Vol.35, No.4, pp.482-492, 2023

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

pISSN 2233-8322, eISSN 2508-870X
https://doi.org/10.22698/jales.20230038

국립수목원 열대식물원 인공 환경내 미생물(곰팡이) 분석 및 유해성 조사

김상우[1*], 안태현[2], 김현진[3], 진혜영[4], 박장우[5], 김미혜[6], 김미정[7], 박미리[8]

[1](재)철원플라즈마산업기술연구원 선임연구원, [2]국립수목원 주무관, [3]국립수목원 연구관, [4]국립수목원 과장, [5](주)오상킨섹트 실장, [6](주)오상킨섹트 과장, [7](주)오상킨섹트 팀장, [8](재)철원플라즈마산업기술연구원 본부장

Studies on Fungal Isolates from Artificial Environments of Korean National Arboretum Tropical Exhibition that are Pathogenic to Humans

Sang Woo Kim[1*], Tai Hyeon Ahn[2], Hyun Jin Kim[3], Hye young Jin[4], Jang Woo Park[5], Mi Hye Kim[6], Mi Jeong Kim[7], Mi-Ri Park[8]

[1]Researcher, Cheorwon Plasma Research Institute, Cheorwon, Gangwon-do 24047, Korea
[2]Researcher, Korea National Arboretum, Pocheon, 11186, Korea
[3]Senior Researcher, Korea National Arboretum, Pocheon, 11186, Korea
[4]Director, Korea National Arboretum, Pocheon, 11186, Korea
[5]Department Head, OsangKinsect Co., Ltd., Namyangju, 12090, Korea
[6]Manager, OsangKinsect Co., Ltd., Namyangju, 12090, Korea
[7]Team leader, OsangKinsect Co., Ltd., Namyangju, 12090, Korea
[8]General Manager, Cheorwon Plasma Research Institute, Cheorwon, Gangwon-do 24047, Korea

***Corresponding author:** Sang Woo Kim (E-mail: swkim@cpri.re.kr)

Received: 9 September 2023
Revised: 6 November 2023
Accepted: 23 November 2023

A B S T R A C T

This study was conducted to investigate the types and harmfulness of fungal strains through investigation of biological harmful factors. Fungi were isolated from aerosols, walls, windows, and soil samples in the tropical plant exhibition hall of the Korean National Arboretum Tropical Exhibition. Fungal isolates were identified using internal transcribed spacer (ITS) sequence analysis through Macrogen, Korea. In total, 74 fungal isolates were isolated. Among them, 9 fungal isolates were human pathogenic, 12 were phytopathogenic, and 4 were beneficial. *Penicillium* sp. was the most identified fungal isolate among the isolated fungal isolates. Additionally, *Chaetomium* spp., *Cladosporium* spp., and *Aspergillus* spp were also discovered, which are reported as harmful molds causing allergic reactions such as asthma and aspergillosis in humans. Moreover, these harmful molds have severe effects on the elderly and children with weak immunity. Studies regarding the development of a database of fungi beneficial and harmful to plants and humans are necessary. This study was conducted to gather inputs to build such a database containing holistic information and a brief categorization of fungal isolates and to add useful insights in the analysis of beneficial and harmful fungal isolates from different sources.

Keywords: Fungi, Harmful fungal, Molds, Phytopathogenic

© Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

전 세계적으로 산업화의 가속 및 생활수준의 발달로 실내 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 바이오 에어로졸은 실내 환경에서 유해물질로 알려진 포름알데하이드, 석면, 라돈, 미세먼지 등의 독성 물질과 함께 2000년대 초반부터 선진국에서 유해 물질로 주목받고 있다(Koh et al., 2007). 바이오 에어로졸은 죽은 생명체 또는 살아있는 생명체로부터 유래하는 단편(fragment), 입자, 독소(toxin) 등으로서 정의되고 있다(Anthony et al., 2001; Chatigny and Macher, 1989). 최근에는 특히 미생물에서 발생되는 유해요소의 경우 낮은 농도에 노출이 되면 호흡기계 점막의 자극, 발열, 오한을 일으킬 수 있고(Siersted and Gravesen, 1993) 높은 농도에서는 천식, 기도와 폐포염증, 폐 기능 장애를 초래할 수 있다고 보고되어 있다(Burge, 1990; Owen et al., 1992).

곰팡이(진균)는 실내환경에 존재하는 대표적인 생물학적 유해인자로서 알려져 있으며 공기 중에 부유하여 인체의 호흡기, 점막부위, 피부 등에 접촉할 경우 천식, 폐렴, 감염성질환, 알레르기성질환, 아토피 피부염 등을 유발시킬 수 있는 것으로 보고되어 있다(Lacey and Crook, 1988; Marks and Banks, 1994). 코로나19 이후 생태관련 전시관 및 식물원 등 관람시설의 관람객 증가에 따른 전시시설 내 생물학적 유해요소에 대한 탐색과 대응이 시급하다. 국립수목원 내 열대식물자원연구센터와 같은 온도·습도 등이 사계절 일정하게 유지되는 인공 환경 조건은 특히 인체에 유해한 곰팡이의 증식에 매우 유리한 조건이라 할 수 있다. 그러나 실제 우리나라 실내 환경에 존재하는 부유 곰팡이의 종류와 그 위해성에 관한 연구 조사 자료가 매우 부재하여 부유 곰팡이의 오염으로 인한 유해도 평가가 어려운 실정이며, 이에 따라 오염원의 규명 및 저감을 위한 대책 마련 또한 힘든 형편이다(huh et al., 2012). 그리고 현재 관리법상으로 실내 공기질을 측정할 때 높은 농도로 검출되는 곰팡이에 대한 관리가 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다(Joo et al., 2013).

병원성 곰팡이는 인체에 감염하여 여러 가지 질환을 일으키고 심하면 생명을 위협하기도 한다. 또한 공기 중에 부유하지 아니하더라도 실내에 서식하면서 악취와 미관훼손, 그리고 mVOC(microbial volatile organic compounds) 물질을 발생시켜 두통과 불쾌감을 유발하고 집중력 저하와 더불어 작업에 대한 의욕을 감퇴시킬 수 있으며 음식이나 급수에 오염이 될 경우 식품의 부패와 더불어 식중독을 일으킬 수 있고, 실내 애완동물 및 식물에 감염하여 병을 일으키기는 것으로 알려져 있다(Kwon et al., 2010). 특히 인체에 대한 위협은 건강한 성인에 비하여 면역성이 약하거나 방어 능력이 부족한 영유아, 노인, 환자 등에 건강상으로 악영향을 주기 때문에 집중적인 관리가 필요한 실정이다(Hu et al., 1997).

본 연구는 국립수목원 전시원 내 생물학적 환경 유해요소 특히 곰팡이에 대한 종 분석 및 유용 미생물 등 생물자원 확보 및 활용에 대한 연구를 통해 생태 전시시설의 유해인자(곰팡이 등) 관리 기술에 대한 기초 연구 데이터를 축적하고자 수행되었다.

재료 및 방법

에어졸 시료 샘플 수집 및 분리

국립수목원 열대식물원의 공기 중 곰팡이 종류 및 유해성 곰팡이 분리를 위하여 실시하였다. 샘플 채집은 2회에 걸쳐 열대식물원 내 공기중 곰팡이 포자를 채집하였다. Potato dextrose agar(PDA, 39 g/L, MBcell, USA) 배지를 이용하여 공기 중의 포자를 채집하였으며, 채집 방법은 실험실에서 미리 준비한 PDA 배지를 지정된 장소(10개 지역)에

페트리 디쉬 뚜껑을 열어두고 10 – 15분간 중력에 의하여 떨어지는 곰팡이 포자를 수집하였다. 곰팡이 포자 수집은 2개 plate를 이용하여 수집하였다. 수집된 곰팡이 포자 plate를 25°C 인큐베이터에서 3일 – 5일 동안 배양하면서 생성된 콜로니를 모양 및 색 등의 형태적 특성에 따라 순수분리하였다. 순수분리는 PDA 배지를 이용하였으며, 단일 콜로니 분리를 위하여 1 – 3차까지 순수분리하였다. 각각 순수분리된 곰팡이 균주는 20% glycerol stock을 제작하여 (재)철원플라즈마산업기술연구원 식물병리 실험실에 -80°C에 보관하면서 동정 분석 및 추후 실험에 사용하기 위하여 장기 저장중에 있다.

멸균 면봉을 이용한 곰팡이 균체 수집 및 분리

국립수목원 열대식물원의 벽면, 유리 창틀, 화분, 고사목 등에서 육안으로 확인하여 곰팡이 균체로 의심되는 샘플을 멸균 면봉을 이용하여 샘플을 채집하였다. 샘플 채집은 1차: 6월 8일, 2차: 8월 31일 2회에 걸쳐 열대식물원 내 채집을 실시하였다. 채집된 샘플은 순수분리를 위하여 멸균 면봉 샘플은 1× PBS 버퍼를 이용하여 serial dilution 하여 도말 평판법으로 순수분리를 진행하였으며, 배지의 경우 곰팡이는 항생제 첨가 PDA 배지를 이용하였고, 곰팡이 순수분리 후 colony 형성 모양 및 색 등의 형태적 특성에 따라 미생물 분리하였으며, 순수분리된 곰팡이 균주는 단일 콜로니 분리를 위하여 1 – 3차까지 순수분리하였다. 각각 순수분리된 곰팡이 균주는 20% glycerol stock을 제작하여 (재)철원플라즈마산업기술연구원 식물병리 실험실에 -80°C에 보관하면서 동정 분석 및 추후 실험에 사용하기 위하여 장기 저장중에 있다.

열대식물원 토양 샘플 수집 및 곰팡이 분리

국립수목원 열대식물원의 토양에서 곰팡이를 분리하여 공기 및 면봉 샘플과 비교하기 위하여 토양 샘플 역시 분리를 실시하였다. 샘플 채집은 8월 31일 전시원 내 토양을 채집하였으며, 토양 샘플은 표층으로 부터 15cm 아래 토양을 채집하여 실시하였다. 채집된 샘플은 순수분리를 위하여 serial dilution 하여 도말 평판법으로 순수분리를 진행하였으며, 배지의 경우 곰팡이는 항생제 첨가 PDA 배지를 이용하였고, 곰팡이 순수분리 후 colony 형성 모양 및 색 등의 형태적 특성에 따라 미생물 분리하였으며, 순수분리된 곰팡이 균주는 단일 콜로니 분리를 위하여 1 – 3차까지 순수분리하였다. 각각 순수분리된 곰팡이 균주는 20% glycerol stock을 제작하여 철원플라즈마산업기술연구원 식물병리 실험실에 -80°C에 보관하면서 동정 분석 및 추후 실험에 사용하기 위하여 장기 저장 중에 있다.

순수분리된 곰팡이 균주의 동정 및 유해성 조사, 계통 분석

국립수목원의 열대식물원 내 에어졸 및 면봉 샘플에서 분리된 곰팡이 균주는 유해성 조사를 위하여 동정을 진행하였다. 균주 동정은 18s rRNA 분석을 통하여 분석하였다. 동정은 universal primer set(NS1-5’GTAGTCATATGCT-TGTCTC3’; NS24- 5’TCCGCAGGTTCACCTACGGA3’)을 이용하여 유전자를 증폭한 후, 염기서열을 분석하였다(White et al., 1990). 분석된 결과를 NCBI Genbank의 BLAST 검색을 통하여 98% 이상 상동성이 있는 균주와 매칭하여 동정하였다. 열대식물원 내 10개 샘플에서 분리 동정된 곰팡이 균주의 유해성은 문헌 검색을 통하여 조사하였다. 또한, 3가지 샘플에서 공통적으로 분리된 곰팡이에 대하여 계통분석을 실시하였으며, MEGA program(Ver. 11)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

에어졸 시료 샘플 곰팡이 분리 및 유해성 조사 결과

국립수목원 에어졸 샘플 10개에서 분리한 곰팡이는 63개 균주이며, 중복되는 균주를 제외하고 18속 23개 균주가 발견되었다. 이중 유해곰팡이 7종이며, 유용곰팡이 1종, 식물병원균은 7종, 부생균은 2종이 분리되었다. 유해곰팡이에는 *Alternaria* sp., *Chaetomium globosum*, *Cladosporium bruhnei*, *Cladosporium* sp., *Cladosporium sphaerospermum*, *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium* sp. 등이 발견되었으며, 이들은 사람에게 비염, 천식, 조갑진균증, 호흡기질환 등 알레르겐으로 작용하여 알레르기 반응을 일으키는 유해성 곰팡이며, 특히 면역력이 약해진 사람에게 유발율이 높은 것으로 보고되었다(Geiser, 2009; Provost et al., 2013; Sandhu et al., 1964). 유용곰팡이의 경우 자작나무에서 주로 발견되는 *Lenzites betulinus*로 버섯류에 속하며, 식용은 불가능하나 항산화, 항균, 항종양 등에 효과가 있는 것으로 보고되었다(Fujimoto et al., 1994). 식물병원성 곰팡이의 경우 *Colletotrichum coccodes, Colletotrichum gloeosporioides, Colletotrichum* sp., *Phoma medicaginis, Phoma* sp. 등이 발견되었으며, *Colletotrichum* spp.는 토마토, 가지, 고추 등 가지과 작물에 탄저병을 *Leptosphaerulina* sp.는 잔디 마름병, *Phoma* spp.는 넓은 기주범위의 점무늬병을 일으키는 병원성 곰팡이가 분리되었다(Cannon et al., 2012; Guo et al., 2016). 부생균의 경우 *Schizophyllum* sp.는 흔하게 발견되는 부생균으로 셀룰로오스, 리그닌 등 난분해성 물질을 분해하는 것으로 보고되어있다(Cho et al., 1996)(Table 1).

멸균 면봉을 이용한 곰팡이 균체 채집 및 분리 및 유해성 조사 결과

국립수목원 멸균 면봉 샘플 10개에서 분리한 곰팡이는 27개 균주이며, 중복되는 균주를 제외하고 14속 17개 균주가 발견되었다. 이중 유해곰팡이 6종이며, 유용곰팡이 3종, 식물병원균은 3종이며 부생균은 분리되지 않았다. 유해곰팡이에는 *Aspergillus* sp., *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium* sp. 등이 발견되었으며, 이들 균주 역시 사람에게 천식, 아스페르길루스증 등 알레르겐으로 작용하여 알레르기 반응을 일으키는 유해성 곰팡이며, 특히 면역력이 약해진 사람에게 유발율이 높은 것으로 조사되었다(Benndorf et al., 2008; Cloherty, 2012; Da Costa et al., 1998; Fang and Latgé, 2018; Han et al., 2019; Lyratzopoulos et al., 2002; Ng et al., 2012; Segal, 2009). *Aspergillus spp.*의 경우 벽면과 토양에서 분리되었으며, 공기 중에서는 분리되지 않았다. 유용곰팡이는 *Albifimbria verrucaria, Phialemonium inflatum* 2종은 선충에 효과가 있는 것으로 보고되었으며, *Xylariaceae* sp.의 경우 리그닌을 분해하는 것으로 보고되었다(Tang et al., 2009). 식물병원성 곰팡이의 경우 *Colletotrichum musae*는 바나나에 탄저병을 일으키며, *Phaeoacremonium griseo*-olivaceum는 포도, 올리브에 시들음병을 일으키고 *Phaeosphaeria* sp.는 밀에 병을 일으키는 것으로 보고되었다(Miyake, 1909)(Table 2).

열대식물원 토양 샘플 곰팡이 분리 및 유해성 조사 결과

국립수목원 토양 샘플 2개에서 분리한 곰팡이는 17개 균주이며, 중복되는 균주를 제외하고 10속 12개 균주가 발견되었다. 이중 유해곰팡이 5종이며, 유용곰팡이 1종, 식물병원균은 1종이며 부생균 1개 균주가 분리되었다. 유해곰팡이에는 *Alternaria* sp., *Aspergillus* spp., *Chaetomium globosum*, *Cladosporium* spp., *Penicillium* sp. 등이 발견되었으며, 토양에서 분리된 균주에서도 사람에게 아스페르길루스증(Ben-Ami et al., 2010; Dhingra and Cramer, 2017), 벽혈병 환자에게 2차 감염증, 알레르겐으로 작용하며, *Lomentospora prolificans*의 경우 항진균 내성을 가진 것으로 보

Table 1. List of fungi isolated from aerosol samples in Korea National Arboretum Tropical Pavilion

Isolation No.	Species	Similarity (%)	Blast_Accession number
AIR1-1	*Cladosporium* sp.	99	GU322367.1
AIR1-4	*Chaetomium globosum*	99	JN639019.1
AIR2-1	*Alternaria* sp.	100	MW881460.1
AIR2-2	*Cladosporium* sp.	100	GU322367.1
AIR2-3	*Phoma* sp.	99	MH047199.1
AIR2-5	*Cladosporium tenuissimum*	100	MZ330785.1
AIR3-1	*Neoconidiobolus thromboides*	99	OK302024.1
AIR3-3	*Cladosporium sphaerospermum*	100	KJ443070.1
AIR3-4	*Penicillium* sp.	99	ON876494.1
AIR4-1	*Colletotrichum coccodes*	99	MF376146.1
AIR4-2	*Colletotrichum* sp.	99	AB076801.1
AIR5-1	*Cladosporium* sp.	99	MH047202.1
AIR5-2	*Cladosporium tenuissimum*	99	MZ151072.1
AIR6-1	*Plectosphaerella* sp.	99	FJ430715.1
AIR6-2	*Cladosporium* sp.	99	MH047202.1
AIR6-3	*Schizophyllum* sp.	99	MW603607.1
AIR6-4	*Lenzites betulinus*	99	MT644927.1
AIR7-1	*Phoma* sp.	99	EF532930.1
AIR7-2	*Corynespora smithii*	100	KY984419.1
AIR7-3	*Cladosporium sphaerospermum*	99	KJ443070.1
AIR7-4	*Cladosporium tenuissimum*	99	MZ151072.1
AIR7-5	*Phaeosphaeria luctuosa*	99	KY090705.1
AIR7-6	*Myrothecium leucotrichum*	99	AJ301992.1
AIR7-7	*Corynespora smithii*	99	KY984419.1
AIR7-8	*Phoma* sp.	99	MH047199.1
AIR8-1	*Cladosporium bruhnei*	100	MH015009.1
AIR8-2	*Leptosphaerulina* sp.	100	KJ867215.1
AIR8-3	*Cladosporium tenuissimum*	100	MZ330785.1
AIR8-4	*Mucor* sp.	99	JF723691.2
AIR8-6	*Colletotrichum gloeosporioides*	99	DQ916151.1
AIR8-7	*Penicillium* sp.	99	ON876501.1
AIR8-8	*Cladosporium* sp.	99	GU322367.1
AIR9-1	*Penicillium* sp.	99	ON876491.1
AIR9-2	*Phaeosphaeria luctuosa*	99	KY090705.1
AIR9-3	*Cladosporium tenuissimum*	100	MZ330785.1
AIR9-4	*Cladosporium* sp.	100	GU322367.1
AIR9-8	*Phoma medicaginis*	99	DQ109961.1
AIR10-1	*Seimatoantlerium* sp.	99	AF346555.1
AIR10-2	*Cladosporium tenuissimum*	100	MZ330785.1
AIR10-3	*Penicillium* sp.	99	KF776918.1
AIR10-4	*Cladosporium* sp.	100	GU322367.1
AIR10-7	*Boeremia exigua*	99	MW205839.1
AIR10-8	*Colletotrichum* sp.	99	MK299420.1

Table 2. List of fungi isolated from cotton swab samples in Korea National Arboretum Tropical Pavilion

Isolation No.	Species	Similarity (%)	Blast_Accession number
CT1-1	*Penicillium* sp.	100	ON876491.1
CT1-2	*Aspergillus versicolor*	99	GU227343.1
CT1-3	*Aspergillus* sp.	99	MH071383.1
CT2-1	*Albifimbria verrucaria*	100	OP164654.1
CT2-3	*Phialemonium inflatum*	99	NG065530.1
CT3-1	*Phaeoacremonium griseo-olivaceum*	99	NG062065.1
CT3-2	*Penicillium* sp.	100	OK143215.1
CT3-3	*Cladosporium* sp.	100	MH047202.1
CT3-7	*Scolecobasidium* sp.	100	AB701668.1
CT4-2	*Penicillium* sp.	99	ON876494.1
CT4-3	*Cladosporium sphaerospermum*	100	KJ443070.1
CT4-4	*Xylariaceae* sp.	99	DQ022415.2
CT5-1	*Cladosporium tenuissimum*	99	MZ330785.1
CT6-2	*Paraphaeosphaeria* sp.	99	AB665311.1
CT6-3	*Roussoella intermedia*	99	KF443390.1
CT6-4	*Phaeosphaeria* sp.	99	KC790482.1
CT8-1	*Emericellopsis atlantica*	99	OL539742.1
CT9-1	*Penicillium* sp.	100	OK143215.1
CT10-1	*Dothideomycetes* sp.	98	JQ867364.1
CT10-4	*Colletotrichum musae*	99	OP010082.1

Table 3. List of fungi isolated from soil samples in Korea National Arboretum Tropical Pavilion

Isolation No.	Species	Similarity (%)	Blast_Accession number
S1-1	*Clonostachys rosea*	99	KP274071.1
S1-2	*Plectosphaerella* sp.	99	FJ430715.1
S1-4	*Lomentospora prolificans*	99	NG061299.1
S1-5	*Eimeriidae environmental*	99	EF023564.1
S1-7	*Fusarium oxysporum*	99	KU512835.1
S1-9	*Penicillium* sp.	99	OK143215.1
S2-2	*Aspergillus fumigatus*	99	KU512836.1
S2-4	*Acremonium pinkertoniae*	99	NG062816.1
S2-5	*Aspergillus* sp.	99	MH071383.1
S2-9	*Pithoascus langeronii*	96	GQ280421.1
S2-10	*Microascus* sp.	99	MN995481.1

고되어있다(Sayah et al., 2013). 유용곰팡이는 *Clonostachys rosea*은 토양에서 부생균으로 알려져 있으며, 곰팡이, 세균, 곤충 등의 유기 독성 물질을 생산하는 것으로 알려져 있고 생물적 해충 방제제로 관심이 많은 종으로 보고되었다(Toledo et al., 2006). 식물병원성 곰팡이의 경우 *Fusarium oxysporum*는 식물 병원성 곰팡이로 식물에 있어 기주범위가 광범위한 것으로 시들음병을 일으키며, 일부 다른 종은 인·축에 피해를 주는 독성을 만들어내는 것으로 보고되어있다(Lemanceau et al., 1993)(Table 3).

국립수목원 열대식물원에서 분리 동정된 균주에 대한 특성 분석

국립수목원에서 분리된 유해성 곰팡이의 경우 식물원 내 에어졸 샘플에서 분리된 곰팡이에는 인체에 유해한 곰팡이들이 다수 포함되어 있었으며, 일부 균주에서는 식물에 질병을 일으키는 식물 병원성 곰팡이가 분리되었다. 또한, 식물원에서 분리한 대부분의 인체 유해 곰팡이의 경우 면역력 저하 및 특정 질환(기관지질환)을 가진 사람과 현재 코로나 19 및 독감 등 여러 바이러스에 노출되어 면역력이 약해진 시점에서 치명적 질환으로 발전 가능성이 높다. 이를 방지하기 위해 주기적인 관리를 통하여 공기 중의 유해 곰팡이를 억제하는 것이 노약자 및 어린이 등 상대적으로 면역력이 약한 관람객의 안전을 위하여 필요하다고 판단된다. 열대식물원 내 공기, 벽면, 화분, 고사목, 유리창, 토양에서 분리된 균주 중에는 유용미생물로 보고된 종들이 분리되었으며, 이 균주들은 난분해성 물질을 분리하거나, 곤충(선충), 곰팡이, 세균 등에 효과가 있는 것으로 보고된 종들이 분리되었다. 이들을 이용하여 생물적 방제제 개발에 이용할 수 있을 것으로 판단되며 cellulose, lignin 등 난분해성 물질을 분해시키는 균주를 이용한다면 탄소중립의 중요한 시점에서 산림, 농업 등에서 발생하는 목질성 부산물 등에 이용하여 바이오매스 생산 효율을 높이는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 수집된 여러 샘플에서 식물병원성 곰팡이들이 분리되었으며, 넓은 기주범위를 가지는 균부터 특정 식물 또는 작물에 병을 일으키는 식물병원성 곰팡이들이 분리되었다. 또한, *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. 3개 균주에 대해서 각각의 샘플에서 분리된 균주들의 유연관계분석 결과 3가지 균주들이 근연종으로 이는 외부에서 유입된 것이 아닌 온실 내 토양, 벽면에 자생하면서 공기중으로 포자 등이 비산되는 것으로 판단된다 (Fig. 1, 2, 3). 국립수목원의 경우 국내외 식물종 보존 및 유지를 하는데 큰 역할을 하고 있는 만큼 식물에 발생하는 질

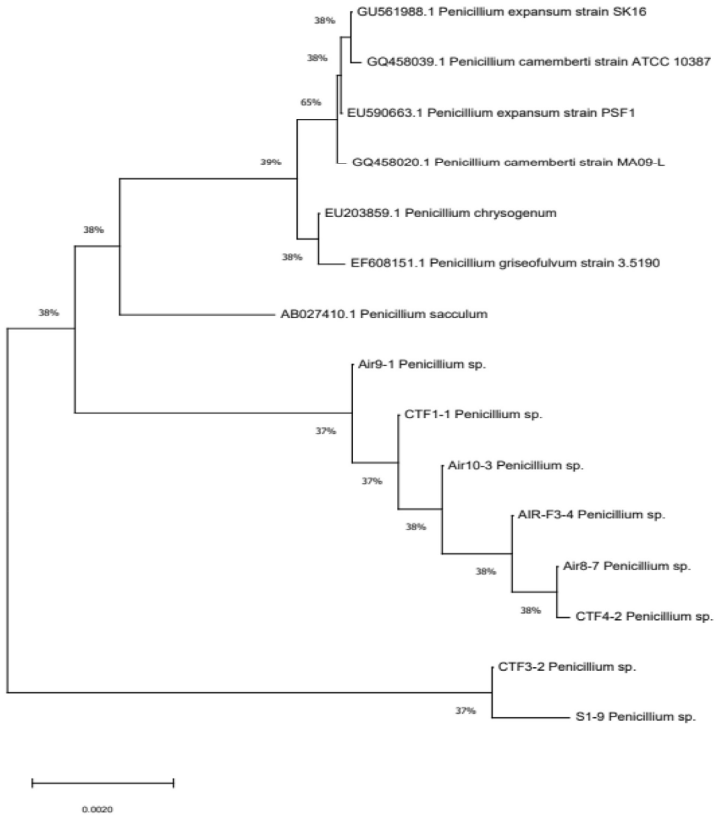

Fig. 1. A phylogenetic tree was constructed using *Penicillium* sp. Sequences of 15 species based on the maximum-likelihood (ML) model comparison with 1000 bootstrap replicates using MEGA 11.

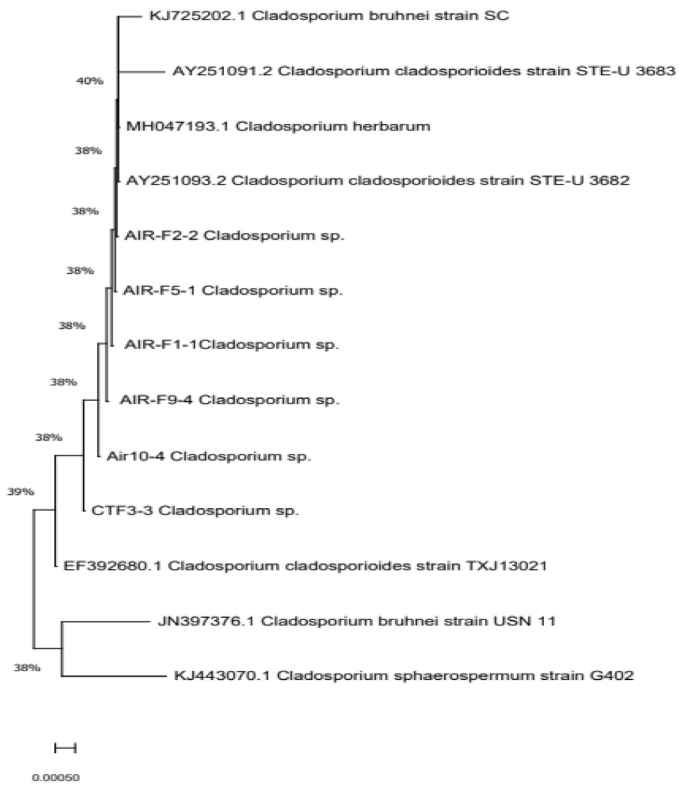

Fig. 2. A phylogenetic tree was constructed using *Cladosporium* sp. sequences of 13 species based on maximum-likelihood (ML) model comparison with 1000 bootstrap replicates using MEGA 11.

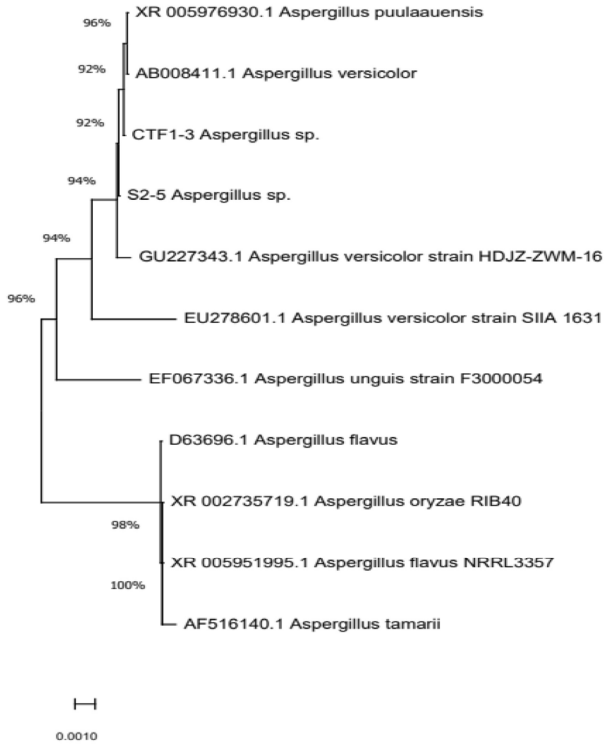

Fig. 3. A phylogenetic tree was constructed using *Aspergillus* sp. sequences of 11 species based on maximum-likelihood (ML) model comparison with 1000 bootstrap replicates using MEGA 11.

병에 대한 관리가 필요할 것으로 판단된다. 그리고 본 논문에서 기술한 내용은 국립수목원의 열대식물원 내 공기, 토양, 벽면 등의 샘플에서 일부 분리된 곰팡이를 대상으로 문헌조사를 통하여 얻어진 조사 내용이며, 앞으로 많은 조사와 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 국립수목원의 열대식물자원센터 내 열대식물원의 생물학적 유해인자(곰팡이 등)에 대한 조사를 통해 유해성 곰팡이 균주의 종류 및 유해성을 조사하고자 실시하였다으며, 열대식물원에서 에어졸, 벽면, 유리창, 토양 샘플에서 분리하였다. 분리된 곰팡이 균주는 Macrogen(Korea)의 ITS 염기서열 분석을 통해 동정되었습니다. 분석한 결과 74개 곰팡이를 분리하였으며, 인체 유해성 곰팡이 9종, 식물병원성 곰팡이 12종, 유용곰팡이 4종을 분리되었다. 열대식물원에서 분리된 병원성 곰팡이는 총 9종으로 이 중 공통으로 발견되는 유해성 곰팡이는 *Penicillium* sp.이 발견되었으며, *Chaetomium* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. 등이 발견되었다, 이들 균주들은 사람에게 천식, 아스페르길루스증 등 알레르겐으로 작용하여 알레르기 반응을 일으키는 유해성 곰팡이로 보고되고 있으며, 면역력이 약한 노약자나 어린이에게 위험한 곰팡이로 알려져 있다. 본 연구를 통하여 인체 유해성 곰팡이 조사 및 유해성 평가를 통해 안전한 관람 환경 조성을 위한 기초 데이터를 확보하고자 한다.

사 사

본 연구는 국립수목원(과제명: 기후변화 대응 전시원 산림생물다양성 증진 및 관리기반 구축)의 지원으로 수행된 연구임.

인용문헌(References)

Anthony, K. Y., Chan, C. K., Gilbert, Y. S. (2001) Characteristics of bioaerosol profile in office in Hong Kong. Build Environ 36:527-541.

Ben-Ami, R., Lewis R. E., Kontoyiannis, D. P. (2010) Enemy of the (immuno-suppressed) state: an update on the pathogenesis of Aspergillus fumigatus infection. Br J Haematol 150:406-17.

Benndorf, D., Muller, A., Bock, K., Manuwald, O., Herbarth, O., Bergen, M. (2008) Identification of spore allergens from the indoor mould *Aspergillus versicolor*. Allergy 63:454-60.

Burge, H. (1990) Bioaerosols: prevalence and healtheffects in the indoor environment. J Allergy Clin Immunol 86:687-701.

Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., Weir, B. S. (2012) *Colletotrichum*-current status and future directions. Stud Mycol 73:181-213.

Chatigny, M. A., Macher, J. M. (1989) Smpling air borne microorganisms. In: Hering SV, editor. Air sampling instruments. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 200-214.

Cho, S. M., Yu, S. H., Shin, G. C. (1996) Biological Activities of Culture Broth of Some Wood Rotting Basidiomycetes -Antimicrobial, plant growth regulatory, antitumor, and enzymatic activities-. KOR J MYCOL 24:17-24

Cloherty, J. (2012) Manual of neonatal care. Philadelphia: Wolters Kluwer Health. Lippincott Williams & Wilkins.

USA.

Da Costa, G. L., De Moraes, A. M., De Oliveira, P. C. (1998) Pathogenic action of *Penicillium* species on mosquito vectors of human tropical diseases. J Basic Microbiol 38:337-341.

Dhingra, S., Cramer, R. A. (2017) Regulation of Sterol Biosynthesis in the Human Fungal Pathogen *Aspergillus fumigatus*: Opportunities for Therapeutic Development. Front Microbiol 8:92.

Fang, W., Latgé, J. P. (2018) Microbe Profile: *Aspergillus fumigatus*: a saprotrophic and opportunistic fungal pathogen. Microbiology 164:1009-1011.

Fujimoto, H., Nakayama, M., Nakayama, Y., Yamazaki, M. (1994) Isolation and characterization of immuno suppressive components of three mushrooms, Pisolithus tinctorius, Microporus flabelliformis and Lenzites betulina. Chem Pharm Bull (Tokyo) 42:694-7.

Geiser, D. M. (2009) Sexual structures in Aspergillus: morphology, importance and genomics. Med Mycol 47:21-26.

Guo, K. F., Sun, J., Zhao, S. F., He, L. (2016) Black spot disease of Chinese jujube (Ziziphus jujuba) caused by Fusarium incarnatum in China. Plant Dis 100:529.

Han, Y. Z., Lu, Y. X., Wu, C. F., Fan, Z. W., Yang, Y. M., Shen, Q., Zhao, J. J., Zeng, B. (2019) First report of *Cladosporium tenuissimum* associated with leaf spot of alfalfa (*Medicago sativa*) in China. Plant Dis 103:1778-1778.

Hu, F. B., Persky, V., Flay, B. R., Richardson, J. (1997) An epidemiological study of asthma prevalence and related factors among young adult. J Asthma 34:67-76

Huh, E. H., Won, D. H., Moon, K. W. (2012) Trend in Study of Biological Pollutants in Indoor Air Quality in Korea. J Environ Health Sci 38:300-310.

Joo, S. W., Yang, S. I., Yoon, S. W., Kim, K. H., Cho, E. M., Jang, S. W., Cho, Y. S., Lee, C. M. (2013) Trend of study and distribution of concentration on airborne fungi in indoor environment in Korea. J Korean Soc Indoor Environ 10:27-41

Koh, Y. J., Gong, Y. W., Lee, J. M., Go, J. M., Kim, Y. H., Jegal, S. (2007) Distribution of Airborne Fungi in the Public Facilities. Korean Society for Environmental Sanitary Engineers 22:77-85

Kwon, M. H., Choi, K. H., Seo, S. Y., Ryu, J. M., Won, S. R., Lim, J. H., Ku, J. h., Jang, S. k., Han, J. S. (2010) A Study on management of major indoor air pollutants by house type in Korea (II) - Indoor air pollutants and health effects in residential detached and multiplex/terraced hous. National institute of environmental research. Incheon Korea.

Lacey, J., Crook, B. (1988) Review: fungal and actinomycete spores as a pollutants of the workplace and occupational allergens. Ann Occup Hyg 32:515-533.

Lemanceau, P., Bakker, P. A., De Kogel, W. J., Alabouvette, C., Schippers, B. (1993) Antagonistic Effect of Nonpathogenic Fusarium oxysporum Fo 47 and Pseudobactin 358 upon Pathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. dianthi. Appl Environ Microbiol 59:74-82.

Lyratzopoulos, G., Ellis, M., Nerringer, R., Denning, D. W. (2002) Invasive Infection due to *Penicillium* Species other than *P. marneffei*. J Infect 45:184-195.

Marks, P. J., Banks, D. E. (1994) The sick building syndrome. Immunol Allergy Clin North Am 14:521-535.

Miyake, I. (1909) Studies on the parasitic fungi of rice in Japan. The Phytopathological Society of Japan 23:85-97.

Ng, K. P., Yew, S. M., Chan, C. L., Soo-Hoo, T. S., Na, S. L., Hassan, H., Ngeow, Y. F., Hoh, C. C., Lee, K. W., Yee, W. Y. (2012) Sequencing of *Cladosporium sphaerospermum*, a Dematiaceous Fungus Isolated from Blood Culture. Eukaryotic Cell 11:705-706.

Owen, M. K., Ensor, D. S., Sparks, L. E. (1992) Airborne particle sizes and sources found in indoor air. Atmos Environ 26:2149-2162.

Provost, N., Shi, C., She, Y., Cyr, T., Miller, D. (2013) Characterization of an antigenic chitosanase from the

cellulolytic fungus Chaetomium globosum. Med Mycol 51:290-299.

Sandhu, D. K., Shivpuri, D. N., Sandhu, R. S. (1964) Studies in the air-borne fungal spores in Delhi. Their role in respiratory allergy. Ann Allergy 22:374-384.

Sayah, D. M., Schwartz, B. S., Kukreja, J., Singer, J. P., Golden, J. A., Leard, L. E. (2013) Scedosporium prolificans pericarditis and mycotic aortic aneurysm in a lung transplant recipient receiving voriconazole prophylaxis. Transpl Infect Dis 15:70-74.

Segal, B. H. (2009) Aspergillosis. N Engl J Med 360: 1870-1884.

Siersted, H. C., Gravessen, S. (1993) Extrinsic allerϖgic alveolitis after exposure to the yeastRhodotorula rubra. Allergy 48:298-299.

Tang, A. M., Jeewon, R., Hyde, K. D. (2009) A re-evaluation of the evolutionary relationships within the Xylariaceae based on ribosomal and protein-coding gene sequences. Fungal Diversity 34:127-155.

Toledo, A. V., Virla, E., Humber, R. A., Paradell, S. L., López Lastra, C. C. (2006) First record of Clonostachys rosea (Ascomycota: Hypocreales) as an entomopathogenic fungus of *Oncometopia tucumana* and *Sonesimia grossa* (*Hemiptera: Cicadellidae*) in Argentina. J Invertebr Pathol 92:7-10.

White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. pp.315-322. Academic Press, San Diego, California