

곰팡이 센서(Fungal detector)를 이용한 알러지 환자 가정의 실내 환경 평가 - 사례연구

이준협* · 김영환 · 문경환†

고려대학교 보건과학대학 환경보건학과, *고려대학교 보건과학대학 보건행정학과
(2010. 1. 28. 접수/2010. 2. 17. 수정/2010. 2. 23. 채택)

Assessment of the Environmental Conditions in Patient's Houses with Allergy by Use of a Fungal Index - A Case Study

Jun Hyup Lee* · Young Hwan Kim · Kyong Whan Moon†

Department of Environmental Health, College of Health Science, Korea University
*Department of Healthcare Management, College of Health Science, Korea University
(Received January 28, 2010/Revised February 17, 2010/Accepted February 23, 2010)

ABSTRACT

The indoor environmental condition was assessed in houses with allergy (asthma and atopy) patients by use of a fungal detector. The fungal index was calculated from the growth rate of the sensor fungi in a fungal detector encapsulating the spores, *Alternaria alternata* S-78, *Eurotium herbariorum* J-183 and *Aspergillus penicillioides* K-712. Fungal indices were higher in asthma patient's houses than in control houses and *Eurotium herbariorum* showed the highest growth response among the sensor fungi. Dust mites allergen, *Der fl*, was also significantly high in allergy patient's houses where fungal indices above 10 were detected. A correlation was observed between the fungal indices and dust mite allergen proliferations in examined houses. Therefore, the fungal index can be a useful tool as an indirect indication for detecting chronic dampness that brings both contaminations by fungi and dust mite.

Keywords: allergy, fungal detector, fungal index, Atopy, Asthma, house dust mite allergen

I. 서 론

곰팡이 센서(Fungal detector)를 이용한 실내환경 평가는 일본의 환경생물연구소 Abe 박사에게 의하여 개발된 평가 방법이다.¹⁻³⁾ 곰팡이 센서란, 내부에 휴면 상태의 곰팡이 포자와 영양분이 봉해져 있는 환경 조사용의 시험편으로서, 그 기본 구조는 곰팡이 포자, 영양분, 지지체 및 투습성 시트로 구성되어 있다. 곰팡이 센서 안에는 *Alternaria alternata*, *Eurotium herbariorum*, *Aspergillus penicillioides* 등 3종류의 곰팡이 포자가 주입되어 있다. 이 곰팡이들은 일반적인 주거 환경에서 쉽게 검출될 뿐 아니라 습도 등의 환경조건 변화에 따

라 성장속도가 각기 다른 특성을 나타낸다. *Alternaria alternata*는 호습성(好濕性) 곰팡이로 상대습도가 높아 질수록 성장속도가 빨라지며, *Eurotium herbariorum*은 호건성(好乾性) 곰팡이로 상대습도 95% 미만의 환경에서는 *Alternaria alternata* 보다 빠르게 발육된다. *Aspergillus penicillioides*는 *Eurotium herbariorum* 보다 호건성의 정도가 강해 상대습도 72% 이하의 환경에서 *Eurotium herbariorum* 보다 빠르게 발육한다.⁴⁾ 곰팡이 센서가 환경에 노출되어 곰팡이가 증식하기 좋은 환경이면 내부에서 센서균이 발육되어 균사장(菌長, μm)이 길어지게 되며, 균사장의 길이와 노출시간과의 관계로부터 곰팡이 지수(Fungal Index)를 산정하여 환경조건을 평가하게 된다. 곰팡이 센서 개발자인 Abe^{1,3,5)}는 주택, 아파트, 공공시설 등 다양한 시설에서 곰팡이 센서 실험을 통해 산출된 곰팡이 지수(Fungal Index)가 곰팡이의 서식 환경을 간접적으로 평가하는 매우 유용한 지

†Corresponding author : Department of Environmental Health, College of Health Sciences, Korea University
Tel: 82-2-940-2865, Fax: 82-2-943-5304
E-mail : kwmoon@korea.ac.kr

표라고 보고하였다.

본 연구의 저자들은 이전의 연구⁶⁾에서 일부 아토피나 천식환자 가정에서 진균이나 집먼지 진드기 알러젠이 대조군 가정에 비해 유의하게 높게 나타난 것으로 보고한 바 있다. 진균이나 진드기 등의 번식은 알러지성 비염이나 천식의 주요한 원인이 된다. 온도와 습도는 진균이나 집먼지 진드기 발육에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 진균은 21-32°C, 상대습도 70-75%에서, 집먼지 진드기는 25°C 내외의 온도와 75-85%의 상대습도에서 가장 잘 증식하는 것으로 알려져 있다.^{6,7)} 선행 연구에서 진균의 측정은 단시간 순간 시료포집 방법에 의해 측정하였으며, 집먼지 진드기 알러젠의 경우에도 침구 면지에서 순간 포집하여 측정하였다. 시료 포집시 온도와 습도 등의 환경조건도 동시에 측정되었으나 한 시점에서 측정된 환경조건만으로 주거환경을 평가하고, 환자가정에서 정상 가정에 비해 진균과 집먼지 진드기 알러젠 농도가 높은 원인을 설명하기에는 한계가 있었다.

이에 본 연구에서는 선행연구에서 조사된 일부 가정을 대상으로, 곰팡이 센서를 이용하여 주거 환경이 곰팡이나 집먼지 진드기 서식에 미치는 영향을 평가하고 아토피나 천식 환자 가정에서 알러지의 원인이 될 수 있는 대표적인 곰팡이의 발육가능성을 확인하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 조사 대상

조사대상로는 선행연구에서 조사된 아토피성 피부염 환자 가정, 천식 환자 가정, 대조군으로 환자가 없는 일반 가정을 각각 2가구씩 선정하였다. 가구의 선정에 있어, 유사한 주거환경이 될 수 있도록 아파트 거주자만을 대상으로 하였다. 조사항목으로는 곰팡이 지수

(Fungal Index), 공기 중 부유 곰팡이(Total Suspended Fungi), 집먼지 진드기 알러젠(House dust mite allergen)을 대상으로 하였으며, 조사기간은 2006년 7월 12일에서 8월 22일에 걸쳐 실시되었다. 조사 기간동안 자동기록장치가 부착된 온·습도계를 이용하여 1시간 간격으로 온도와 습도를 측정하였다.

2. 실험방법

1) 곰팡이 센서

곰팡이 센서는 표준 곰팡이로 *Alternaria alternata* S-78, *Eurotium herbariorum* J-183, *Aspergillus penicillioides* K-712 등 3종의 포자가 주입되어 있는 Fungal Index test kit (Institute of Environmental Biology JDC Corporation, Japan)를 구입하였다. 실험 방법은 곰팡이 센서를 조사대상 가정의 거실, 침실, 부엌, 공부방(자녀방) 등의 하부 벽면에 부착한 후 4 주 후에 이를 떼어 실리카겔이 담긴 비닐 팩에 넣어 일본 환경생물연구소로 보내 군사 사진 촬영을 통해 군사장(μm)을 계측하였다. 곰팡이 센서의 설치 예 및 구조는 Fig. 1과 같다.

2) 곰팡이 지수

곰팡이 지수는 일정 기간 동안 증식된 센서 내부의 곰팡이 군사장을 미리 작성된 표준 검량선에 대입하여 산출한다. 표준 검량선은 기준 센서군으로 *Eurotium herbariorum*을 온도 25°C, 상대습도 93.6% 조건에서 일정 시간동안 배양(incubation)해서 얻은 군사 신장 곡선으로서 Fig. 2와 같다. Y축은 군사장을, X축은 배양 시간(response unit)으로 나타낸 것이며, 측정된 시료의 군사장을 Y축에 대입하여 ru를 구하고 이를 센서 설치 기간(week)으로 나눈 것을 곰팡이 지수로 한다. 각각의 기준 센서군에 대한 곰팡이 지수를 산출하고 이중 가장 큰 값을 곰팡이 지수의 대표 값으로 하여 환경 조

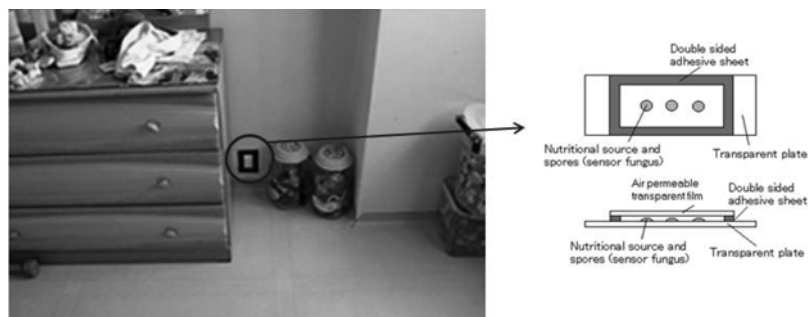


Fig. 1. Fungal detector attached on a wall.

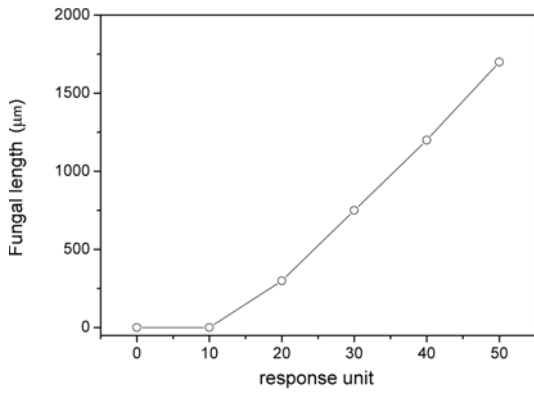


Fig. 2. Standard curve for determination of fungal index.

건을 평가한다.

3) 진균 및 집먼지 진드기 알러젠의 측정방법

가정 실내 공기에서 진균을 포집하기 위한 장치로는 MAS-100 에어샘플러(MERK, Swiss)를 이용하였으며, 배지로는 DG 18(Dichloran glycerol 18 agar)을 사용하였다. 배지를 넣은 페트리디쉬를 MAS-100 에어샘플러에 넣은 후 거실의 중앙부에서 1~5분간 공기를 포집하였으며, 포집된 페트리디쉬를 25°C에서 5일간 배양한 후 집락의 형태 및 집락수(CFU, Colony Forming Unit)를 관찰하였다.

집먼지 진드기 알러젠은 먼저 ‘먼지 따로 진공 청소기’(SAMSUNG VC-MBJ 940, 540W, Korea)를 이용하여 안방 침실 침대 매트리스 또는 이불 표면 1 m²에서 1분 동안 먼지를 포집하였다. 포집된 먼지는 45 mesh(직경 355 µm)의 체로 거른 후, 약 100 mg을 플라스틱 시험관에 넣고 PBS-T(0.05% Tween 20-phosphate buffered saline, pH 7.4) 2 ml를 주입한 후 실온에서 약 2시간 동안 진탕·교반 하였으며, 교반이 끝난 시료는 4°C에서 2,500 rpm으로 원심분리 하여 상등액을 취해 집먼지 알러젠 측정을 위한 시료로 하였다. 집먼지 알러젠으로는 Der fl(INDOOR Biotechnologies, U.S.A)을 대상으로 하였으며, ELISA(Spectra max 340PC384, U.S.A)를 이용하여 405 nm에서 O.D(optical density) 값을 측정하여 알러젠 농도를 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 곰팡이 지수

곰팡이 센서를 이용하면, ‘곰팡이가 발육하는 환경’, ‘곰팡이는 발육하지 않지만 생존할 수 있는 환경’ 그리고 ‘곰팡이가 사멸하는 환경’에 대한 조사가 가능하며, 곰팡이 지수를 이용해 곰팡이가 서식하지 않더라도, 그 환경이 곰팡이가 발육하기 쉬울 수치로 나타낼 수 있는 장점이 있다.⁹⁾ Fig. 3은 곰팡이 센서를 일정 기간동

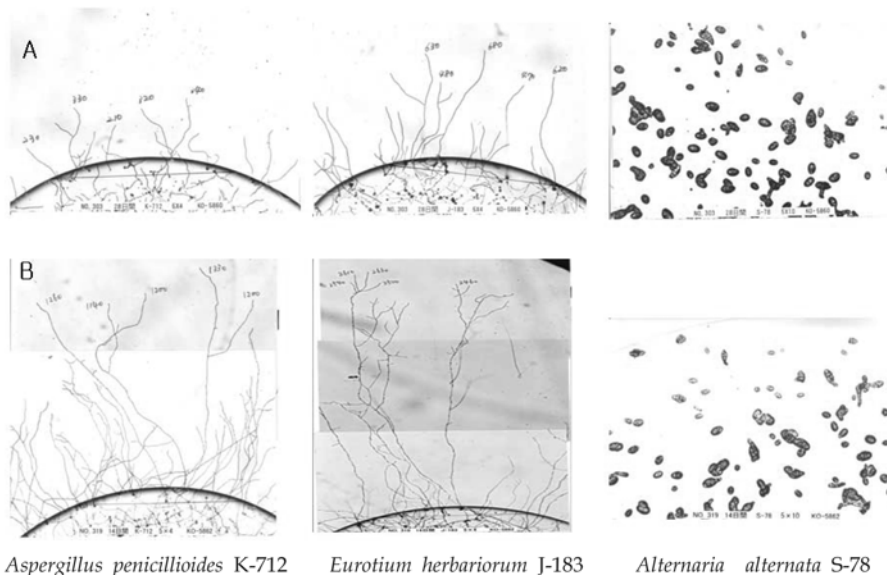


Fig. 3. Typical fungal responses to the environment. Figure A and B show hyphae that were developed in control and atopy patient's houses, respectively.

Table 1. Fungal Indices in the control and allergy patients' houses

| House | Room | Temperature Mean(Range) (°C) | Relative Humidity Mean(range) (%) | Fungal Index | Growth length of sensor fungus ^a | | |
|-----------|-----------------|------------------------------------|---|-----------------|---|--------------------|-------------------|
| | | | | | K-712 ^b | J-183 ^b | S-78 ^b |
| Control 1 | living room | 29.3(27.2-31.3) | 62.8(42-71) | 7.4 | ++ | +++ | - ^c |
| | bed room | | | 6.5 | ++ | +++ | - |
| | children's room | | | 5.5 | ++ | ++ | - |
| | kitchen | | | 8.0 | ++ | +++ | - |
| Control 2 | living room | 28.4(26.1-30.6) | 49.5(35-77) | 5.3 | + | ++ | - |
| | bed room | | | 8.1 | ++ | +++ | - |
| | children's room | | | <1.8 | - | - | - |
| | kitchen | | | <1.8 | - | - | - |
| Asthma 1 | living room | 25.3(20.0-29.5) | 62.3(47-82) | 35.4 | ++++ | +++++ | - |
| | bed room | | | 12.3 | +++ | ++++ | - |
| | children's room | | | 14.2 | +++ | ++++ | - |
| | kitchen | | | 9.2 | ++++ | ++ | - |
| Asthma 2 | living room | 26.9(23.4-32.0) | 66.4(43-79) | 26.9 | ++++ | +++++ | - |
| | bed room | | | 35.0 | +++++ | +++++ | - |
| | children's room | | | 11.8 | +++ | +++ | - |
| | kitchen | | | 4.6 | + | + | - |
| Atopy 1 | living room | 28.2(26.3-30.4) | 60.7(39-78) | 10.6 | +++ | ++++ | - |
| | bed room | | | 11.9 | ++ | ++++ | - |
| | children's room | | | 8.5 | ++ | +++ | - |
| | kitchen | | | 4.9 | ++ | ++ | - |
| Atopy 2 | living room | 28.2(26.0-30.5) | 67.7(42-84) | 8.0 | +++ | +++ | - |
| | bed room | | | 4.5 | ++ | ++ | - |
| | children's room | | | 10.4 | +++ | ++++ | - |
| | kitchen | | | 9.5 | ++ | ++++ | - |

^a+++++ : >2,000 μm , ++++ : 2,000-1,000 μm , +++ : 1,000-500 μm , ++ : 500-200 μm , + : <200 μm .

^bSensor fungus K-712, J-183 and S-78 indicates *Aspergillus penicillioides*, *Eurotium herbariorum*, *Alternaria alternata*, respectively.

^cNo spore germination.

안 환경에 노출시킨 후에 현미경을 통해 균사장을 계측한 사진이다. *Aspergillus penicillioides* K-712와 *Eurotium herbariorum* J-183은 포자 분산 spot의 가장 자리로부터 균사 침착까지의 균사 길이를 계측하였으며, *Alternaria alternata* S-78의 경우에는 포자가 발아되지 못한 것을 나타낸 것이다.

Table 1은 천식과 아토피 환자 가정 그리고 건강인의 대조가정에서 온·습도와 균사의 길이 및 곰팡이 지수를 측정된 결과이다. +++++은 증식된 균사장이 2,000 μm 이상을, ++++, +++, ++는 균사장이 각각 2,000-1,000 μm , 1,000-500 μm , 500-200 μm 를 나타낸 것이며, +는 균사의 길이가 200 μm 이하인 것을 나타낸다. (-)는 곰팡이 포자가 발아되지 못하여 균사가 성장

하지 못한 것으로 음성으로 판정하였다. 대조군에서 증식된 *Aspergillus penicillioides* K-712와 *Eurotium herbariorum* J-183의 균사장은 각각 113~410 μm , 360~860 μm 였으나 천식 환자 가정에서는 *Aspergillus penicillioides* K-712의 경우 150~2,440 μm , *Eurotium herbariorum* J-183의 경우에는 86~5,162 μm 까지 증식되어 대조군에 비해 균사장이 매우 긴 것으로 나타났다. *Alternaria alternata* S-78의 경우에는 조사 대상 전 가정에서 발아되지 않았다. 곰팡이 지수 또한 천식 환자 가정이 대조 가정에 비해 비교적 높게 나타났으며, 특히 거실의 경우에는 대조 가정에 비해 4~7배 높은 값을 나타냈다. 곰팡이 지수와 곰팡이 오염 가능성의 관계는 곰팡이 지수가 '0.1~3.9 : 가능성이 낮음',

‘4.0~14.9 : 가능성이 있음’, ‘15.0~59.0 : 가능성이 높음’, ‘>60 : 가능성이 극히 높음’이라고 판정하고 있다.

Abe 등³⁾이 본 조사와 동일한 곰팡이 센서를 이용해 주택에서 곰팡이 지수를 측정할 결과 모든 측정지점에서 <0.9~4.6으로 나타나 곰팡이 오염 가능성이 낮은 것으로 조사되었으나 본 조사의 경우 대조군에서도 곰팡이 지수가 4.0 이상으로 나타나 오염 가능성이 있었으며, 천식 가정의 거실은 곰팡이에 의한 오염 가능성이 매우 높은 것으로 평가되었다. 곰팡이 종류별로는 *Eurotium*이 *Aspergillus*에 비해 그 증식속도가 약간 빠른 것으로 조사되었다. *Eurotium*에 의한 곰팡이 지수는 상대습도가 74~94%에서 거의 선형적으로 증가되나, 상대습도 95% 이상의 고습 환경과 상대습도 73% 이하의 저습환경에서는 발육 속도가 저하된다고 한다. 반면 *Aspergillus*는 상대습도가 73% 이하에서, *Alternaria*의 경우에는 95% 이상의 상대 습도에서 가장 높은 감도를 나타낸다고 한다.³⁴⁾ 곰팡이는 포자를 가지고 있어 공중 비산량이 화분이나 집먼지 보다 훨씬 많고 진균천식(mold-induced asthma)의 원인이 되고 있다. 현재까지 약 10만종이 넘는 진균이 알려져 있는데 이 중에서 인체에 알러지성 호흡기 질환을 일으킬 수 있는 항원으로 알려진 것은 Phycmycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes 등이 있다. 이중에서 Deuteromycetes는 일명 불완전 진균(fungus imperfection)이라 하며 *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium* 등이 여기에 속한다. 하지만 진균은 진균 추출물의 표준화나 채집방법, 배양 및 동정 등의 문제점이나 여러 진균간의 교차 항원성(cross allergenicity)으로 인해 측정뿐만 아니라 평가에도 많은 어려움이 있어 왔다.⁶⁷⁾ 하지만 본 연구에 사용된 곰팡이 센서와 같이 선택적 곰팡이 포자를 표준센서로 사용한 결과 천식환자 가정의 환경은 알러지성 호흡기 질환의 원인이 될 수 있는 *Aspergillus*가 발육하기 쉬운 환경이며, 호흡성 곰팡이 *Alternaria*는 증식이 어려운 것으로 평가되었다. 한편 온도와 습도는 평균 25.3~29.3°C, 60~68%로 조사대상 가정 간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 온도와 습도만을 고려했을 때 *Alternaria*의 증식은 어려울 것으로 판단되었다.

2. 곰팡이 농도 및 집먼지 진드기 알러젠

기관지 천식은 원인에 따라 내인성과 외인성으로 구분되며, 외인성인 알러지성 천식은 집먼지 진드기, 먼지, 꽃가루, 동물의 비듬, 깃털, 음식, 합성약품 등과 같은 외적 요인에 의한 것으로 알려져 있다. 이중 우리나라의 경우 성인 천식환자의 약 60% 이상이 집먼지 진

Table 2. Concentrations of viable fungi and dust mite allergen in the control and atopy patients' houses

| House | Temperature (°C) | Relative Humidity (%) | Fungi (CFU/m ³) | Der fl (ng/g) |
|-----------|------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|
| Control 1 | 28.9 | 44 | 106 | 734 |
| Control 2 | 27.0 | 37 | 126 | 457 |
| Asthma 1 | 27.7 | 68 | 90 | 1,127 |
| Asthma 2 | 24.7 | 46 | 115 | 11,955 |
| Atopy 1 | 28.1 | 76 | 72 | 4,785 |
| Atopy 2 | 27.7 | 61 | 146 | 1,995 |

드기 항원에 의한 것으로 보고되고 있다.^{8,10)} 또한 곰팡이는 천식이나 알러지의 원인이 될 뿐만 아니라 피부 독성이나 발암성을 가진 *alternariols*, *chaetoglobosins*, *mycophenolic acid*, *satratoxin*, *sterigmatocystins* 등의 곰팡이 독(mycotoxin)을 생성하는 것으로 알려지고 있다.^{11,12)} Table 2는 곰팡이 센서 설치 기간 중에 조사대상 가정의 거실 실내 공기중에서 부유 곰팡이, 침구 면지에서 집먼지 진드기 알러젠을 측정할 결과이다.

집먼지 진드기 알러젠의 경우 천식뿐만 아니라 아토피 환자 가정에서도 대조군에 비해 매우 높은 수치를 나타냈다. 집먼지 진드기 알러젠은 2,000 ng/g 이상에서 감작(sensitization)을 일으키며, 10,000 ng/g 이상이면 천식증상이 유발되는 것으로 알려져 있다.¹³⁾ 본 연구의 경우 곰팡이 지수가 26.9인 천식환자 가정에서 천식 증상을 유발할 수 있는 농도인 11,995 ng/g의 알러젠이 검출되었으며, 곰팡이 지수가 10.6인 아토피 환자 가정에서는 감작을 일으킬 수 있는 농도가 검출되었다. 이는 동일한 환경조건에서는 곰팡이와 집먼지 진드기의 증식 정도가 유사할 것이라는 가능성을 나타낸 것으로 생각된다. 한편 최근 Goplen 등¹⁴⁾의 연구에 따르면 집먼지 진드기 알러젠과 *Aspergillus*가 공존하는 경우에는 상승적인 작용에 의해 천식환자의 증상을 더욱 악화시키는 것으로 보고되고 있다. 그러나 공기중 부유 곰팡이의 경우에는 대조군과 환자 가정 간에 별다른 차이를 보이지 않았으며, 김 등^{15,16)}이 사무실 및 아파트 등에서 측정할 진균 농도에 비해 낮게 나타났다. 그러므로 한 시점에서 단시간동안 포집되어 측정된 곰팡이 결과로 주거환경을 평가하는데는 어려움이 있으므로 곰팡이 센서 등 새로운 방법을 통해 주거환경을 평가하는 방법을 검토하여야 한다. 미국 환경청의 경우에도 최근 주거환경이 곰팡이에 오염된 정도를 나타내기 위한 지표로서 ERMI(Environmental Relative Moldiness Index)를 개발하였으며 이 상대지표가 노출평가를 위한 유용한 지표가 될 수 있는지에 대한 연구도 진행하고 있다.¹⁷⁾

IV. 결 론

본 연구는 곰팡이 지수(Fungal Index)를 이용하여 알레르기성 천식이나 아토피성 피부염 환자가 있는 가정의 주거 환경 특성을 파악하고 이러한 환경에서 곰팡이 센서(Fungal detector)의 적용 가능성을 평가해 보고자 수행되었다. 표준 센서 곰팡이 *Aspergillus penicillioides* K-712과 *Eurotium herbariorum* J-183에 대한 곰팡이 지수는 천식환자 가정에서 4.6~35.4로 대조군의 <1.8~8.1에 비해 비교적 높게 나타나 곰팡이 오염 가능성이 높은 환경으로 평가되었다. 또한 집먼지 진드기 알러젠도 곰팡이 지수가 26.9인 천식환자 가정에서 11,995 ng/g, 곰팡이 지수가 10.6인 아토피 환자 가정에서 4,785 ng/g이 검출되어 곰팡이가 증식하기 쉬운 환경에서는 집먼지 진드기도 증식하기 쉬우며, 곰팡이 지수를 집먼지 진드기 서식량의 간접적인 지표로도 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 아주 일부의 시료만을 대상으로 곰팡이 센서의 적용 가능성을 검토한 case-study이므로 시료 및 조사대상 곰팡이 종류를 다양화한 평가가 향후 수행될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 고려대학교 교내 특별연구비(과제번호 K0617571)와 환경부 차세대 환경기술개발 사업 연구비 지원에 의해 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Abe, K., Nagao, Y., Nakada, T., Sakuma, S. : Assessment of indoor climate in an apartment by use of a fungal index. *Applied and Environmental Microbiology*, **62**(3), 959-963, 1996.
2. Abe, K. : Fungal Contamination Causing adverse effects on human health-detection of its liability in dwellings. Proceedings of Japan-Canada Housing R&D Experts Working Group Meeting #4, 269-278, 2003.
3. Abe, K., Nakai, S., Yanagisawa, Y. : Fungal index in dwelling environments. Proceedings : Healthy Buildings 2003, 649-654, 2003.
4. Akiyama, K. : Fungal allergy in the indoor environment. *Indoor Environment*, **10**(1), 11-16, 2007.
5. Abe, K. : Assessment of the environmental conditions in a museum storehouse by use of fungal. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **64**, 32-40, 2010.
6. Roaa, M. A. : Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosol. *Allergy*, **55**, 705-711, 2000.
7. Kim, Y. H. : Development of human monitoring and management systems for asthma, allergy and sick building syndrome caused by air pollutants using immunological and family unit methodology, Report of Ministry of Environment, 43-48, 2008.
8. Moon, K. W., Byeon, S. H., Choi, D. W., Kim, Y. W., Lee, J. H., Lee, E. I. : Exposure assessments on biological contaminants in homes of allergy patients - bacteria, fungi, house dust mite allergen and endotoxin. *Journal of Environmental Health Sciences*, **31**(2), 120-126, 2005.
9. Abe, K. : Comparison of a measured fungal index determined using fungal growth and computed fungal index based on temperature and relative humidity. *Journal of Society of Indoor Environment, Japan*, **9**(1), 17-24, 2006.
10. Lee, I.-S., Moon, J.-S. : Dwelling environment of bronchial asthma patients and the amount of house dust mite allergens. *Journal of Korean Public Health Association*, **28**(2), 188-197, 2002.
11. Park, J.-H. : Exposure assessment of biological agents in indoor environments. *Journal of Environmental Health Sciences*, **35**(4), 239-248, 2009.
12. The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology : Asthma and Allergic Diseases, KoonJa Publishing Co., 99-106, 2002.
13. Platts-Mills, T. A., Hayden, M. L., Chapman, M. D. : Seasonal variation in dust mite and grass-pollen allergens in dust from the houses of patients with asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **79**, 781-791, 1987.
14. Goplen, N., Karim, M. Z., Liang, Q., Gorska, M. M., Rozario, S., Guo, L., Alam, R. : Combined sensitization of mice to extracts of dust mite, ragweed, and *Aspergillus* species breaks through tolerance and establishes chronic features of asthma. *Journal of Allergy Clinical Immunology*, **123**(4), 925-932, 2009.
15. Kim, K. Y., Roh, Y. M., Kim, Y. S., Lee, C. M., Sim, I. S. : Profile of airborne microorganisms distributed in general offices. *Journal of Korean Society of Occupational Environmental Hygiene*, **18**(1), 11-19, 2008.
16. Kim, Y. K., Kim, K. E., Lee, H. H., Park, K. H., Lee, Y. J., Lee, K. Y. : Distribution of fungus spores in the air of outdoors, indoors(apartment) and underground markets during summer (June, July and August, 1995). *Journal of the Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease*, **6**(2), 123-135, 1995.
17. Vesper, S., McKinstry, C., Haugland, R., Wymer, L., Bradham, K., Ashley, P., Cox, D., Dewalt, G., Friedman, W. : Development of an environmental relative moldiness index for US homes. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **49**, 829-833, 2007.