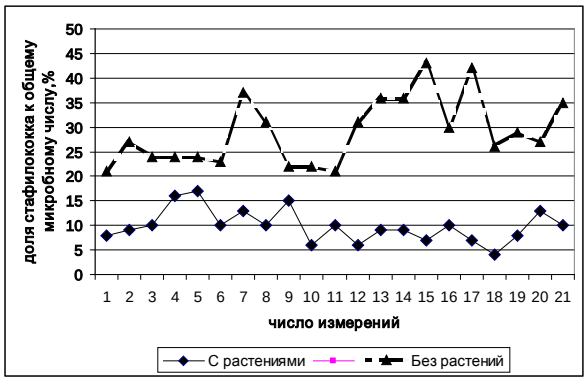


Рис. 5. Соотношение числа стафилококка к общему микробному числу микроорганизмов воздуха в помещении с растениями и без растений в разных точках наблюдения

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа по выявлению влияния растений на показатели микробной загрязненности воздуха

Результаты дисперсионного анализа			
общее число микроорганизмов, КОЕ/м^3			
фактор	F-критерий	уровень достоверности, %	влияние, %
А - растояние от растений	0,127	не достоверно	0
В - время	3,463	99	33
АВ -взаимодействие	0,289	не достоверно	0
общее число бактерий рода стафилококк, КОЕ/м^3			
фактор	F-критерий	уровень достоверности, %	влияние, %
А	0,099	не достоверно	0
В	1,864	99	59

Доказано, что происходит достоверное снижение общего числа микроорганизмов и доли стафилококка в присутствии растений. Это было определено при сравнении разницы средних двух выборок. Достоверность этой разницы и для общего микробного числа (КОЕ/м^3) и для доли стафилококка от общего микробного числа (табл. 1). В варианте без растений, показано, что действие фактора «А» (общее микробное число КОЕ/м^3 в разных точках помещения) не подтверждено, а действие фактора «В» (снижение общего микробного числа КОЕ/м^3 в зависимости от продолжительности нахождения растений в помещении) достоверно на уровне 99%. Со временем в помещении без растений увеличивается общее микробное число КОЕ/м^3. В варианте с растениями показано, что действие фактора «А» не подтверждено (нет достоверной разницы между антимикробной активности на расстоянии до 3 м), наблюдалась одинаково высокая антимикробная активность растений непосредственно вблизи у растений и на максимальном удалении от растений на расстоянии 3 м. Действие фактора «В» достоверно на уровне 95%. Снижается число колоний образующих единиц микроорганизмов в зависимости от продолжительности нахождения растений в помещении, и со временем микрофлора воздуха стабилизируется до санитарной нормы (табл. 3).

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа по выявлению влияния растений на показатели микробной загрязненности воздуха

Результаты дисперсионного анализа			
общее число микроорганизмов, КОЕ/м^3			
фактор	F-критерий	уровень достоверности, %	влияние, %
А	0,127	не достоверно	0
В	3,463	95	15

Параллельно с проведением основного эксперимента в помещении была проведена влажная уборка с применением пеномоющих средств. Экспериментальный замер воздуха в помещении без растений до влажной уборки показал следующие значения: общее микробное число – 5227±44 КОЕ/м^3, стафилококк – 702±50 КОЕ/м^3, после влажной уборки соответственно – 827±98 КОЕ/м^3, стафилококк – 284±41 КОЕ/м^3 (рис. 2). После влажной уборки значительно снизилась общая микробная загрязненность воздушной среды в 5 раз, и уменьшилось число стафилококка в 2,5 раза. Под

действием летучих выделений растений в эксперименте уже через 3 часа после установки растений наблюдалось уменьшение в 4 раза общего микробного числа с 7673±198 КОЕ/м^3 до 1817±110 КОЕ/м^3 и в 16 раз – стафилококка с 2186±270 до 134±38 (рис.1, 3). Таким образом, влажная уборка устраняет пыль, на которой находятся микроорганизмы, а летучие биологически активные выделения растений вызывают гибель микробной клетки. Причем действие летучих выделений растений постоянно. На протяжении всего времени нахождения растений в помещении общее число колоний образующих единиц не выходило за пределы санитарной нормы от 580 до 2200 КОЕ/м^3 (1250±200), на долю стафилококка приходилось от 3 до 15% (7±0,5%).

Выводы: эксперимент, проведенный в служебном помещении с заведомо высокой микробной загрязненностью (необходимость капитального ремонта), с наличием и отсутствием растений показал санирующую роль летучих выделений растений в отношении общего микробного числа и условно-патогенного стафилококка. Установлено достоверное влияние растений на уровне 95% на снижение общего числа микроорганизмов и 99% на бактерии рода стафилококк. Практическая значимость данного эксперимента заключается в том, что для конкретных условий помещения испытан специальный ассортимент растений и получен эффект выраженного фитонцидного действия. Устойчивое снижение общего микробного числа на 70%, доли бактерий стафилококка на 90%, достигалось после установки тропических растений с площадью листовой поверхности от 0,09 м^2 на 1 м^3. Статистически достоверными оказались показатели высокой антимикробной активности летучих выделений фитокомпозиции в отношении воздушной микрофлоры в радиусе до 3 м. С увеличением времени нахождения растения в помещении уровень микробной загрязненности воздушной среды выравнивается, приближаясь к наиболее низкому уровню, наблюдаемому в опытных точках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Акимов, Ю.А.* Методические рекомендации по изучению летучих свойств растений. – Ялта, 1983. 24 с.
2. *Коверга, А.Е.* Антимикробное действие летучих веществ, выделяемых в воздух декоративными растениями в процессе жизнедеятельности / *А.Е. Коверга, А.П. Дегтярева, Н.И. Чиркина, А.М. Кормилицин* // Сб. научн. тр. «150 лет гос. Никитск. ботан. саду». – М, 1964, С. 214–223.
3. *Макарчук, Н.М.* Фитонцидная активность интродуцированных растений закрытого грунта / *Н.М. Макарчук, В.В. Снежко, Л.И. Квитко* // Интродукция и акклиматизация растений. № 4. – Киев, 1985. С. 80-82.
4. *Цыбуля, Н.В.* Правила по внутреннему и наружному озеленению детских учреждений (*Н.В. Цыбуля, Н.А. Рычкова, Л.Н. Чиндяева* и др.) – Новосибирск, Новосибирское книжное издательство, 2003. 36 с.
5. *Покровский, В.В.* Клиническая микробиология. – ГАЭТАР, 1999. 1100 с.
6. *Снежко, В.В.* Фитонцидные растения в интерьерах / *В.В. Снежко, В.В. Кривенко, Н.М. Макарчук, А.К. Сгибнев* // Аллелопатия в естественных и искусственных фитоценозах. Сб. научн. тр. под ред. *А.М. Гродзинского*. – Киев: Наукова думка, 1982. С. 122.
7. *Цыбуля, Н.В.* Фитонцидные растения в интерьере. Оздоравливание воздуха с помощью растений / *Н.В. Цыбуля, Т.Д. Фершалова*. – Новосибирск, 2000. 111 с.
8. *Цыбуля, Н.В.* Медицинский фитодизайн детских учреждений как способ снижения численности микроорганизмов в воздухе / *Н.В. Цыбуля, Ю.Л. Якимова, Н.А. Рычкова, Т.Д. Фершалова* // Раст. ресурсы. 2002 (а). Т. 38, вып. 4. С. 112–117.
9. *Цыбуля, Н.В.* Научные и практические аспекты фитодизайна / *Н.В. Цыбуля, Ю.Л. Якимова, Н.А. Рычкова* и др. – Новосибирское книжное издательство, Новосибирск, 2004. 150 с.
10. *Цыбуля, Н.В.* Экологические основы фитодизайна. Учебно-методическое пособие / *Н.В. Цыбуля, Т.Д. Фершалова*. – Новосибирск: СГГА, 2013. 94 с.

USE THE TROPICAL PLANTS FOR AIR SANITATION IN ROOM ECOLOGICALLY ADVERSE CONDITIONS

© 2017 N.V. Tsybulya[1], T.D. Fershalova[1], L.P. Davidovich[2]

[1] Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk
[2] Siberian State University of Geosystems and Technologies

The influence of volatile emissions of the plants having high antimicrobic activity, on structure of microflora of indoors air with obviously high microbial impurity, connected with a ceiling leakage (ecological factor) is studied. Dynamics of change the microbial landscape of air (total microbial number and share of opportunistic pathogenic microflora) at existence and lack of plants in the office is investigated. Reliable phytoncidal action of plants at the level of 95% of total microbial number and 99% for the maintenance of staphylococcus bacteria is established. Steady decrease in total number of microorganisms by 70%, staphylococcus shares by 90% was reached after installation in the room the tropical plants with an area of sheet surface of 0,09 sq.m at 1 m^3.

Key words: *phytoncidal tropical plants, staphylococcus, air microflora, antimicrobic activity, plants volatile emissions, total microbial number*

Natalia Tsybulya, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: ntsybulya@yandex.ru; Tatiana Fershalova, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: fershalova@ngs.ru; Lyubov Davidovich, Specialist. E-mail: davidovich_lyubov@mail.ru