

한국에서 흰가루병에 대한 중복기생균 *Ampelomyces quisqualis*의 새로운 기주

이상엽* · 김용기 · 김홍기¹ · 신현동²

농촌진흥청 농업과학기술원 식물병리과, ¹충남대학교 농업생명과학대학 농생물학과,

²고려대학교 생명과학대학 환경생태공학부

New Hosts of *Ampelomyces quisqualis* Hyperparasite to Powdery Mildew in Korea

Sang Yeob Lee*, Yong Ki Kim, Hong Gi Kim¹ and Hyeon Dong Shin²

Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology,
Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²College of Life Sciences & Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

(Received on November 19, 2007)

308 isolates of *Ampelomyces quisqualis* were isolated from powdery mildew fungi of 73 plant species in Korea from 1994 to 2004. Among them, the new mycohosts and new plant hosts of *A. quisqualis* were found in 13 species of powdery mildew fungi in 38 species of plant. The new hosts of *A. quisqualis* were *Erysiphe heraclei* on *Heracleum moellenderfii*; *E. hommae* on *Elsholtzia splendens*; *E. glycines* on *Glycine max*; *E. lespedezae* on *Lespedeza bicolor*; *E. pileae* on *Pilea mongolica*; *E. pisi* on *Phaseolus radiatus*; *E. polygoni* on *Rumex aquatica* and *Rumex crispus*; *Golovinomyce artemisiae* on *Artemisia princeps* var. *orientalis*; *G. cichoracearum* on *Rudbeckia laciniata* var. *hortensis*; *G. rubiae* on *Rubia akane*; *Oidium* sp. on *Valeriana fauriei*, *Lactuca indica* var. *laciniata*, *Carpesium triste* var. *manshuricum*, *Aster ageratoides* var. *turczaninow*, *Lufa cylindrica*, *Ixeris demtats* Nakai, *Phlox paniculata*, *Bidens bipinnata* and *Pathenocissus tricuspidata*; *Microsphaera alphitoides* on *Quercus aliema*, *M. pseudoloniceriae* on *Cocculus trilobos*; *Podosphaera* sp. on *Ligustrum obtusifolium*; *Sphaerotheca aphanisi* on *Fragaria ananassa*; *S. balsaminae* on *Impatiens textori*; *S. fusca* on *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Ligularia fischeri*, *Solanum melongena*, *Lagenaria leucantha*, *Cucumis melo* var. *makuwa*, *Acalypha australis*, *Cosmos bipinnatus* and *Aster scaber*; *Uncinuliella simulans* on *Rosa multiflora* and *Uncinula australiana* on *Lagerstroemia indica*.

Keywords : *Ampelomyces quisqualis*, Hyperparasite, Korea, Powdery mildew

흰가루병은 순환물기생성으로 흰색의 가루를 뿌려놓은 것처럼 보이며, 오래된 병반에서는 흰색의 균 위에 흑갈색의 구형 자낭각을 형성한다. 우리나라에서 흰가루병균은 *Sphaerotheca*, *Erysiphe*, *Blumeria*, *Golovinomyces*, *Leveillula*, *Phyllactinia* 등 13속에서 흰가루병이 발생하여 피해를 주고 있으며, 약 300여종의 식물에서 발생하고 있다(한국식물병리학회, 2004; Shin, 1994b). 전세계적으로

11,800여종의 식물에서 발생하고 있다(Braun, 1987; Koji, 1986; Spencer, 1978).

흰가루병의 방제를 위하여 사용한 일부 화학농약이 약제저항성이 유발되어 약효가 저하되고(Asari 등 1994; Erickson 등, 1997; Lyr 등 1996), 무분별한 약제사용과 남용으로 최근 인간의 건강과 환경에 관한 관심이 증가됨에 따라서 작물보호를 위한 생물적 방제의 중요성이 강조되고 있다. 식물병의 생물적 방제 전략으로 많은 방법이 이용되고 있다. *Ampelomyces quisqualis*는 흰가루병에 기생하는 기생성곰팡이(hyperparasite fungi)로서 흰가루병이 발생하는 지역에 널리 분포하는 미생물로 잘 알려져

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0425, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) lsy1111@rda.go.kr

있다. 1852년에 Cesati가 포도 흰가루병균에 감염된 분생포자각 형성 곰팡이를 *A. quisqualis*로 동정하였다(Cesati, 1852). 그 후로 *A. quisqualis*는 유럽 등 여러 나라에서는 다양한 기주 흰가루병균과 식물이 보고되어 있을 뿐만 아니라(Belsare 등, 1980; Branislav, 1997; Blumer, 1993; Clare, 1964; Cvjetkovic 등, 1980; Diop-Bruckler 등, 1987; Hanlin 등, 1984; Hijwegen 등, 1984; Gadoury 등, 1991; Griessler 등, 1987; Kiss 등, 1994, 2004; Nagy 등, 1990; Sachan, 1977; Shin, 1994; Sundheim, 1981; Tasy 등, 1991; Tzean 등, 1991), 붉은토끼풀흰가루병(Yarwood, 1932), 사과흰가루병(Odintsova 등, 1975), 포도흰가루병(Falk 등, 1995a, 1995b), 장미흰가루병(Hajlaoul 등, 1991), 딸기흰가루병(Nelson 등, 1995), 멜론흰가루병(Mcgrath 등, 1996), 오이흰가루병(Sundheim 등, 1981) Szejnberg 등, 1989; Shin 등, 1994) 등 많은 작물에 대한 흰가루병의 방제 가능성이 보고된 바 있다.

본 연구는 우리나라에서의 흰가루병균에 중복지생균 *Ampelomyces quisqualis*에 대한 분포 및 기생상황을 조사하고 새로운 기주범위(흰가루병균과 식물)를 밝히기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

흰가루병균의 중복지생균 채집 및 분리. 1994년부터 2004년까지 4월 하순부터 11월까지 전국적으로 흰가루병에 감염된 식물체를 채집하여 해부현미경하에서 흰가루병균에 기생한 진균의 분생포자각(병자각)을 떼어냈다. 광학현미경으로 분생포자각과 분생포자(병포자)의 형태를 조사하여 *Ampelomyces* 속균을 확인한 다음, 분생포자를 백금으로 떼어 내어 크로람페니콜 50 ppm이 첨가된 corn meal agar 배지에 도말하여 25°C 항온기에서 7일간 배양하였다. 배양 후 단포자에서 뿜어 나온 균사를 감자포도당사면배지에 옮겨 25°C 항온기에서 배양한 후, 저온항온기(10°C)에 보관하면서 본 연구에 사용하였다. 채집한 흰가루병균에 중복지생균이 감염된 식물체는 보존을 위하여 건표본을 제작하여 보존하고 있다.

식물체와 흰가루병균의 동정. 흰가루병에 걸린 식물체는 '새로운 한국식물도감'(이, 2006)과 '한국의 잡초도감'(구자옥, 2002)을 기준으로 하여 동정하였으며, 흰가루병균의 동정은 Braun(1987)과 Shin(2000, 1994b) 등에 따라서 동정하였다.

중복지생균의 동정. 분리한 중복지생균은 해부현미경과 광학현미경을 이용하여 분생포자각과 분생포자의 형태, 크기와 색깔 및 형태적 특성을 조사하여 Hanlin 등

(1984), Sutton(1980) 및 Clare(1964)의 분류방법에 따라서 동정하였다.

결과 및 고찰

흰가루병균의 중복지생균 채집 및 분리. 중복지생균(*A. quisqualis*)에 감염된 흰가루병의 병징은 균은 전형적인 흰색의 흰가루병 병징과는 달리 일반적으로 병반의 전부 또는 중앙부위의 색이 갈색 또는 다갈색으로 나타났으며, 여러 식물체 기주 중에서 가장 뚜렷한 다갈색으로 나타난 것은 Fig. 1에서와 같이 도깨비바늘(Fig. 1A), 박(D), 축(Fig. 1H), 쥐키니호박(Fig. 1I)과 가는잎왕고들빼기(Fig. 1J) 등이었다. 이것과는 반대로 중복지생균이 침입한 코스모스(Fig. 1E)와 짚레꽃(Fig. 1L) 흰가루병균에서 중복지생 여부는 육안으로 구분이 전혀 불가능하여 해부현미경으로 흰가루병균에 중복지생균의 분생포자각을 관찰하여야할 정도로 구별이 어려운 경우도 있었다. 그리고 콩(Fig. 1B), 수세미오이(Fig. 1C), 곰취(Fig. 1F), 풀헝죽도(Fig. 1G)와 가지(Fig. 1K)의 흰가루병균에 감염된 중복지생균의 병징은 뚜렷하지는 않으나 육안으로 자세히 관찰하면 구분이 가능하였다.

1994년부터 2004년까지 전국적으로 흰가루병에 걸린 채집 시료중에서 중복지생균에 감염되어서 흰가루병균내에 중복지생균의 특징인 흰가루병균의 분생자경 밑부분에 형성된 분생포자각(Fig. 2C,D,E)을 지닌 흰가루병균에 감염된 식물체는 73종이었으며, 분리한 중복지생균(*Ampelomyces* 속균)은 총 308 균주이었다. 분리한 중복지생균을 흰가루병균의 속별로 구분하면, *Erysiphe*속 12종에서 토대황 등 14종의 식물체로부터 25균주, *Sphaerotheca*속 5종에서 곰취 등 35종의 식물체로부터 232균주, *Microsphaera*속 6종에서 갈참나무 등 6종의 식물체로부터 7균주, *Phyllactinia*속 1종에서 오동나무로부터 1균주, *Podosphaera*속 1종에서 쥐똥나무로부터 1균주, *Oidium*속 2종에서 수세미오이 등 10종의 식물체로부터 25균주, *Golovinmyces*속 1종에서 삼잎국화 등 3종의 식물체로부터 8균주, *Uncinuliella*속 1종에서 배롱나무로부터 2균주, *Uncinula*속 1종에서 짚레꽃으로부터 1균주, *Arthrocladiella*속 1종에서 구기자나무로부터 6균주로서 총 흰가루병균의 10속 31종에서 구기자나무 등 73종의 식물체로부터 분리되었다(Table 1).

중복지생균의 흰가루병균에 대한 감염 정도. *A. quisqualis* 감염시기는 4월 하순부터 배롱나무와 같은 영년생식물에서 감염이 시작되어 채집이 가능하나 많은 채집을 할 수 없었고, 습도가 높은 장마철을 거치면서 중복지생균에 감염된 흰가루병균이 증가되면서 특히, 9월 하순부터 11월

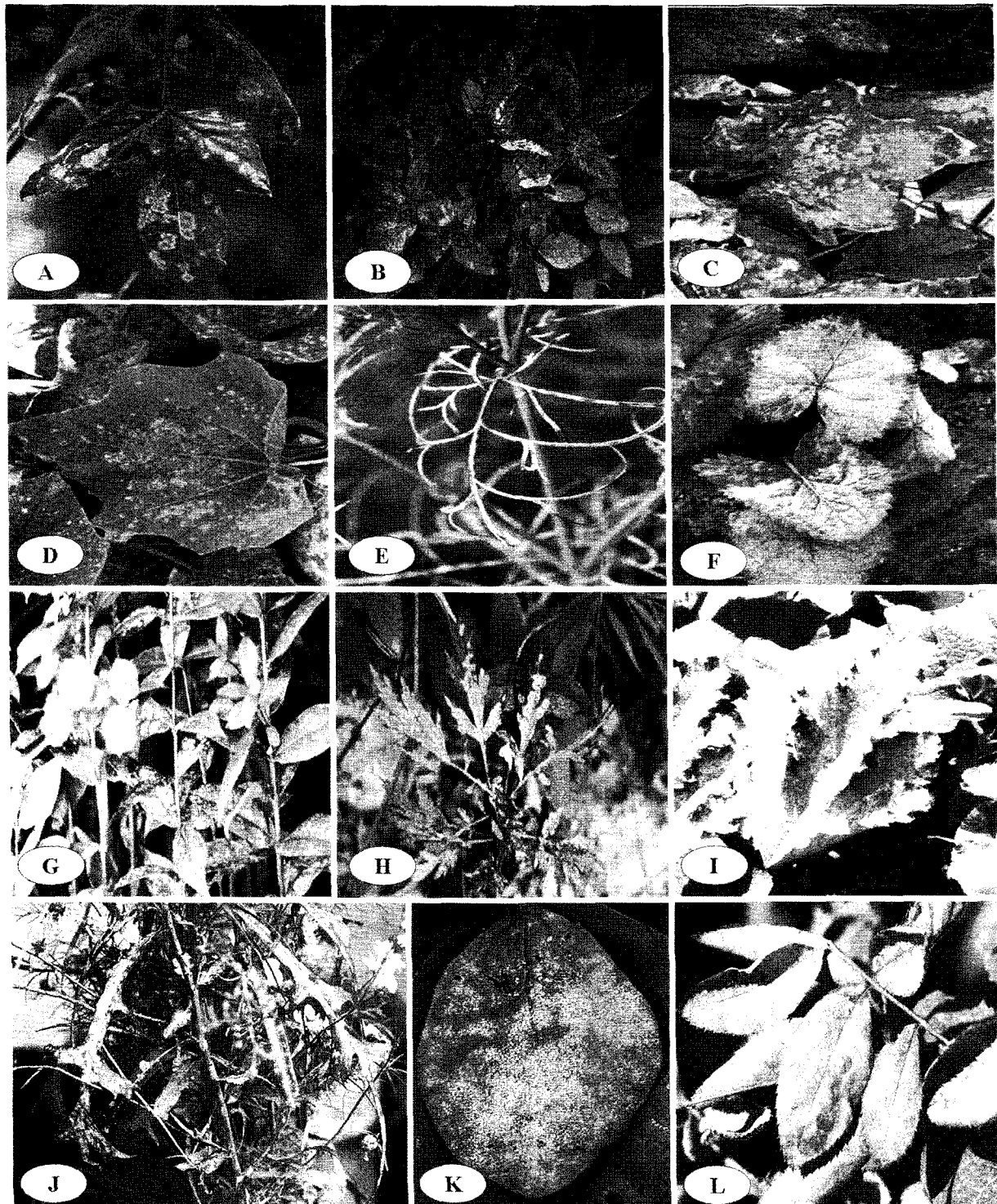


Fig. 1. Symptoms of powdery mildew infected with *Ampelomyces quisqualis* on plants. A, *Bidens bipinnata*; B, *Glycine max*; C, *Luffa cylindrica*; D, *Lagenaria leucantha*; E, *Cosmos bipinnatus*; F, *Ligularia fischeri*; G, *Phlox paniculata*; H, *Artemisia argyi*; I, *Cucurbita pepo*; J, *Lactuca indica* Limme var. *laciniata*; K, *Solanum melongena*; L, *Rumex crispus*.

중순까지 대다수의 흰가루병이 발생한 식물체에서 많은 중복지생균을 분리할 수 있었다. 이는 Shin 등(1994a)과 Branislav(1997)의 보고와 일치한 경향을 보였다. 그리고

중복지생균의 식물체별로 흰가루병균에 대한 감염정도는 채집시기에 따라서 차이가 있지만 감염정도를 흰가루병 발생면적의 갈변에 따라서 3단계로 구분되었다(Table 1).

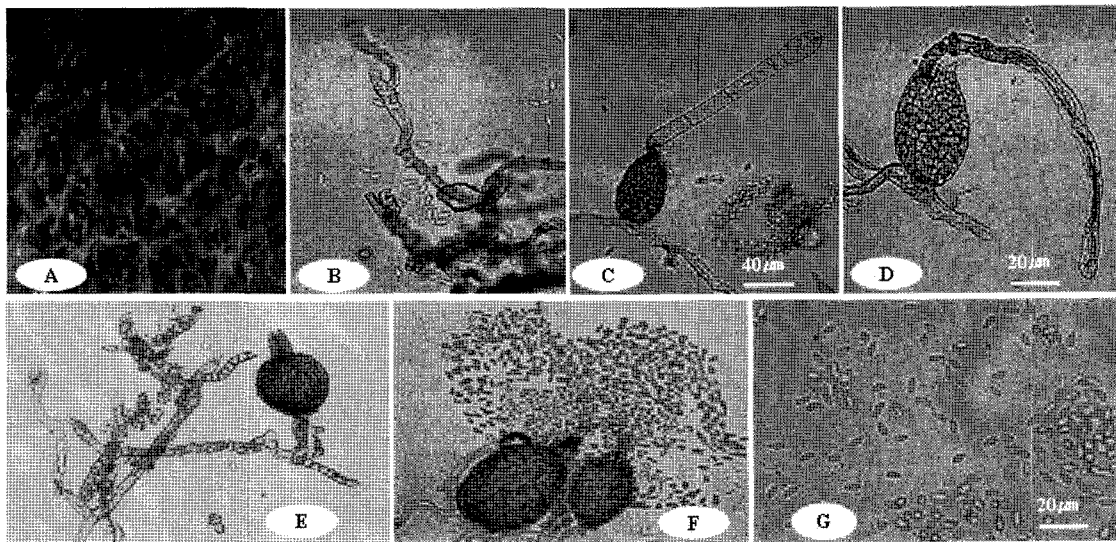


Fig. 2. Pycnia and pycnidiospores of *Ampelomyces quisqualis* parasitizing the powdery mildew fungi. **A**, pycnidia of *A. quisqualis* produced in mycelia and conidiophores of *Sphaerotheca fusca*; **B**, a hypha of *A. quisqualis* parasitizing into a hypha of *S. fusca*; **C**, a pycnidium of *A. quisqualis* developed in the basal part of a conidiophore of *S. fusca* in cucumber; **D**, a conidiophore and conidia of *S. fusca* parasitized by *A. quisqualis*; **E**, hyphae and conidiophore of *S. phaseoli* parasitized by *A. quisqualis* in red bean; **F**, Pycnia of *Ampelomyces quisqualis* isolated from *Impatiens balsamina*; **G**, Pycnidiospores of *Ampelomyces quisqualis* isolated from *S. fusca* in cucumber.

Table 1. List of powery mildew fungi and their host plants found to be infected with *Ampelomyces quisqualis* in Korea from 1994 to 2004

Powdery mildew fungus ^{a)}	Host plant		No. of collected isolates	Parasitic activity level of <i>Ampelomyces</i>
	Scientific name	Korean name		
<i>A. mougeotii</i>	<i>Lycium chinense</i>	구기자나무	6	+++
<i>G. cichoracearum</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatiei</i>	돼지풀	1	+
<i>G. cichoracearum</i>	<i>Solanum melongena</i>	가지	3	++
	<i>Rudbeckia laciniata</i> var. <i>hortensis</i> **	삼잎국화	5	++
<i>E. artemisiae</i>	<i>Artemisia argyi</i>	황해쭉	3	+++
"	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> **	쭉	2	+++
<i>E. heraclei</i> *	<i>Heracleum moellenderfii</i> **	어수리	1	++
<i>E. hommae</i> *	<i>Elsholtzia splendens</i> **	꽃향유	5	+
<i>E. glycines</i> *	<i>Glycine max</i> **	콩	2	+
<i>E. lespedezae</i> *	<i>Lespedeza bicolor</i> **	싸리	1	+
<i>E. pileae</i> *	<i>Pilea mongolica</i> **	모시물통이	2	++
<i>E. pisi</i> *	<i>Phaseolus radiatus</i> **	녹두	1	++
<i>E. plectranthi</i>	<i>Isodon infoexus</i>	산박하	2	+
<i>E. polygoni</i> *	<i>Rumex aquatica</i> **	토대황	1	++
<i>E. polygoni</i> *	<i>Rumex crispus</i> **	소리쟁이	1	+++
<i>E. ranunculi</i>	<i>Clematis apiifolia</i>	사위질빵	1	++
<i>E. rubiae</i> *	<i>Rubia akane</i> **	꼭두서니	1	+
<i>E. sordida</i>	<i>Plantago asiatica</i>	질경이	2	++
<i>M. alphitoides</i> *	<i>Quercus aliema</i> **	갈참나무	2	++
<i>M. juglandis</i>	<i>Juglans sinensis</i>	호두나무	1	++
<i>M. picrasmae</i>	<i>Picrasma quassioides</i>	소태나무	1	++
<i>M. pseudoloniceriae</i> *	<i>Cocculus trilobus</i> **	냉대덩굴	1	+
<i>M. robiniae</i>	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아까시야나무	1	+
<i>M. securinegae</i>	<i>Securinega suffruticosa</i>	광대싸리	1	++
<i>O. ewonymi-japonici</i>	<i>Euonymus japonica</i>	사철나무	1	+

^{a)} A, E, G, M, O, Ph, P, S, and Un are abbreviation of the genera of powdery mildew fungi *Arthrocladiella*, *Erysiphe*, *Golovinmyces*, *Microsphaera*, *Oidium*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinuliella* and *Uncinula*, respectively.

*: New powdery mildew fungus, **: New plant host.

+, Infected below 5% of samples; ++, infected by up to 50% of samples; +++, infected more than 50% of samples.

Table 1. Continued

Powdery mildew fungus ^{a)}	Host plant		No. of collected isolates	Parasitic activity level of <i>Ampelomyces</i>
	Scientific name	Korean name		
<i>O. sp.</i>	<i>Valeriana fauriei</i> **	취오좁풀	1	+
<i>O. sp.</i>	<i>Lactuca indica</i> Limme var. <i>laciniata</i> **	가는잎왕고들빼기	4	+++
<i>O. sp.</i>	<i>Carpesium triste</i> var. <i>manshuricum</i> **	두메담배풀	1	++
<i>O. sp.</i>	<i>Aster ageratoides</i> var. <i>turczaninow</i> **	흰까실쭉부쟁이	1	++
<i>O. sp.</i>	<i>Lufa cylindrica</i> **	수세미오이	1	++
<i>O. sp.</i>	<i>Ixeris demtats</i> **	씀바귀	2	+++
<i>O. sp.</i>	<i>Phlox paniculata</i> **	폴협죽도	4	++
<i>O. sp.</i>	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	3	++
<i>O. sp.</i>	<i>Pathenocissus tricuspidata</i>	담쟁이덩굴	7	+
<i>Ph. paulowniae</i>	<i>Paulownia coreana</i>	오동나무	1	+
<i>Podosphaera sp.*</i>	<i>Ligustrum obtusifolium</i> **	취뽕나무	1	+
<i>S. balsaminae</i>	<i>Impatiens textori</i> **	물봉선	3	++
<i>S. balsaminae</i>	<i>Impatiens balsamina</i>	봉선화	41	+++
<i>S. ferruginea</i>	<i>Sanguisorba officinalis</i>	오이풀	2	+
<i>S. fusca</i>	<i>Arctium lappa</i>	우엉	10	++
<i>S. fusca</i>	<i>Petasites japonicus</i>	머위	2	++
<i>S. fusca</i>	<i>Lactuca raddeana</i>	산씀바귀	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Solanum melongena</i> **	가지	3	+
<i>S. fusca</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	호박	57	+++
<i>S. fusca</i>	<i>Cucurbita pepo</i> **	국수호박	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Cucurbita pepo</i> **	쭉키니호박	4	+
<i>S. fusca</i>	<i>Cucurbita maxima</i> **	단호박	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Cucurbita maxima</i> **	관상용호박	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Ligularia fischeri</i> **	곰취	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Carpesium divaricatum</i>	긴담배풀	1	+
<i>S. fusca</i>	<i>Aster tataricus</i>	개미취	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Helianthus annuus</i>	해바라기	2	+
<i>S. fusca</i>	<i>Youngia sonchifolia</i>	고들빼기	4	++
<i>S. fusca</i>	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	왕고들빼기	42	++
<i>S. fusca</i>	<i>Lagenaria leucantha</i> **	박	3	+++
<i>S. fusca</i>	<i>Youngia denticulata</i>	이고들빼기	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리	2	+
<i>S. fusca</i>	<i>Lactuca indica</i> var. <i>draoglossa</i>	용설채	1	+
<i>S. fusca</i>	<i>Siegesbsckia pubescens</i>	털진득찰	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Aster ageratoides</i>	까실쭉부쟁이	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Cucumis melo</i> var. <i>makuwa</i> **	참외	2	++
<i>S. fusca</i>	<i>Acalypha australis</i> **	깨풀	3	+
<i>S. fusca</i>	<i>Cephalonoplos segetum</i>	조뱅이	1	++
<i>S. fusca</i>	<i>Cosmos bipinnatus</i> **	코스모스	2	+
<i>S. fusca</i>	<i>Aster scaber</i> Thunb **	참취	2	++
<i>S. fusca</i>	<i>Cucumis sativus</i>	오이	4	++
<i>S. fusca</i>	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	12	++
<i>S. humuli</i>	<i>Fragaria ananassa</i> **	딸기	1	++
<i>S. phaseoli</i>	<i>Phaseolus angularis</i>	팥	17	+++
<i>S. phaseoli</i>	<i>Phaseolus nipponensis</i>	새팥	1	+++
<i>S. phaseoli</i>	<i>Vigna sinensis</i>	동부	1	++
<i>Un. simulans*</i>	<i>Rosa muliflora</i> **	찔레꽃	1	++
<i>Unci. australiana*</i>	<i>Lagerstroemia indica</i> **	배롱나무	2	++
10속 31종		73	308	

^{a)}A, E, G, M, O, Ph, P, S, and Un are abbreviation of the genera of powdery mildew fungi *Arthrocladiella*, *Erysiphe*, *Golovinmyces*, *Microsphaera*, *Oidium*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinuliella* and *Uncinula*, respectively.

Table 2. Morphological characteristics of *Ampelomyces quisqualis* isolated from various powdery mildew fungi

Pycnidia	Conidia	Reference
Sub-globose or elongated to pyriform Pale to dark brown 46.5~98.5 × 28.0~54.5 μm	Guttulate, straight cylindrical to fusiform Pale brown 4.0~8.5 × 2.0~4.5 μm	Authors
Sub-globose to pyriform Pale brown 33.0~105 × 23~53 μm	Guttulate, ovoid, clavate, cylindrical or curved Hyaline 4.0~8.5 × 1.5~4.0 μm	Clare (1964)
Globose or elongated to pyriform Pale brown 40~105 × 30~50 μm	Guttulate, straight or curved cylindrical to fusiform Pale brown 4.0~6.5 × 2~2.5 μm	Sutton (1980)
Globose or elongated fusoid Dark brown 50~125 × 30~47 μm (Ave. 81 × 36 μm) 45~106 × 22.5~40.5 μm	Oval one-celled Hyaline 10~15 × 3.75~5 μm (Ave. 11 × 4.9 μm) 4.5~10.5 × 2.5~4.8 μm	Hanlin (1984) Branislav (1997)

중복기생균의 동정 및 새로운 기주범위. 분리한 중복 기생균(*Ampelomyces*)은 분생포자각이 흰가루병균의 분생자경 기부에 형성되며, 담갈색이나 다갈색이며, 구형이나 긴 서양배 모양으로 크기는 46.5~98.5 × 28.0~54.5 μm이다 (Fig. 2 A,C,D,E,F). 분생포자는 열은 갈색의 단세포이며, 끝은 원통모양의 방추형이며, 크기는 4.0~8.5 × 2.0~4.5 μm이다 (Table 2, Fig. 2H). 이러한 형태적 특징은 Clare(1964), Sutton(1980), Hanlin 등(1984)과 Branislav (1997)이 보고한 *Ampelomyces quisqualis*의 형태적 특징과 유사하였다. 최근까지 *Ampelomyces*속군에는 하나의 종이 존재하는 것으로 알려져 있으나, 흰가루병균에 기생하는 *Ampelomyces quisqualis*의 형태적 특징, 균사생장속도, 포자형성정도, 기생성 등의 차이로 새로운 종 설립의 필요성이 제시되었다(Kiss 등, 1994, 1995, 1997a, 1997b; Rudakof, 1979), Rudakof(1979)은 이 속의 종으로 *quisqualis* 외에 *artemisiae*, *humuli*, *quercinus*, *uncimulae*과 같은 종명을 사용하였다. 이와 같이 기존에 보고되는 다양한 형태의 *Ampelomyces* 속에 대한 정립이 필요하게 되어서 Raymond 등(2000)은 흰가루병균의 기생균으로 *Ampelomyces*속군과 다른 형태의 분생포자각(stipitate pycnidium), 생활사, rDNA ITS sequence의 차이에 의하여 *Phoma glomerata*를 보고하면서 새로운 흰가루병균의 생물적 방제 미생물로서 활용성을 제시한 바 있다.

우리나라에서는 Lee(1976)가 호박과 참외의 흰가루병균에서 *A. quisqualis*를 처음으로 분리 동정하였으며, 그 후 Shin 등(1994a)이 *Uncinula verniciferae*을 비롯한 8속 27종의 흰가루병균을 보고하였다.

Shin 등(1994a)이 보고한 오동나무의 흰가루병균(*Phyllactinia paulowniae*)에서 형성된 기생균의 분생포자각의 크기가

다른 흰가루병균을 침해하는 기생균 보다 훨씬 컸다고 기술하였으나 저자가 채집한 시료에서는 기존 연구자들이 발표한 분생포자각의 크기와 유사하였다(Clare, 1964; Sutton, 1980; Hanlin, 1984). 또한 Shin 등(1994)은 찔레꽃의 흰가루병균(*Uncinuliella simulans*)에서 분리한 기생균은 분생포자각 형성위치가 다르다고 하였는데, 저자가 채집한 시료에서는 중복기생균의 분생포자각이 흰가루병균의 기부에 형성되어 있어 기 보고한 중복기생균 *A. quisqualis*과 같이 분생자경의 기부에 형성되었다(Lee, 1976; Sutton, 1980).

본 연구에 의해서 우리나라에서 처음으로 밝혀진 *A. quisqualis*의 균기주(mycohost)와 식물기주(plant host)는 어수리의 흰가루병균(*Erysiphe heraclei*), 꽃향유의 흰가루병균(*E. hommae*), 콩의 흰가루병균(*E. glycines*), 싸리의 흰가루병균(*E. lespedezae*), 모시물통이의 흰가루병균(*E. pileae*), 녹두의 흰가루병균(*E. pisi*), 토대황과 소리쟁이의 흰가루병균(*E. polygoni*), 쑥의 흰가루병균(*Golovinomyce artemisiae*), 삼잎국화의 흰가루병균(*G. cichoracearum*), 쪽두서니의 흰가루병균(*G. rubiae*), 쥐오줌풀, 가는잎왕고들빼기, 두메담배풀, 흰까실쑥부쟁이, 수세미오이, 썸바귀, 풀헝죽도, 도깨비바늘과, 담쟁이덩굴의 흰가루병균(*Oidium* sp.), 갈참나무의 흰가루병균(*Microsphaera alphitoides*), 땃대이덩굴의 흰가루병균(*M. pseudoloniceriae*), 쥐똥나무의 흰가루병균(*Podosphaera* sp.), 딸기의 흰가루병균(*Sphaerotheca aphanisi*), 물봉선의 흰가루병균(*S. balsaminae*), 국수호박, 슈키니호박, 단호박, 관상용호박, 곰취, 가지, 박, 참외, 깨풀, 코스모스와 참취의 흰가루병균(*S. fusca*), 찔레꽃의 흰가루병균(*Uncinuliella simulans*)과 배롱나무의 흰가루병균(*Uncinula australiana*)이다(Table 1).

외국에서는 Hawksworth(1981) 등이 *A. quisqualis*가 *Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Uncinula*, *Oidium*, *Leveillula*속균에 기생한다고 보고하였으며, Hanlin 등(1984)은 *Brasiliomyces malachrae* (무성세대명: *Oidiopsis gosipii*)의 자낭각과 분생자경의 頂部와 基部에서 *A. quisqualis*가 기생하는 것을 발견하였다. Branislav(1997)은 세르비아에서 1982년부터 1996년까지 33종의 흰가루병균이 걸린 229종의 식물체에서 *Ampelomyces*속 75균주를 분리하였으며, *Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Uncinula*, *Oidium* 속균에 기생한다고 보고하였다. Kiss (1995)는 헝가리에서 *A. quisqualis*의 기주범위는 40종의 식물체에서 흰가루병균 8속 27종을 보고한 바 있으며, 1997년도에는 화분과와 초본류에 흰가루병을 일으키는 *Blumeria graminis*(syn. *Erysiphe graminis*)의 균사, 분생자경과 미성숙 폐쇄자낭각을 감염시킨 *A. quisqualis*를 처음으로 보고하였다. Beata 등(2000)은 폴란드에서 *A. quisqualis*의 기주범위는 흰가루병균 7속(*Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Uncinula*, *Oidium*)속균 26종에 기생한다고 보고하였다. 본 연구에서 *A. quisqualis*의 새로운 기주범위는 38식물체로부터 흰가루병균 13종이 발견되어서 우리나라에서 중복기생균 *A. quisqualis*의 기주범위는 흰가루병균 *Uncinula*속 등 총 10속(genus)이며, 종(species)은 기존 보고한 27종과 새로이 발견된 13종을 포함하여 총 40종이다. 이는 세르비아에서 *A. quisqualis*의 기주범위가 흰가루병균 7속 33종에 비하여 3속 7종이 많은 것으로 조사되었다.

적 요

우리나라에서 1994년부터 2004년까지 73 식물체의 흰가루병균으로부터 중복기생균 *Ampelomyces quisqualis*를 308 균주 분리하였다. 그중에서 *A. quisqualis*의 새로운 균기주(mycohost)와 식물기주(plant host)는 38 식물체에서 흰가루병균 8 속(*Erysiphe*, *Sphaerotheca*, *Microsphaera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Uncinula*, *Uncinuliella*, *Oidium*) 13종이 발견되었다. *A. quisqualis*의 새로 발견된 기주는 어수리의 흰가루병균(*Erysiphe heraclei*), 꽃향유의 흰가루병균(*E. hommae*), 콩의 흰가루병균(*E. glycines*), 싸리의 흰가루병균(*E. lespedezae*), 모시물통이의 흰가루병균(*E. pileae*), 녹두의 흰가루병균(*E. pisi*), 토대황과 소리쟁이의 흰가루병균(*E. polygoni*), 쑥의 흰가루병균(*Golovinomyces artemisiae*), 삼잎국화의 흰가루병균(*G. cichoracearum*), 쪽두서니의 흰가루병균(*G. rubiae*), 쥐오줌풀, 가는잎왕고들

빼기, 두메담배풀, 흰까실쑥부쟁이, 수세미오이, 씬바귀, 풀협죽도, 도깨비바늘과, 담쟁이덩굴의 흰가루병균(*Oidium* sp.), 갈참나무의 흰가루병균(*Microsphaera alphitoides*), 덩굴이덩굴의 흰가루병균(*M. pseudoloniceriae*), 쥐똥나무의 흰가루병균(*Podosphaera* sp.), 딸기의 흰가루병균(*Sphaerotheca aphanisi*), 물봉선의 흰가루병균(*S. balsaminae*), 국수호박, 주키니호박, 단호박, 관상용호박, 곰취, 가지, 막, 참외, 깨풀, 코스모스와 참취의 흰가루병균(*S. fusca*), 쫄레꽃의 흰가루병균(*Uncinuliella simulans*)과 배롱나무의 흰가루병균(*Uncinula australiana*)이다.

참고문헌

- Asari, S., Horie, H. and Nakazawa, Y. 1994. Current status in sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* to DMI in Kanto-Tosan District, Japan. *Proc. Kanto-Tosan Plant Protec. Soc.* 41: 69-75.
- Beata, C., Tadeuz, M. and Iwona, A. 2000. *Erysiphe* and their hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis*, of the Drawsko landscape park, Poland. *Acta Mycologia* 35(1): 79-84.
- Belsare, S. W., Moniz, L. and Deo, V. B. 1980. Some new host records for the hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* Ces. from India. *Biovigyanam* 6: 77-78.
- Braun, U. 1987. A Monograph of the *Erysiphales*(Powdery mildews). Stuttgart, Borntraeger Publisher. 700 pp.
- Blumer, S. 1993. Die Erysiphaceen Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Beitr. Krypt. Schweiz VII. 483 pp.
- Branislav, R. 1997. Hyperparasites of the genus *Ampelomyces* on powdery mildew fungi in Serbia. *Mycopathologia* 139: 157-164.
- Cesati, V. 1852. *Ampelomyces quisqualis* Ces. *Botanische Zeitung*, 10: 301-302.
- Clare, B. G. 1964. *Ampelomyces quisqualis* (*Cicinnobolus cesatii*) on Queensland Erysiphaceae. *Univ. Queensland Papers, Dept. Bot.* 4: 147-149.
- Cvijetkovic, B. and Mandic, R. 1980. Powdery mildew (*Erysiphe cruciferarum*) and its hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* Ces. *Zastita belja* 31: 373-377 (In Serbian).
- Diop-Bruckler, M. and Molot, P. M. 1987. Interet de queleues hyperparasites dans la lutte contre *Leveillula taurica* et *Sphaerotheca fuliginea*. *Bulletin OEPP* 17: 593-600.
- Erickson, E. O. and Wilcox, W. F. 1997. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology* 87: 784-791.
- Falk, S. P., Gadoury, D. M., Cortesi, P., Pearson, R. C. and Seem, R. C. 1995a. Parasitism of *Uncinula necator* cleistothecia by the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathology* 85: 794-800.
- Falk, S. P., Gadoury, D. M., Pearson, R. C. and Seem, R. C.

- 1995b. Partial control of grape powdery mildew by the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis*. *Plant Disease* 79: 483-490.
- Gadoury, D. M., Pearson, R. C. and Seem, R. C. 1991. Reduction of the incidence and severity of grape powery mildew by *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathology* 81: 122(Abstr.).
- Griessler, B. and Bedlan, G. 1987. *Ampelomyces*, a parasite of peppermint powdery mildew. *Pflanzenschutz* 3: 5.
- 구자욱. 2002. 한국의 잡초도감. 한국농업시스템학회. 862 pp.
- Hajlaoul, M. R. and Belanger, R. R. 1991. Comparative effects of temperature and humidity on the activity of three potential antagonists of rose powdery mildew. *Neth. J. Pl. Path.* 97: 203-209.
- Hanlin, R. T. and Tortolero, O. 1984. *Brasiliomyces*, a new host for *Ampelomyces*. *Mycotaxon* 21: 459-462.
- Hawksworth, D. L. 1981. A survey of the fungicolous conidial fungi. In : *Biology of Conidial Fungi* (ed. G. T. Cole & B. Kendrick), Vol. 1: 171-244. Academic Press, London, UK.
- Hijwegen, T. and Buchenauer, H. 1984. Isolation and identification of hyperparasitic fungi associated with *Erysiphaceae*. *Neth. J. Plant Pathol.* 90: 79-84.
- Kiss, L. 1995. Host-parasite-hyperparasite relationships in the case of different powdery mildew fungi and their *Ampelomyces* spp. mycoparasites on various host plants. Proc. 6th Int. Symp. on the Microbiology of Aerial Plant Surfaces, Bandol, France, p. 14.
- Kiss, L. 1997a. Genetic diversity in *Ampelomyces* isolates, hyperparasites of powdery midew fungi, inferred from RFLP analysis of the rRNA ITS region. *Mycol. Res.* 101: 1073-1080.
- Kiss, L. 1997b. Graminicolous powdery midew fungi as new natural hosts of *Ampelomyces* mycoparasites. *Can. J. Bot.* 75: 680-683.
- Kiss, L., Russell, J. C., Szentivanyi, O., Xu, X. and Jeffries, P. 2004. Biological and biocontrol potential of *Ampelomyces* mycoparasites, natural antagonist of powdery mildew fungi. *Biocontrol Science and Technology* 14(7): 635-651.
- Kiss, L. and Vajna, L. 1994. New approaches in the study of the genus *Ampelomyces*. Abstracts of the 3rd EFPP Conference, Poznan, p 83.
- Kiss, L. and Vajna, L. 1995. New approaches in the study of the genus *Ampelomyces*, hyperparasites of powdery mildew fungi. In : *Environmental Biotic Factors in Integrated Plant Disease Control* (ed. M. Manka), pp. 301-304. Polish Phytopathological Society, Poznan, Poland.
- Koji Amano. 1986. Host range and geographical distribution of the powdery mildew. Japan societies press, Tokyo, Japan.
- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병목록(제4판). 한국식물병리학회 779 pp.
- Lee, B. H. 1976. Mycoparasitic fungi in Korea. part 1. Mycoparasitic fungi on the pathogen of powdery mildew. *Bull. Appl. Nat. Sci. (Konkuk Univ.)* 2: 7-11.
- 이영노. 2006. 새로운 한국식물도감 I&II. 교학사. 서울, 한국. 974 pp.
- Lyr, H., Russell, P. E. and Sisler, H. R. 1996. Modern fungicides and antifungal compounds. Intercept Limited, Andover, UK.
- McGrath, M. T. and Shishkoff, N. 1996. Evaluation of AQ10 (*Ampelomyces quisqualis*) for cucurbit powdery mildew under field conditions. *Phytopathology* 86(11): s53.
- Nagy, Sz. Gy. and Vajna, L. 1990. *Ampelomyces* species on powdery mildew fungi from Hungary. *Mikol. Kozl.* 29: 103-112 (In Hungarian).
- Nelson, M. D. and Gubler, W. D. 1995. Evaluation of biological and chemical agents for control of strawberry powdery mildew, *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*. *Phytopathology* 85: 1041 (Abstr.).
- Odintsova, O. V. 1975. Role of hyperparasite, *Cicinnobolus cesatii* deBary, in suppressing powdery mildew on apple trees. *Mikologija i Fitopatologija* 9: 337-339.
- Raymode, F. S. and James, F. W. 2000. Phoma glomerata as a mycoparasite of powdery mildew. *Applied and Environmental Microbiology* 66(1): 425-427.
- Rudakof, O. L. 1979. Fungi of the genus *Ampelomyces* Ces. Es Schlecht. In Russian, *Mikol. Fitopatol.* 13: 104-110.
- Sachan, S. N. and Singal, A. P. 1977. New host records of hyperparasite *Cicinnobolus cesatii* on powdery mildews. *Ind. J. Mycol. & Pl. Pathol.* 7: 169.
- Shin, H. D. and Kyeung, H. Y. 1994. Isolation of hyperparasitic fungi to powdery mildews and selection of superior isolates for biocontrol of cucumber powdery mildew. *RDA Journal of Agricultural Science* 36: 141-151.
- Shin, H. D. 1994a. Isolation and identification of hyperparasites against powdery mildew fungi in Korea. *The Korean J. Mycology* 22: 355-365.
- Shin, H. D. 1994b. Powdery mildew fungi and their host plants from kangwon province. *The Korean J. Mycology* 22: 229-246.
- Shin, H. D. 2000. Erysiphaceae of Korea. Nat. Inst. Agric. Tech., Suwon, Korea. 320 pp.
- Spencer, D. M. 1978. The Powdery Mildew. London. Academic Press.
- Sundheim, L. 1981. Fungal hyperparasitism. *Vaxtrkyddsnotiser* 45: 57-61 (In Norwegian).
- Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes. CMI Kew, Surrey, England.
- Sztejnberg, A., Galper, S., Mazar S. and Lisker, N. 1989. *Ampelomyces quisqualis* for biological and integrated control of powdery mildews in Israel. *J. Phytopath.* 124: 285-295.
- Tsay, J. G. and Tung, B. 1991. *Ampelomyces quisqualis* Ces. ex Schlecht., a hyperparasite of the asparagus bean powdery mildew pathogen *Erysiphe polygoni* in Taiwan. *Trans. mycol. Soc. R. O. C.* 6: 55-58.
- Tzean, S. S. and Estey, R. H. 1991. Geotrichopsis mycopatasitca gen. et. sp. nov (Hyphomycetes), A new mycoparasite. *Mycologia* 95: 1350-1354.
- Yarwood, C. E. 1932. *Ampelomyces quisqualis* on clover mildew. *Phytopathology* 22: 31 (Abstr.).