

석조문화재 및 식물 착생 지의류의 화학적 방제를 위한 살균제 선발

김정아 · 정민혜 · 전해숙 · 고영진 · 허재선*

순천대학교 한국지의류연구센터

(2010년 7월 31일 접수, 2010년 8월 13일 수리)

Selection of Fungicide Against Lichen-forming Fungi for the Chemical Control of Lichen Colonization on Stone Heritages and Plants

Jung A Kim, Min Hae Jung, Hae-Sook Jeon, Young Jin Koh and Jae-Seoun Hur*

Korean Lichen Research Institute, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea

Abstract

Lichens, a symbiotic organism of fungi and algae, cause serious damage to national heritages of stone master piece and costly trees for gardening. The present study was conducted to screen effective fungicides against lichen-forming fungi to control the biological agents deteriorating stone heritages and trees. Five commercial fungicides (Fenarimol EC, Etridiazole EC, Iminoctadinetriacetate SL, Difenconazole+Iminocatadinetriacetate ME and Difenconazole+Azoxytrobin SC) were tested against the lichen-forming fungi (LFF) isolated from seven saxicolous (*Caloplaca* sp., *Ramalina* sp., *Xanthoparmelia* sp., and *Xanthoria* sp.) or corticolous (*Parmelia* sp.) lichen species. Preliminary screening test showed that no LFF could grow on the MY (malt-yeast extract) agar medium amended with the recommended concentrations of each fungicide. Further screening was conducted at 1%, 10% and 20% of the recommended concentrations of the fungicides. After 7 week incubation at 15°C in the dark, Difenconazole+Iminocatadinetriacetate ME and Difenconazole+Azoxytrobin SC completely inhibited the fungal growth of all the tested LFF, even at 1% of the concentration. Two fungicides of Fenarimol EC and Iminocatadinetriacetate SL exhibited a moderate inhibition activity at the lower concentrations. Etridiazole EC was less effective in the fungal growth inhibition than the other four fungicides. The results suggested that lichens colonizing on precious stone heritages and trees can be eradicated by applying Difenconazole+Iminocatadinetriacetate ME and Difenconazole+Azoxytrobin SC even 1% of the recommended concentrations. Selected fungicide application at such a low concentration will facilitate the chemical use to prevent and preserve stone heritages from biological deterioration induced by lichens and the allied microbes.

Key words chemical control, fungicide, lichen, lichen-forming fungi, stone heritage

서 론

석조유물은 선조로부터 석재로 전해진 것에 대한 모든 유물을 뜻한다. 특히 이들 가운데 조형이 우수하고 역사적으로 가치가 높은 다수의 석조유물들은 국보 및 보물로 지정되어

석조문화재로서 관리하고 있다. 대부분 야외의 노출된 환경에 있는 석조유물들은 이미 오랫동안 비, 바람, 습기, 심한 온도차 등의 환경 요인과 이끼, 지의류 등과 같은 미생물의 성장으로 원래의 모습과 달리 많이 훼손되고 있다. 오늘날의 환경오염으로 인해 석재의 특성 변화, 풍화, 침식 등의 과정이 빠르게 진행되어 훼손이 심각해지고 있다(정 등, 2007).

주변 환경요인의 변화로 일어나는 석조문화재의 물리·화학적인 훼손은 항상 생물학적인 훼손을 동반한다(최 등, 1999).

*연락처 : Tel. +82-61-750-3383, Fax. +82-61-750-3308

E-mail: jshur1@sunchon.ac.kr

육안으로는 쉽게 관찰되지 않으므로 무시되는 경우가 많으나, 물리·화학적인 훼손이 진행될 때 이미 미생물에 의한 훼손도 함께 진행되고 있는 것이다. 바위나 돌에 최초로 미생물들이 발생하게 되는 기원은 주변의 먼지나 토양으로부터 발생하게 되며, 미생물이 발생한 석재는 생물막 형성으로 인해 표면이 물리·화학적으로 손상될 뿐만 아니라 고등식물의 유입을 가속화 하여 훼손이 가중된다. 이는 석재의 외관을 왜곡하는 부가적인 손상으로 이어진다.

지의류는 주로 청정한 환경에 서식하는 생물로서 대기오염이 심각하지 않은 지역의 바위나 나무에서 부착되어 살아간다. 또한, 선태류와 함께 가장 빈번하게 나타나는 석재유물의 생물학적 손상요인의 원인이 된다(민, 2000). 지의류에 의해 분비되는 산성물질에 의한 화학적 요인은 석재 표면이 박리, 박락되는 손상을 일으키고, 지의류의 성장은 석재의 문양, 기록 및 조각 등 석조문화재의 미적 가치를 왜곡시키는 손상으로 발전된다. 또한 지의류는 석재 유물의 생물침해 현상의 1차천이자로서 2차천이의 환경을 조성해 주고, 이렇게 형성된 2차천이에 해당하는 수근식물은 양치식물을 포함하여 뿌리의 생장으로 근압이 발생하고, 유기산의 화학적 작용이 본격적으로 석재에 영향을 줄 수 있다. 따라서, 이러한 지의류에 의한 훼손은 사전·사후조치에 의해 방지와 제거가 가능한 부분이기 때문에 많은 연구와 관심이 요구되며, 특히 석재문화재의 주요 침해 생물인 지의류의 방제방법에 대한 연구는 선결되어야 할 것이다.

석조물 이외에도 자연상태에서 지의류가 부착하여 성장하는 관목이나 교목이 고사하는 것을 종종 관찰할 수 있다(오 등, 2007). 원인을 정확하게 알 수는 없지만 지의류가 정착하여 성장하는 과정에서 식물체 고사가 발생한다는 가설(Hale, 1983)과, 식물체가 다른 이유로 먼저 고사되기 시작하면서 식물체 잎이 제거되고 따라서 다량의 광을 필요로 하는 지의류가 서식하기 좋은 환경이 제공되어 고사되는 식물에 다량의 지의류가 부착하여 서식하게 된다는 가설(Brodo 등, 2001)이 일반적이다.

따라서 전후 관계나 원인에 대해서는 정확히 알려져 있지 않지만, 식물체 고사와 지의류의 번성이 함께 관찰되는 것은 사실이며, 이러한 전후 관계 규명은 지의류학자뿐만 아니라 식물병리학자와 조경업자 모두의 관심사가 되고 있다.

따라서 본 연구는 문화적 가치가 높은 석조 유물과 고가의 조경수에서 발생하는 지의류의 피해를 방지하기 위한 목적으로 지의류 공생체를 이루고 있는 지의류 형성 곰팡이를 효과적으로 제거하기 위한 살균제 선발과 선발된 살균제들에 대한 지의류 형성 곰팡이의 민감 정도를 조사함으로써 지의류 제거를 위한 살균제의 적정 사용 농도를 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

지의류 형성 곰팡이의 분리 및 배양

순천대학교 한국지의류연구센터(KoLRI) 내의 지의류생물소재은행(KOLABIC)에서 보유하고 있는 지의류 형성 곰팡이 중에서 암석 서식 지의류(*Caloplaca flavorubescens*, *Ramalina almqvistii*, *Xanthoparmelia hirosakiensis*, *Xanthoparmelia orientalis*, *Xanthoria elegans* and *Xanthoria stenophylla*) 6종과 나무서식 지의류(*Parmelia omphalodes*) 1종에서 순수하게 분리된 7종의 균주를 분양 받아 실험하였다(Table 1). 분양 받은 지의류 형성 곰팡이는 MY(Malt yeast extract broth; Difco 211320) 영양 한천배지를 이용하여 15°C 항온기에서 2개월 간 배양 후 실험에 사용하였다.

지의류 형성 곰팡이의 살균제에 대한 성장억제효과 검증

지의류 형성 곰팡이의 살균제에 대한 효과 검정을 위해 현재 등록되어 시판되고 있는 살균제 단제와 혼합제 중 피리미딘계(Fenarimol EC), 유기유황계(Etridiazole EC), 구아니딘계(Iminoctadinetriacetate SL), 트리azole계+구아니딘계(Difenoconazole+Iminocadinetriacetate ME), 그리고 스

Table 1. List of Lichen Forming Fungi (LFF) used in this study

Lichen name	Substratum	KoLRI No.	NCBI access number
<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Cf)	Rock	CH060072	
<i>Parmelia omphalodes</i> (Po)	Bark	40356	EU266103
<i>Ramalina almqvistii</i> (Ra)	Rock	CH060328	
<i>Xanthoparmelia hirosakiensis</i> (Xh)	Rock	50141	
<i>Xanthoparmelia orientalis</i> (Xo)	Rock	61093	
<i>Xanthoria elegans</i> (Xe)	Rock	41247	
<i>Xanthoria stenophylla</i> (Xs)	Rock	H06083	EU266089

트로빌루린계+트리아졸계(Difenoconazole+Azoxystrobin SC)에 속하는 5가지 살균제를 실험에 사용하였다(Table 2).

살균제의 효과 검정을 위해 권장사용농도의 20%, 10% 그리고 1% 농도로 희석하여 실험에 사용하였다. 2개월간 배양한 지

의류 형성 곰팡이 균체 1 g당 멸균수 5 ml을 섞어 멸균된 막자 사발에서 분쇄하여 균사 절편 접종액을 만들어서 MY 영양배지에 살균제를 희석 농도별로 첨가한 고체 배지를 분주한 페트리디쉬 당 100 µl씩 도말하였다. 15°C 항온기에서 2개월 간 배

Table 2. List of Fungicides used in this study

Common name	Content (%) of active ingredient	Recommended concentration (µg/ml)
Fenarimol EC (P1)	12.5	230
Etridiazole EC (U2)	25	330
Iminoctadinetriacetate SL (G3)	25	50
Difenoconazole + Iminoctadinetriacetate ME (T4)	3 + 15	1,000
Azoxystrobin + Difenoconazole SC (S5)	17 + 10.7	100

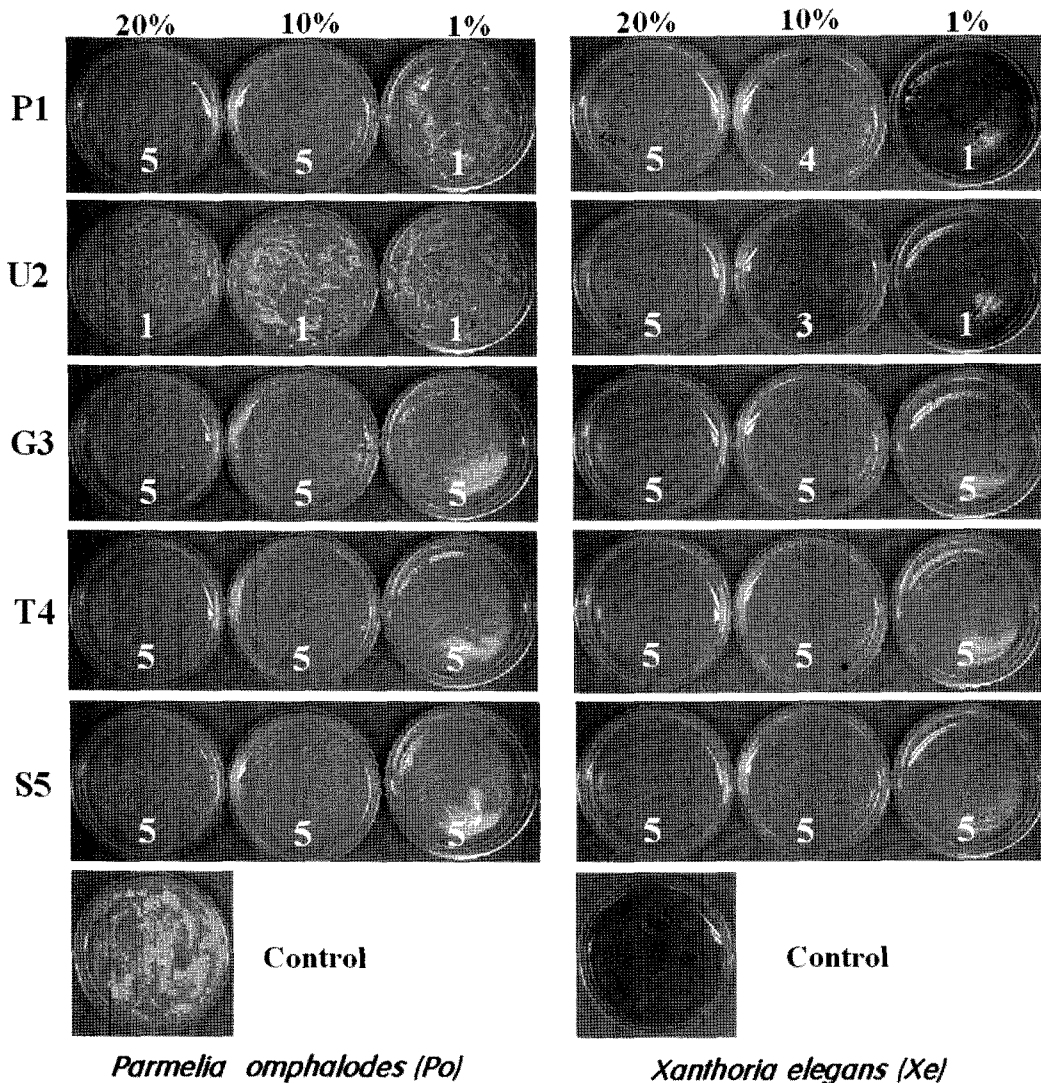


Fig. 1. Responses of lichen forming fungi of *Parmelia omphalodes* and *Xanthoria elegans* to five fungicides. Five fungicides were used at the concentrations of 1%, 10% and 20% as following; Fenarimol EC (P1), Etridiazole EC (U2), Iminoctadinetriacetate SL (G3), difenoconazole+iminocadinetriacetate ME (T4) and azoxystrobin+difenoconazole SC (S5). The scored numbers were indicated the mycelial inhibition index.

양 후 지의류 형성 곰팡이의 생장억제 효과를 조사하였다.

지의류 형성 곰팡이 생장 억제 정도를 비교하기 위하여 억제 기준(inhibition index)을 5단계로 나누어 조사하였다(Fig. 1). Index 5 = 균체가 전혀 자라지 못하는 경우; Index 4 = 균체가 한 두 개씩 자라나는 경우; Index 3 = 균체 성장이 배지의 절반 정도 억제된 경우; Index 2 = 균체 성장이 약간 억제된 경우; Index 1 = 전혀 균체 생장 억제 효과가 없는 경우로 설정하였다.

결과 및 고찰

단체에 대한 반응

침투이행성 효과를 갖는 피리미딘계의 fenarimol EC과, 토양살균제 유기유황계의 etridiazole EC 그리고 병원균의 지질

합성저해 특징을 갖는 구아니딘계의 iminoctadinetriacetate SL에 대하여 실험 결과, fenarimol EC과 iminoctadinetriacetate SL는 7개의 균주 모두 20% 살균제 농도에서 감수성 반응을 보였으나, etridiazole EC은 사용 균주마다 서로 다른 반응을 보였다(Fig. 2). etridiazole 추가농도의 20%에서 *Caloplaca flavorubescens*와 *Xanthoria elegans*는 감수성 반응을 보인 반면 *Parmelia omphalodes*와 *Xanthoria stenophylla*는 균사생육에 아무런 변화가 없는 강한 저항성 반응을 보였다(Fig. 1 & 2). 특히 *Caloplaca flavorubescens*는 다른 지의류 형성 곰팡이가 etridiazole EC에 저항성을 반응을 보인 반면에 여전히 감수성 반응을 보였다(Fig. 2). 또한 iminoctadinetriacetate SL의 경우 단 1% 농도에서 지의류 형성 곰팡이의 강한 감수성 반응을 나타냈는데, 이는 iminoctadinetriacetate SL의 살균제가 지의류 형성 곰팡이의 생장억제에 효과적임을 알 수 있다.

혼합제에 대한 반응

농작물 방제를 위해 사용되고 있는 침투 이행성 혼합제 중 difenoconazole을 공통적으로 포함하면서 iminoctadinetriacetate를 포함하는 살균제와 azoxystrobin 를 포함하는 살균제에 대한 감수성을 조사하였다. 두 가지 혼합제 모두 1% 농도 만을 사용한 경우에도 7가지 균주에서 강한 감수성 반응을 보였다(Fig. 1 & 2).

지의류의 화학적 방제를 위해 지의류 형성 곰팡이의 살균제 감수성을 확인 해 본 결과 단체에는 균주마다 다른 감수성을 보인 반면 혼합제에는 저농도에서도 전체적으로 동일하게 강한 감수성을 보였다. 또한 단체 중에서도 iminoctadinetriacetate의 경우 혼합제와 마찬가지로 1%의 농도에서도 감수성 반응을 보였다.

위의 결과를 종합해 본 결과 7종의 지의류 형성곰팡이에 대하여 1%의 농도에서 효과적인 살균제는 혼합제인 Difenoconazole+Iminocadinetriacetate ME와 Difenoconazole+Azoxytrobin SC으로 확인 되었으며, 이중 iminocadinetriacetate SL의 경우 단체로서도 강한 살균효과를 나타내는 것으로 확인되었다. 앞으로 선발된 살균제를 이용하여 지의류 형성 곰팡이의 자연상태 서식 지의체에 대한 현장 확인검증이 필요 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가연구소재은행(Grant 2010-0000660)의 지원에 의해 이루어진 것이기에 이에 감사를 드립니다.

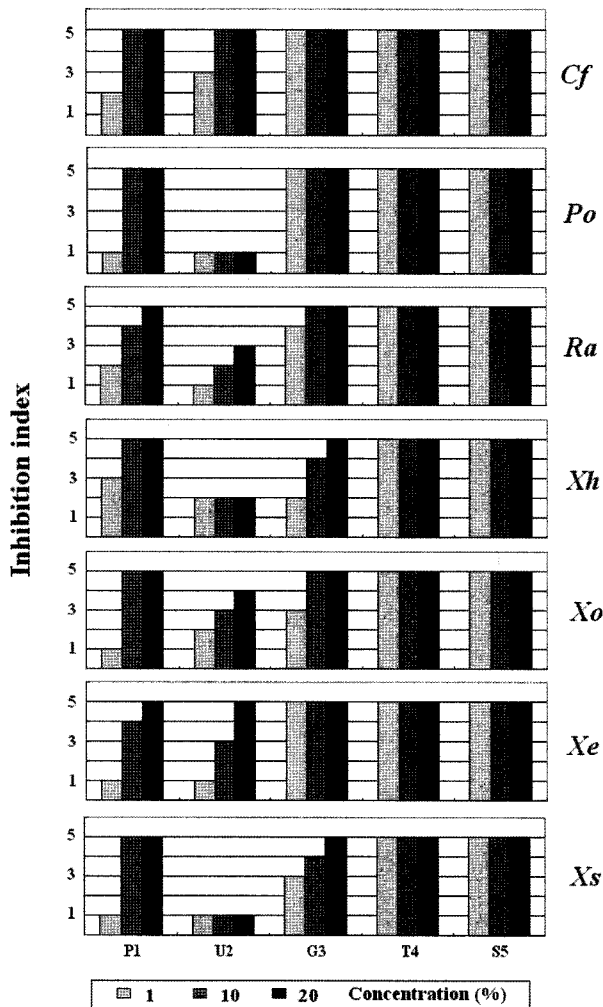


Fig. 2. Mycelial growth inhibition index of lichen forming fungi (LFF) against five fungicides at the concentrations of 1%, 10% and 20%. LFFs were listed in Table 1.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Brodo I. M., Sharnoff S. D., and Sharnoff S. (2001) Lichens of North America, Yale University, USA.
- Hale M. E. (1983) The Biology of Lichens. Edward Arnold, Baltimore, USA.
- Jeon H. -S., Lokos L., Han K. S., Ryu J. -A., Kim J. A, Koh Y. J. and Hur J. -S (2009) Isolation of lichen-forming fungi from Hungarian lichens and their antifungal activity against fungal pathogens of hot pepper anthracnose. Plant pathol.

- J. 25:38~46.
- 민경희 (2000) 석조문화재의 생물학적 훼손기작. 새천년 정책연구 보고 6:24~30.
- 오순옥, 고영진, 허재선 (2007) 철쭉나무에 대한 엽상 지의류 *Dirinaria applanata*의 병원성 조사. 식물병연구 13:34~39.
- 정종현, 손병현, 정민호, 이근직, 최석규 (2007) 경주지역의 석조문화재 훼손조사와 보존대책. 경주환경운동연합 환경연구논문집 2:1~28.
- 최석원, 윤용혁, 서만철, 김광훈, 이찬희 (1999) 충남지역 석조문화재의 현황과 보존대책. 충청남도 조사연구보고서 1~425.

석조문화재 및 식물 착생 지의류의 화학적 방제를 위한 살균제 선발

김정아 · 정민혜 · 전해숙 · 고영진 · 허재선*

순천대학교 한국지의류연구센터

요 약 균류(fungi)와 조류(algae)의 공생체인 지의류는 국보급을 포함한 주요 석조문화재뿐만 아니라 고가의 조경수에 심각한 피해를 유발하고 있어, 이들 지의류의 효과적인 제거를 위하여 기존에 시판되고 있는 살균제 다섯 종에 대한 암석식 지의류(*Caloplaca* sp., *Ramallina* sp., *Xanthoparmelia* sp., and *Xanthoria* sp.)와 나무서식 지의류(*Parmelia* sp.)에서 순수 분리된 지의류 형성곰팡이 7 균주에 대하여 감수성 조사를 실시하였다. 이를 위해 Fenarimol EC, Etridiazole EC, Iminoctadinetriacetate SL, Difenconazole+Iminocatadinetriacetate ME and Difenconazole+Azoxytrobin SC를 순수 분리된 지의류 형성곰팡이의 생장억제에 대한 실험을 수행하였다. 공시 살균제의 사용 권장량의 1%, 10% 그리고 20% 농도로 조성된 malt-yeast extract (MY) 배지를 이용하여 생장억제 효과를 조사하였다. 암 상태 15°C 배양기에서 7주 동안 배양한 결과, Difenconazole+Iminocatadinetriacetat ME와 Difenconazole+Azoxytrobin SC의 경우, 1% 농도에서도 모든 지의류 형성곰팡이의 생장을 완전하게 억제하였다. Etridiazole EC의 경우 다른 살균제에 비해 낮은 억제 효과를 보였으며, Fenarimol EC와 Iminoctadinetriacetate SL의 경우 고농도(20%)에서 지의류 형성 곰팡이의 생장 억제를 확인할 수 있었다. 따라서 Difenconazole+Iminocatadinetriacetat ME와 Difenconazole+Azoxytrobin SC가 석조유물이나 식물에 부착되어 살아가는 지의류에 효과적인 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과, 고가의 수목 및 문화재급 석조유물에 부착하여 피해를 유발하는 지의류를 효과적으로 제거하기 위해서는 1%의 Difenconazole+Iminocatadinetriacetat ME와 Difenconazole+Azoxytrobin SC만으로 가능하다고 판단 되었다.

색인어 석조문화재, 지의류, 지의류형성곰팡이, 살균제, 화학적 방제