

## 포도 흰가루병균(*Uncinula necator*)의 분생포자 형성과 발아에 미치는 온도, 습도, pH 및 Triazole 살균제의 영향

오 정 행\*

단국대학교 농과대학 농학과

### Effects of Temperature, Relative Humidity, pH and Triazole Fungicides on Sporulation and Conidial Germination of *Uncinula necator*

Jeung-Haing Oh\*

Department of Agronomy, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to obtain basic informations on the effects of key environments and fungicides on the sporulation, conidial germination and initial growth of the hyphae of grape powdery mildew fungus *Uncinula necator*. Maximum sporulation occurred at RH 76~96% *in vitro* adjusted with sulfuric acid solution. Conidial germination and initial growth of the hyphae were better at 5% water agar than distilled water, and best at 26°C and pH 5.0 of the substrates. Germination occurred equally well at light intensity of below 100 lux or dark condition, which was better at water agar supplemented with leaf extract 30% than pure water agar. The water agar supplemented with triazole fungicides reduced conidial germinations and initial growth of the hyphae significantly, in proportion to the increase in concentration of the fungicides, but the magnitude of reduction depended on the fungicides. Particularly in myclobutanil, reduction rate was very low as increased in concentration.

**Key words:** *Uncinula necator*, Grapevine, Germination, Environment.

우리나라 포도 재배면적은 전체 과수의 14.8%인 19,773 ha에 이르며, 최근 고소득작목의 하나로 인식되면서 상품의 출하기 조절, 품질향상, 병발생 억제를 위한 시설재배등의 집약적 재배형태로 변화하고 있다. 그러나 피복재배는 일조부족, 고온다습, 결실과다, 양분부족등으로 각종 생리장애와 새로운 병해충 발생의 문제점을 수반한다(10).

포도 흰가루병(*Uncinula necator* (Schwein.) Burtill)은 시설재배 포도원에서 많이 발생하며 방제는 주로 triazole계 살균제의 살포에 의존하고 있다. 흰가루병의 감염은 포자의 발아, 흡기의 형성 및 성숙, 2차균사의 형성 등의 단계로 구분되며 각 단계는 온도, 습도, 광조건 및 살포하는 살균제 등 환경요인에 크게 영향을 받는다(8). Yarwood 등(17)은 흰가루병균 포자발아 및 감염의 온도범위는 11~28°C이고 최적온도는 22°C라고 하였으나 학자에 따라 온도범위는 다양하다(5, 6).

습도의 영향은 상대습도가 제로인 상태에서도 포자발아가 가능하다고 하였으나(2) 85% 이하에서는 발아하지 않는다고도 하였다(4). 광선 또한 포자발아와 발병에 촉진작용이 있는 것으로 보고되어 있으나(8), Nair와 Ellingboe(9)는 밀 흰가루병의 경우 감염단계에 따라 광선의 영향이 다르다고 하였다. 그러나 포도 흰가루병균의 포자형성, 발아 및 감염에 영향을 미치는 환경요인에 관한 정보는 극히 한정적이다(1, 5, 8).

따라서 본 연구는 포도 흰가루병균의 분생포자 형성, 발아에 미치는 중요 환경요인 및 살균제의 영향을 조사하므로써 병 발생생태 연구의 기초자료를 얻고자 하였다.

### 재료 및 방법

분생포자 형성에 대한 습도의 영향. 상대습도의 조절은 황산용액법(13)으로 하였다. 500 ml 삼각플라스크에 소정의 황산용액을 넣고, 흰가루병이 발생한

\*Corresponding author.

포도 과립의 표면을 부드러운 붓으로 가볍게 털어 분생포자를 제거한 후 삼각플라스틱안에 용액이 닿지않게 매달고 밀봉하였다. 이것을 25°C, 100 lux 형광하에서 배양하여 형성된 균총을 경시적으로 투명테이프로 찍어내어 1 mm<sup>2</sup>내의 분생포자수를 광학현미경으로 25반복 조사하였다.

분생포자 발아에 대한 환경요인의 영향. 증류수 및 0.5, 1.0, 3.0, 5.0% 한천배지(water agar)를 만들어 사래에 분주하고 두껍을 열어 24시간 표면건조 시킨 후에 포도 과립에 형성된 분생포자를 붓으로 털어 접종시켰다. 이것을 25°C, 100 lux 형광하에서 배양한후 광학현미경을 이용하여 경시적으로 분생포자 발아율과 균사의 길이를 조사하였다. 분생포자 발아에 대한 광선의 영향은 1% 한천배지에 접종한 포자를 암상태와 100 lux 광상태에서 배양하여 비교하였다. 온도와 pH의 영향은 1% 한천배지에 배양온도를 20, 23, 26, 30°C의 4수준으로 하고 pH를 5, 7, 9의 3수준으로 하여 배양한 다음, 경시적으로 발아율을 조사하였다. 분생포자 발아율은 100개의 포자를, 균사의 길이는 20개 이상의 포자를 조사하였으며 실험은 3반복으로 수행하였다.

식물즙액 및 살균제의 분생포자 발아에 대한 영향.

포도의 과즙배지는 포도 미착색 유과 100 g을, 열즙배지는 유엽 100 g을 등량(v/w)의 증류수로 즙액을 만들어 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 그 상등액 일정량을 1%한천배지에 혼합하여 사용하였으며, 살균제 혼합배지는 포도 흰가루병 방제약제로 사용되는 triazole계 살균제, flusilazole, difenoconazole, penconazole, myclobutanil, triadimefon, triflumizole 등 6종류를 1% 한천배지와 소정의 비율로 혼합하여 사용하였다.

**Table 1.** Effect of moisture on conidial formation of *Uncinula necator* on the fruit surface of the grapevines in a laboratory

| Relative humidity <sup>a</sup> | No. of conidia/mm <sup>2</sup> at the incubation time (h) |      |                      |
|--------------------------------|---|------|----------------------|
|                                | 24  | 48   | 72                   |
| 100.0                          | 5.2   | 12.9 | 18.5 bc <sup>b</sup> |
| 96.1                           | 7.5   | 19.7 | 22.7 ab              |
| 88.5                           | 8.4   | 20.2 | 24.3 a               |
| 75.6                           | 10.6  | 23.5 | 27.8 a               |
| 56.8                           | 5.4   | 7.3  | 16.5 c               |
| 36.8                           | 0.0   | 2.1  | 10.4 d               |

<sup>a</sup> Relative humidity was controlled in a Erlenmeyer flask using sulfuric acid solution.

<sup>b</sup> Figures with the same letters are not significantly different at P=0.05 level at Duncan's new multiple range test.

결 과

분생포자 형성에 대한 습도의 영향. 분생포자 형성은 상대습도에 따라 차이가 있었다(Table 1). 포자형성은 처리 24시간 후부터 관찰되었으며 72시간 후에 조사한 포자의 수는 상대습도 76%일 때 27.8개로 가장 많았고 57% 이하 또는 포화습도에서는 오히려 감소하였다. 분생포자 형성에 적합한 상대습도는 76~96%인 것으로 나타났다.

분생포자 발아에 대한 환경요인의 영향. 한천배지의 한천 함량을 달리하므로서 습도를 조절한 배지에서 분생포자 발아와 균사의 초기생장을 조사한 결과(Table 2) 처상 45시간후의 분생포자 발아율은 5% 한천배지에서 가장 높아 22.3%의 발아율을 보였으며 한천 제로인 증류수에서는 16.7%로 가장 낮았다. 균사생장은 5% 한천배지에서 33.6 μm로 가장 양호하였고 증류수에서는 23.1 μm로 가장 낮았으며, 5% 한천배지에서는 균사 선단부의 팽대 및 분기정도가 상대적으로 감소하여 균사생장에 유리하였다. 온도와 pH의 분생포자 발아에 대한 영향을 보면(Table 3) 배양 45시간 후의 발아율이 26°C에서 28.6%로 가장 양호하였으며 29°C와 23°C에서는 각각 25.7%와 25.0%로 비슷하였고 20°C에서 22.3%로 가장 낮았다. 모든 처리온도에서 pH 5.0일 때 발아율이 29%~40.3%로 가장 높았으며 pH가 높을수록 분생포자 발아율은 낮았다. 온도가 높을수록, 그리고 pH가 낮을수록 포자발아율이 높아 26°C에서 pH 5.0일 때 최고의 발아율을 보였다. 약 100 lux의 형광 및 암상태에서의 분생포자 발아율(Fig. 1)은 배양 15시간까지는 차이가 없었으나 그 이후부터는 약간의 차이를 보여 45시간 후의 발아율

**Table 2.** Effect of agar content in water agar medium on conidial germination and hyphal growth of in *Uncinula necator*

| Agar content (%) | % Germination at the incubation time <sup>a</sup> (h) |     |      |      |        | Hyphal length <sup>b</sup> (μm) |
|------------------|---|-----|------|------|--------|---------------------------------|
|                  | 5   | 15  | 25   | 35   | 45     |                                 |
| 0.0 <sup>c</sup> | 0.7   | 4.7 | 8.3  | 13.3 | 16.7 a | 23.1 a                          |
| 0.5              | 1.3   | 5.3 | 11.3 | 17.7 | 19.7 a | 25.2 a                          |
| 1.0              | 2.0   | 6.7 | 13.0 | 18.3 | 20.3 a | 27.3 a                          |
| 3.0              | 1.7   | 6.0 | 12.0 | 15.7 | 22.0 a | 32.6 a                          |
| 5.0              | 2.0   | 7.7 | 13.3 | 17.7 | 22.3 a | 33.6 a                          |

<sup>a</sup> Incubation was made under 100 lux of fluorescent light at 25°C.

<sup>b</sup> Hyphal length was measured at 45 hrs after inoculation.

<sup>c</sup> Distilled water.

**Table 3.** Effect of temperature and pH on conidial germination of *Uncinula necator*

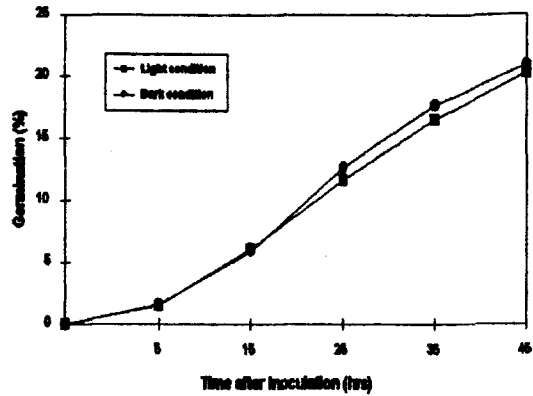
| Temperature (°C) | pH   | % germination at the incubation time (h) |      |      |      |                     |
|------------------|------|--|------|------|------|---------------------|
|                  |      | 5  | 15   | 25   | 35   | 45                  |
| 20               | 5    | 1.7                                      | 13.7 | 16.0 | 18.7 | 29.0                |
|                  | 7    | 1.3                                      | 6.3  | 9.7  | 12.0 | 19.7                |
|                  | 9    | 1.3                                      | 8.3  | 11.0 | 12.3 | 18.3                |
|                  | Ave. | 1.4                                      | 9.4  | 12.2 | 14.3 | 22.3 b <sup>a</sup> |
| 23               | 5    | 3.7                                      | 14.6 | 18.0 | 20.7 | 32.0                |
|                  | 7    | 1.0                                      | 11.7 | 14.0 | 15.7 | 21.0                |
|                  | 9    | 1.3                                      | 11.0 | 13.3 | 15.3 | 22.0                |
|                  | Ave. | 2.0                                      | 12.4 | 15.1 | 17.2 | 25.0                |
| 26               | 5    | 4.0                                      | 12.0 | 16.7 | 23.7 | 40.3                |
|                  | 7    | 2.7                                      | 9.3  | 15.3 | 19.7 | 24.7                |
|                  | 9    | 3.3                                      | 9.0  | 15.3 | 17.3 | 20.7                |
|                  | Ave. | 3.3                                      | 10.1 | 15.8 | 20.2 | 28.6 a              |
| 29               | 5    | 3.3                                      | 9.7  | 16.0 | 25.0 | 36.7                |
|                  | 7    | 2.7                                      | 10.0 | 12.0 | 15.0 | 21.0                |
|                  | 9    | 2.7                                      | 3.3  | 10.3 | 14.3 | 19.3                |
|                  | Ave. | 2.9                                      | 7.7  | 12.8 | 18.1 | 25.7 ab             |

<sup>a</sup> Treatment means within columns followed by the same letter do not differ significantly at  $P \leq 0.05$  level as analyzed by Duncan's multiple range test.

은 광조건에서 20.2%, 암조건에서 20.9%를 나타내었다. 그러나 분생포자의 발아에 대한 광선의 영향은 극히 적은 것으로 보였다.

식물즙액 및 살균제의 분생포자 발아에 대한 영향.

포도과즙 및 엽즙첨가 배지에서의 분생포자 발아율 (Table 4)은 즙액 함량에 따라 차이가 있었다. 엽즙액 30% 첨가배지에서 28.3%로 가장 양호하였고 그 다음이 한천배지, 엽즙 50% 첨가배지였으며 과즙 첨가배지 및 PDA에서는 낮았다. 균사 초기생장은 엽즙 30% 첨가배지에서 51.5  $\mu\text{m}$ 으로 가장 좋았고 과즙 30% 첨가배지에서 26.3  $\mu\text{m}$ , PDA에서 25.2  $\mu\text{m}$ 로 한천배지



**Fig. 1.** Effect of light treatment on the conidial germination of *Uncinular necator* on water agar medium. Light condition was maintained under approximately 100 lux of fluorescent light.

34.7  $\mu\text{m}$ 보다 낮았다. 살균제 첨가배지에서의 분생포자 발아율은 살균제의 종류에 따라 차이는 있었으나 대부분 살균제 농도의 증가에 비례하여 급격한 감소를 보였다 (Fig. 2). 대부분의 살균제는 무처리에 비해 약 90% 정도의 발아 억제효과를 나타냈으며 myclobutanil은 약 60%에 불과하였다. 특히, myclobutanil은 농도 증가에 따른 발아율의 감소정도가 극히 낮았다. 처리살균제에 의한 흰가루병균의 균사생장 억제효과는 약제의 종류에 따라 그 정도에 차이가 있었으나 농도의 증가에 비례하여 증가하였으며 무처리에 비해서는 현저한 억제효과를 보였다 (Table 5). 약제별 균사생장 억제효과는 flusilazole, myclobutanil, triadimefon에 비해 difenaconazole, penconazole, triflumizole이 높았다.

## 고 찰

포도 흰가루병 분생포자의 형성은 습도에 크게 영

**Table 4.** Effect of the grapevine extract on conidial germination and hyphal elongation of *Uncinula necator*

| Medium            | % Germination at the incubation time (h) |      |      |      |         | Hyphal length <sup>a</sup> ( $\mu\text{m}$ ) |
|-------------------|--|------|------|------|---------|--|
|                   | 5  | 15   | 25   | 35   | 45      |  |
| Water agar, 1%    | 5.7                                      | 8.0  | 12.0 | 17.0 | 19.7 ab | 34.7 abc                                     |
| PDA               | 5.0                                      | 7.7  | 10.3 | 13.0 | 15.0 b  | 25.2 c                                       |
| Fruit extract 30% | 4.7                                      | 5.7  | 6.7  | 8.0  | 9.0 b   | 26.3 c                                       |
| Fruit extract 50% | 5.7                                      | 7.3  | 8.3  | 10.3 | 13.7 b  | 30.5 bc                                      |
| Leaf extract 30%  | 8.6                                      | 13.3 | 16.7 | 22.7 | 28.3 a  | 51.5 a                                       |
| Leaf extract 50%  | 6.0                                      | 9.0  | 13.0 | 17.0 | 19.3 ab | 45.2 ab                                      |

<sup>a</sup> Hyphal length was measured at 45 hours after inoculation.

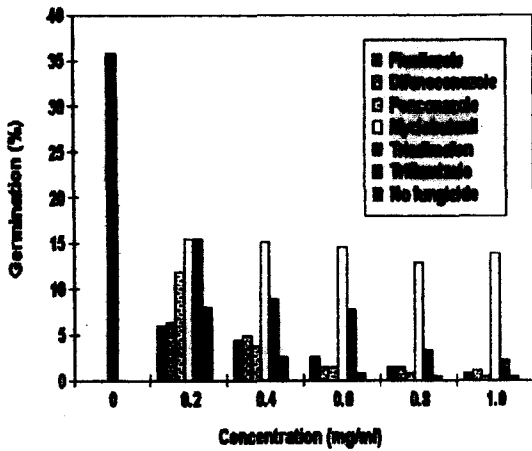


Fig. 2. Conidial germination of *Uncinular necator* on water agar supplemented with the fungicides at the different concentrations.

항 받으며 상대습도 30%에서 100%까지 습도가 높을수록 분생포자 형성이 증가하는 것으로 알려져 있다(12). 그러나 박 등(11)은 장미 흰가루병의 분생자경 형성에는 75~92%가 적당하며 96% 이상이면 오히려 감소한다고 하였고, Chellemi(3)는 포도 흰가루병에 물을 분무하므로써 포자형성을 현저히 감소시켰다고 하였다. 본 연구에서도 상대습도 76~96%에서 분생포자 형성율이 가장 높았으며 이보다 과부족인 경우에는 현저히 감소하였다. 포자발아에는 포화습도에 가까운 충분한 습기가 필요하며, 포도 흰가루병의 경우 상대습도 40~100%에서 발아율이 높으나 20% 이하에서도 발아가 가능한 것으로 알려져 있다(12). Blach 등(1)에 의하면 물속에서는 팽압의 증가로 포도 흰가루병 분생포자 발아가 극히 불량하고 균사 선단부가 붕괴되는 현상이 나타나며 상대습도 99.6%에서도 현저한 감소를 나타냈다. 본 연구에서는 5% 환천배지에서 분생포자 발아율 및 균사의 초기생장이 가장 좋았으며 정확한 습도는 적시하지 못했으나 수분함량이 감소할수록 균사선단의 팽대율이 감소하면서 균사생장이 증가하였다. Delp(5)는 포도 흰가루병의 경우 포자발아는 6~33.5°C, 감염 및 발병은 7~31°C에서 가능하나 최적온도는 25°C라고 하였으며 연구자에 따라서는 11~29°C(17), 15~20°C(9)으로 보고하였다. 장미 흰가루병 포자 발아온도와 pH는 15~24°C, pH 4.0~4.6이고 30°C 이상에서는 발아하지 않으며, pH 4~6범위에서는 영향받지 않는다고 하였다(11). 그러나 본 연구에서 발아 최적온도는 26°C였으며 pH 5.0인 산성배지에서 발아율이 높았는데 이는 포도 식물체가 다른

Table 5. Inhibition of hyphal elongation on water agar supplemented with different concentrations of fungicides in *Uncinula necator* incubated at 25°C for two days

| Fungicide      | Concentration (mg/ml) |      |      |      |      |                     |
|----------------|-----------------------|------|------|------|------|---------------------|
|                | 0                     | 0.2  | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 1.0                 |
| Flusilazole    | 76.4                  | 61.5 | 47.5 | 39.3 | 35.3 | 27.5 a <sup>*</sup> |
| Myclobutanil   | 76.4                  | 95.5 | 89.7 | 62.6 | 39.9 | 26.9 a              |
| Difenoconazole | 76.4                  | 61.1 | 44.5 | 34.7 | 27.9 | 20.6 ab             |
| Penconazole    | 76.4                  | 63.0 | 44.1 | 34.9 | 26.3 | 22.3 ab             |
| Triflumizole   | 76.4                  | 45.6 | 35.1 | 26.5 | 18.7 | 15.8 b              |
| Triadimefon    | 76.4                  | 71.0 | 62.2 | 43.1 | 30.5 | 24.4 a              |

<sup>\*</sup> Treatment means within columns followed by the same letter do not differ significantly at  $P \leq 0.05$  level, as analyzed by Duncan's new multiple range test.

식물에 비해 즙액의 산도가 높기(7) 때문으로 보였다. 광선은 포자발아 및 병진전에 중요하며 많은 종류의 흰가루병 포자발아는 암상태 보다는 광상태에서 증가한다고 알려져 있다(17). 그러나 Pearson 등(12)은 포도 흰가루병의 포자발아율이 약한 광선에서는 47%인 반면, 직사광선 하에서는 16%에 불과하다고 하였고, 밀 흰가루병(*E. graminis* f. sp. *tritici*)에서는 감염 단계에 따라 달라 발아 및 흡기형성 초기단계는 광에 무관하고 흡기 성숙단계는 광조건에 민감하다고 하였다(9). 또, 밀 줄기녹병균(*P. graminis* f. sp. *tritici*)의 하포자 발아 및 흡기형성은 300 ft-c 이하에서는 광도차이의 영향이 없다고 하였다(14). 본 연구에서 암상태와 100 lux의 광상태에서 발아율의 차이가 없었던 것은 광도가 낮은 때문이라 생각된다. 식물즙액의 배지첨가는 포자발아 및 균사생장의 촉진작용이 있는데(11), 본 연구에서는 포도 열즙액 30% 첨가배지에서 가장 높았고 과즙 첨가배지에서는 불량하였다. 이는 배지에 사용한 포도 유과의 pH가 지나치게 낮은 때문으로 보인다. Triazole계 화합물은 진균의 세포막 구성에 중요한 ergosterol 생합성을 저해하는 살균작용을 가진 약제로써 포자발아는 정상이나 균사생장을 저해하여 극심한 분지현상 및 균사선단의 팽대, 붕괴를 일으키는 것으로 알려져 있으나(16), Sisler 등(15)은 이들이 포자발아를 현저히 억제하고 발아관의 다분지 현상과 함께 균사생장 억제효과가 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 살균제 처리에 의한 포자발아 억제가 현저하였으며 균사의 초기생장이 억제되고 균사선단의 팽대, 붕괴현상이 있었다. 특히, myclobutanil, triadimefon은 흰가루병의 방제효과는 다른 약제와 유사하나(10) 발아억제력이 낮고, 약제 농도의 증가에도 억제효과에 큰 차이가 없어 공시 살균제간에 작용기

작의 차이가 있는 것으로 보였다.

## 요 약

포도 흰가루병균(*Uncinula necator*)의 분생포자 형성, 발아 및 균사 초기생장에 미치는 중요 환경요인과 살균제의 영향을 구명하기 위하여 수행한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 분생포자 형성은 상대습도 76~96%에서 가장 좋았다. 포자 발아 및 균사 초기생장은 증류수에 비해 5% 한천배지에서 좋았으며, 온도 26°C, pH 5.0일 때 가장 좋았다. 광 100 lux는 암상태와 발아율에 차이가 없었으며 한천배지에 포도 엽즙액 30%를 첨가한 배지에서는 순수 한천배지 보다 좋았다. 또, triazole계 살균제 첨가배지에서의 포자발아 및 균사생장은 살균제 농도증가에 비례하여 급격히 감소하였으나 그 정도는 살균제의 종류에 따라 차이가 있었다. 특히, myclobutanil은 농도증가에 따른 발아율의 감소정도가 매우 낮았다.

## 참고문헌

- Blaich, R., Heintz, C. and Wind, R. 1989. Studies on conidial germination and initial growth of the grapevine powdery mildew *Uncinular necator* on artificial substrates. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 30: 415-421.
- Brodie, H. J. and Neufeld, C. C. 1942. The development and structure of the conidia of *Erysiphe polygoni* and their germination at low humidity. *Can. J. Res.* 20: 41-62.
- Chellemi, D. O. and Marois, J. J. 1991. Effect of fungicides and water on sporulation of *Uncinula necator*. *Plant Dis.* 75: 455-457.
- Clayton, C. N. 1942. The germination of fungus spore in relation to controlled humidity. *Phytopathology* 32: 921-943.
- Delp, C. J. 1954. Effect of temperature and humidity on the grape powdery mildew fungus. *Phytopathology* 44: 615-626.
- Doster, M. A. and Schnathorst, W. C. 1985. Effects of leaf maturity and cultivar resistance on development of the powdery mildew fungus on grapevines. *Phytopathology* 75: 318.
- Gibbs, A. and Harrison, B. 1976. *Plant Virology, The principles*. Edward Arnold. 73pp.
- Masri, S. S. and Ellingboe, A. H. Germination of conidia and formation of appressoria and secondary hyphae in *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 56: 304-308.
- Nair, K. R. S. and Ellingboe, A. H. 1962. Studies on the germination of conidiospores of powdery mildew of wheat. *Phytopathology* 52: 745.(Abstr.)
- Oh, J. H. 1996. Control of powdery mildew (*Uncinula necator*) in vineyards by spraying and vapor-action treatments of triazole fungicides. *Korean J. Plant Pathol.* 12: 316-323.
- Park, K. S. and Kim, C. H. 1993. Effects of pH, temperature and relative humidity on conidiophore development and conidial germination of *Sphaerotheca pannosae* var *rosae* and varietal resistance of rose. *Korean J. Plant Pathol.* 9: 36-41.
- Pearson, R. C. and Goheen, A. C. 1988. *Compendium of Grape Diseases*. American Phytopathological Society. St. Paul, MN. pp.9-11.
- Plant pathologist's pocketbook, 2nd ed. compiled by CMI. Kew, England. 409pp.
- Sharp, E. L., Schmitt, C. G. and Kingslover, C. H. 1958. Some critical factors involved in establishment of *Puccinia graminis* var. *tritici*. *Phytopathology* 48: 469-474.
- Sisler, H. D., Walsh, R. C. and Ziogas, B. N. 1982. Ergosterol biosynthesis; A target of fungitoxic action. *Pesticide Chemistry, Human Welfare and the Environment*. Vol. 3, ed. by Miyamoto, S. and Kearney, S. IUPAC. pp.129-134.
- Tomlin, C. 1994. *A world compendium, The Pesticide Manual, Incorporating the Agrochemicals Handbook*, Tenth edition. The Bath Press, Bath. 897pp.
- Yarwood, C. E. 1957. Powdery mildews. *Bot. Rev.* 23: 235-301.

(Received May 23, 1997)