

단호박 흰가루병의 약제방제

장석원* · 김성기 · 김희동¹

경기도농업기술원 북부농업시험장, ¹경기도농업기술원 광주버섯시험장

Chemical Control of Powdery Mildew of Sweet Pumpkin in Korea

Seog Won Chang*, Sung Kee Kim and Hee Dong Kim¹

Northern Agricultural Research Station, Kyonggi-do Agriculture Research and Extension Services, Yonchon 486-833, Korea

¹Mushroom Institute, Kyonggi-do Agriculture Research and Extension Services, Kwangju 464-870, Korea

(Received on January 25, 2001)

To establish an effective chemical control strategy against powdery mildew of sweet pumpkin (*Cucurbita maxima* Duchesne) caused by *Sphaertheca fuliginea*, screening of effective fungicides and determination of their application times were conducted. Powdery mildew caused by *S. fuliginea* began to occur at about 80 days after transplanting and continuously increased until harvesting in Korea. Systemic fungicides, such as difenoconazole, triforine, bitertanol, and triflumizole, were effective for controlling powdery mildew, showing control efficacies of about 80-90%. When the fungicide triflumizole was applied 3 or 4 times from the beginning day of the disease at 10-day intervals, about 92.0% and 94.6% of disease control and yield increase of 7% and 9% were obtained, respectively. Therefore, the proper application of triflumizole for controlling powdery mildew of sweet pumpkin must be done more than 3 times.

Keywords : powdery mildew, sweet pumpkin, *sphaerthecha fuliginea*, chemical control

서 론

흰가루병은 박과류에서 노지 뿐만 아니라 시설재배지에서도 기주범위가 가장 넓은 병해 중 하나이다(Amono, 1986). 박과류에 흰가루병을 일으키는 병원균은 세계적으로 *Sphaerthecha fuliginea*(Schlechtend.: Fr) Poll.와 *Erysiphe cichoracerum* DC.가 보고되어 있는데(Zitter *et al.*, 1996), 국내에서는 *S. fuliginea*에 의한 것으로 보고되어 있다(Shin, 2000). 단호박(*Cucurbita maxima* Duchesne)에 흰가루병을 일으키는 *S. fuliginea*는 잎, 엽병, 줄기 위에서 흰 포자와 균사체를 형성한다. 단호박 흰가루병은 호박재배에서 과실의 크기와 수를 줄여 수량 감소를 일으킨다(Cohoon, 1965; Thayer and Dohner, 1970; Kantzes, 1974; Lambe and Price, 1983; Johnston, 1987). 흰가루병에 감염된 잎은 조기노화로 인해서 낙엽되고 햇볕에 노출된 과실은 자외선에 노출되어 탈색되거나 조기성숙하여 불완전하게 성

숙하는데, 그러한 과실은 영양원이 부족하거나 맛이 부족하게 되어 상품성을 상실한다(Dougherty, 1980; Paulus *et al.*, 1972). 게다가 흰가루병 감염은 *Didimella bryoniae*에 의한 덩굴마름병에 걸리기 쉽게 하기도 한다(Bergstrom, 1982).

흰가루병을 방제하는 방법은 매우 다양하다. 화학농약의 사용(MacGrath, 1991; MacGrath, 1992), 중북기생균 등을 이용한 생물적 방제(Shin and Kyeung, 1994), 저항성 품종의 이용(Hosoya *et al.*, 2000), 그리고 식물성 오일의 이용(MacGrath and Staniszewska, 1996) 등 다양한 방법에 의해 방제가 이루어지고 있지만 국내에서 실제 이용되는 방법은 매우 국한되어 있다. 주로 이용되고 있는 방법인 농약 사용은 매우 효과적이고 빠른 방법 중 하나이다. 그러나 단호박에 발생하는 흰가루병은 발생상태 및 방제방법에 대하여 아직 연구된 바 없다. 또한 단호박 흰가루병을 방제하기 위한 약제가 아직 등록이 되어있지 않아 농가에서 오·남용의 우려가 있다. 최근 환경에 대한 관심의 고조로 적정 약제횟수를 준수하는 것은 안전농산물에 대한 소비자의 기호 및 생태계 보전 측면에서 바람직하다.

따라서 본 연구에서는 단호박 재배지에서 흰가루병의

*Corresponding author

Phone) +82-31-834-3106, Fax) +82-31-839-2593

E-mail) JI209@chollian.net

발생생태를 조사하고 방제약제 선발 및 적정 방제횟수에 시험결과에 대해 기술하고자 한다.

재료 및 방법

흰가루병 발생생태. 단호박 흰가루병 발생생태는 1999년부터 2000년까지 2년동안 주재배지인 경기 연천, 경기 여주, 충북 청원, 대구, 경북 안동(2개지역)에서 조사하였다. 경기 연천과 대구는 덕재배(정식 후 호박 줄기를 하우스 위로 유인하여 재배하는 방법), 경기 여주와 안동은 노지재배(노지에 정식 후 방임하여 재배하는 방법)하였으며, 정식시기는 대구지역이 3월 중순, 경기 연천이 4월 중순, 경기 여주와 충북 청원 그리고 안동지역에서는 4월 하순에 각각 정식하였다. 흰가루병 방제약제를 살포하지 않은 포장을 조사지역당 3개 포장씩 선정하였고, 4월부터 7월까지 연천은 10일 간격, 다른 지역은 월 1회 조사하였다.

단호박 육묘 및 정식후 관리. 25°C 항온기에서 24시간 침종한 종자(품종명 : 단비스)를 유아가 3~4 mm 정도 신장되도록 48시간 최아한 후 원예용 상토(바이오믹스)를 담은 16공 연결 포트에 파종하였다. 35일간 육묘한 후 4월 3일에 재식거리 300×40 cm로 정식하였다.

10a당 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=10-25-13 kg과 소석회 100 kg, 퇴비 2,500 kg 수준으로 하여 소석회와 톱밥돈분발효 퇴비 2,500 kg은 정식 10일전에 살포 후 토양 혼화하였다. N-K₂O는 기비로 2/3를 사용하고 추비로 1/3을 제1번 과가 야구공 크기 정도 자랐을 때 호박 포기 사이에 구덩이를 파고 시비하였고, 기타 인산은 전량 기비로 사용하였다. 적심은 본포정식 후 활착이 완료된 다음 5절에서 하였고 정식 후 30일에 세력이 균일한 아들줄기 2개를 남기고 결순을 제거하였으며 정식 후 40일에 2차 정지작업 후, 아들줄기 길이가 약 1.2 m 성장하였을 때 하우스에 설치된 호박망에 유인 결속하여 재배하였다.

흰가루병 방제약제 선발. 1999년부터 2000년까지 흰가루병 방제약제를 선발하기 위하여 경기도 연천군소재 북부농업시험장 포장에서 difenoconazole EC(10%), triforine

EC(17%), bitertanol WP(12.5%), triflumizole WP(30%) 등 4약제를 각각 1000배액으로 발병초부터 10일간격 3회 경엽살포한 후 10일차에 조사하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 수행하였다. 당도는 수확 후 5일간 예건한 개체의 과육으로부터 측정(Atago PR-100, Japan)하였으며, 상품화율은 개체당 무게가 1 kg 이상의 과실의 비율을 환산하였다. 기타 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사 기준에 준하였다.

흰가루병 방제약제 살포횟수에 따른 방제효과. 본 시험은 약제 선발시험에서 효과가 우수하였던 triflumizole WP(30%)의 살포횟수에 따른 약제효과를 검증하기 위하여 약제 선발시험과 동일 포장에서 실시하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 실시하였고, 약효는 4회 약제살포구 처리 후 10일차에 조사하였다. 생육 및 수량조사는 방제약제 선발시험과 동일하게 농촌진흥청 농사시험연구조사 기준에 준하였다.

발병도 조사. 발병도는 상위 4~5엽을 제외하고 그 밑의 잎을 조사하되 구당 20주를 택하고 주당 5엽에 대하여 병반면적율을 조사하였다. 발병도의 등급은 병반면적율 0, 0.1~5%, 5.1~20%, 20.1~40%, 40.1% 이상을 각각 소, 중, 다, 심으로 표기하였다. 발병도(%)를 구하는 식은 [(소×1) + (중×2) + (다×3) + (심×4)] / (조사엽수×4) × 100식으로 환산하였다.

결과 및 고찰

단호박 흰가루병 발생생태. 단호박 재배지역별 흰가루병 발생정도는 Table 1과 같다. 흰가루병의 발생은 정식 후 80일경인 6월 하순에 시작되었고, 연천과 대구 지역이 다른 지역보다 발생이 심하였다. 대구지역에서 다른 지역보다 흰가루병의 발생이 이르고 심한 이유는 정식기가 다른 지역보다 약 30일정도 빨라 식물체의 생육단계와 매우 밀접한 관련이 있는 흰가루병 발생이 단호박의 노화에 의해 촉진된 것으로 보여진다(Hwang and Heiteffus, 1982; Stepens and Stebbins, 1989). 또한 노지재배(여주,

Table 1. Occurrence of powdery mildew of sweet pumpkin during 1999 and 2000 at different locations in Korea

Location	Disease severity(%)						
	13 May	23 May	3 June	13 June	23 June	3 July	13 July
Yonchon	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	27.5	41.2
Yeoju	0.0	- ^a	-	0.0	2.1	-	33.2
Cheongwon	0.0	-	-	0.0	-	-	35.9
Taegu	0.0	-	-	38.3	-	-	50.0
Andong	0.0	-	-	0.9	-	-	9.0

^aNot surveyed.

청원, 안동 지역)보다 덕재배(연천, 대구)에서 병발생이 높았던 것은 일조부족, 고온, 통풍불량 그리고 연작재배 등의 조건이 흰가루병의 발생 및 진전에 적당한 환경이 조성되었기 때문으로 판단된다.

연천지역에서의 품종별 흰가루병 발생양상을 보면(Fig. 1), 단비스와 구리지망 모두 정식 후 80일 경인 6월 하순에 발생되었고 구리지망보다는 단비스의 발생이 심해 품종간 반응에 차이가 있음을 알 수 있었다. 회복과뿐만 아니라 박과류에서도 흰가루병은 품종간 반응이 매우 뚜렷하여(Hwang and Heiteffus, 1982; Mohamed *et al.*, 1995), 흰가루병 저항성 육종이 세계적으로 활발히 이루어지고 있다(Hosoya *et al.*, 2000). 흰가루병은 보통 착과가 시작

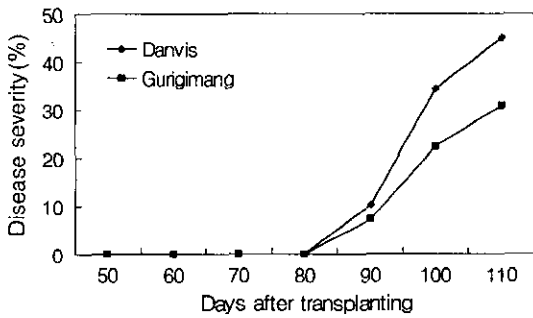


Fig. 1. Occurrence of powdery mildew of different sweet pumpkin cultivars during 1999 and 2000 in Yonchon.

Table 2. Effect of fungicides on the control of powdery mildew of sweet pumpkin

Fungicide	Disease severity (%)	Control value (%)
Difenoconazole EC	8.8X ^a	83.9
Triforine EC	6.3W	88.5
Bitertanol WP	10.8XY	80.2
Triflumizole WP	5.5V	89.9
Untreated	54.6Z	-

^a Means with the same letters in the column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. The means were analysed on each cultivation time.

하거나 비대해지는 시기에 나타나는데 이는 이때 과일생산으로 식물체가 감수성이 되기 때문인 것으로 알려져 있다(Stepens and Stebbins, 1989; Zitter *et al.*, 1994).

흰가루병 방제약제 선발. 시험약제별 방제효과는 Table 2와 같다. 미국에서 호박 흰가루병을 방제하기 위해서 benomyl, triadimefon(MacGrath, 1996), propinconazole 등의 약제가 주로 이용되고 있다(MacGrath *et al.*, 1996). 본 시험에서도 difenoconazole 등 시험약제 모두 80% 이상의 방제효과를 보였고, 특히 triforine과 triflumizole이 각각 88.5%와 89.9%의 높은 방제가를 나타냈다.

시험약제별 수확과수 및 상품수량을 보면 Table 3과 같다. 수확과수는 약제살포구에서 많았으며, 과중은 처리간 큰 차이가 없었다. 당도는 약제살포구에서 무방제보다 1.0~2.1°Brix 정도 높았고, 10a당 상품수량도 무방제 2,995 kg에 비하여 약제살포구에서 7%~14% 높게 증수되는 경향이 있었다. Thayer와 Dohner(1970)는 약제를 이용하여 단호박의 흰가루병을 방제했을 때 최고 180%의 증수효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. 또한 다른 연구자들(Thayer and Dohner, 1970; Lambe and Price, 1983; Johnston, 1987)도 수량저하의 원인이 수확과수 및 과실의 크기 감소에 있다고 보고하였다. 본 시험에서는 수확과수가 수량 감소에 영향을 미치는 것으로 나타나 다른 연구자들과 비슷한 경향이 있었다.

흰가루병 방제약제 살포횟수에 따른 방제효과, 약제

Table 4. Effect of triflumizole application times on powdery mildew

Times of application	Disease severity (%)	Control value (%)
2	16.3Y ^a	73.9
3	5.0X	92.0
4	3.4X	94.6
Untreated	62.5Z	-

^a Means with the same letters in the column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. The means were analysed on each cultivation time.

Table 3. Effect of fungicides on marketable yield, yield components and fruit quality of sweet pumpkin

Fungicide	Harvesting fruit (No./10a)	Fruit weight (g/fruit)	Sugar content (°Brix)	Marketability ^a (%)	Marketable yield (kg/10a)
Difenoconazole EC	1,833	1,829	10.0	94.1	3,195
Triforine EC	1,775	1,926	10.2	100.0	3,420
Bitertanol WP	1,861	1,847	10.0	97.1	3,422
Triflumizole WP	1,860	1,915	11.1	94.9	3,378
Untreated	1,720	1,862	9.0	94.9	2,995

LSD(5%) ----- 260.4

CV(5%) ----- 14.4

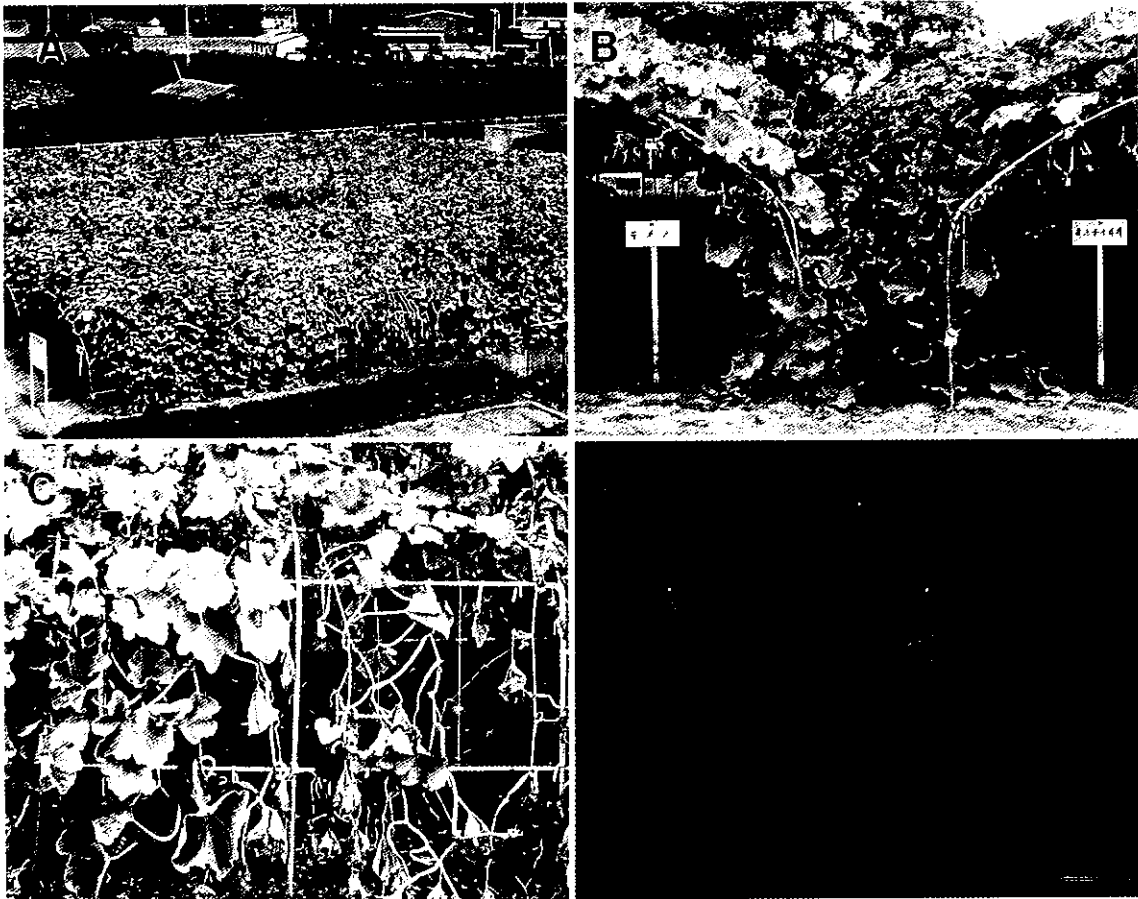
^a Fruits of more than 1 kg in weight were counted.

Table 5. Effect of triflumizole application times on marketable yield, yield components and fruit quality of sweet pumpkin

Times of application	Harvesting fruit (No./10a)	Fruit weight(g/fruit)		Sugar content (°Brix)		Marketability (%)	Marketable yield (kg/10a)
		1st fruit	2nd fruit	1st fruit	2nd fruit		
2	1,365	1827.2	1780.4	11.2	10.5	100	2650.1
3	1,764	1649.5	1587.4	12.2	10.9	100	2810.9
4	1,544	1758.7	1573.3	12.5	11.1	100	2831.2
Untreated	1,642	1606.4	1404.4	9.6	8.6	97.2	2616.0

LSD(5%)----- 110.1

CV(5%)----- 12.0

^a Fruits of more than 1 kg in weight were counted.**Fig. 2.** Powdery mildew symptoms on sweet pumpkin leaves naturally infected by *Sphaerthecha fuliginea* (A, B, C), and conidia of *S. fuliginea* (D). Bar=20 μ m.

살포횟수별 방제효과는 Table 4와 같다. 단호박에서 흰가루병 방제시 IPM(Integrated Pest Management) 방법의 도입을 통한 약제살포횟수의 감소(MacGrath and Stainszewska, 1994) 및 약제 저항성 문제 극복을 위한 보호살균제의 살포횟수 설정(MacGrath., 1996) 등 많은 연구가 이루어지고 있으며, 보호살균제와 침투성 살균제의 교호살포를 위한 가이드라인이 설정되어 있다(MacGrath, 1996). MacGrath (1996)에 의하면 단호박 흰가루병을 방제하기 위해서는

침투성살균제에 보호살균제 1~2회 살포를 권장하고 있다. 본 연구에서는 방제효과는 2회 처리하였을 때 73.9%로 다소 낮았으나 3회와 4회 살포하였을 때 각각 92%와 94.6%의 높은 방제효과를 보였다. 국내에서는 수확한 단호박의 단경기 출하시 과잉생산에 의한 가격하락의 우려 때문에 수확기조절이 필요한 실정이다. 그러므로 약제저항성균 출현 예방을 위해서 2회 살포가 적절하지만, 출하시기조절 등을 고려할 때 90% 이상의 방제가를 보인 3

회 방제도 효율적일 것으로 판단된다. 또한 미국의 예에서 볼 수 있듯이 약제저항성균 출현 예방 및 안전농산물 생산을 위해서 앞으로 약효가 우수한 보호살균제의 등록 및 침투성살균제와의 교호 살포효과 시험도 수행되어야 할 것으로 보여진다(MacGrath, 1996).

약제 살포횟수별 수확과수 및 상품수량을 보면 Table 5와 같다. 수확과수와 과중은 약제 살포횟수와 비례하지는 않았으나 수확과수가 많을수록 1, 2번과의 과중은 가벼웠다. 당도는 무방제 8.6°Brix보다 약제살포구에서 1.9~2.5°Brix정도 높았고, 2번과에 비해서 1번과에서 다소 높았다. 10a당 상품수량도 무방제 2,616 kg에 비하여 1%~9% 높게 증수되는 경향이었으며, 상품화율은 무방제에서 다소 낮은 경향이였다. MacGrath(1996)에 의하면 약제살포구에서 이용시 수확과수와 총 과실무게가 각각 최고 84%, 98% 증수한다는 보고와 같은 경향이였다. 이것은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 단호박이 흰가루병에 심하게 감염되면 조기에 낙엽되고 과실이 햇빛에 노출되어 과피 탈색과 열과가 많아지며 과실이 작아지게 되어 수량 및 상품화율의 저하를 불러오게 되기 때문으로 판단된다.

이상의 결과로 볼 때, 단호박 흰가루병을 방제하기 위해서는 3회 이상의 살포횟수가 필요하였다. 흰가루병을 방제하면 단호박 식물체의 녹색성이 지속되어(Fig. 2) 수확기를 조절(늦출 수 있는)할 수 있는 잇점이 있다. 그러나 단호박 소비는 국내 시장 및 일본에 7월경 수출에 의존하는 바 크므로, 농가별 실정에 맞게 흰가루병의 방제 횟수를 조절하는 것이 타당하다.

요 약

단호박 재배지별 흰가루병 발생은 1999년과 2000년 모두 정식후 80일경에 발생하기 시작하였고, 지역별 발병 정도는 대구 > 연천 > 청원 > 여주 순이었으며, 품종간에는 단비스에서 발생이 약간 많았다. 재배형태간에는 노지재배보다 덩치재배에서 병발생이 심하였다. Difenoconazole 등 4약제 모두 80% 이상의 방제효과를 보였으며 특히 triforine과 triflumizole이 각각 88.5%, 89.9%로 우수한 방제효과를 나타냈다. 10a당 상품수량은 무처리 2,995 kg에 비하여 triforine, triflumizole이 각각 14%, 13% 증수하였다. Triflumizole 3회, 4회 처리에서 각각 방제가 92.0%, 94.6%로 높은 방제효과를 나타냈다. 10a당 상품수량은 무처리 2,616 kg에 비하여 3회, 4회 처리구에서 각각 7%, 9% 증수하였으나 3회 처리와 4회 처리간의 통계적 유의차는 없었다.

참고문헌

- Amono, K. 1986. *Host Range and Geographical Distribution of the Powdery Mildew Fungi*. Japan Sci. Press, Tokyo. 741pp.
- Bergstrom, G. C., Dnavel, D. E. and Kùc, J. 1982. Role of insect injury and powdery mildew in the epidemiology of the gummy stem blight disease of cucurbits. *Plant Dis.* 66: 683-686.
- Cohoon, D. F. 1965. Control of powdery mildew and *Altenaria* leaf blight in cantaloupe. *Fungic. Nematicide Tests* 20: 58-59.
- Dougherty, D. E. 1980. Fungicide evaluation for powdery mildew control on honeydew, 1979. *Fungic. Nematicide Tests* 35: 71.
- Hosoya, K., Kuzuya, M., Murakami, T., Kato, K., Narisawa, K. and Ezura, H. 2000. Impact of resistant melon cultivars on *Sphaerotheca fuliginea*. *Plant Breeding* 119: 286-288.
- Hwang, B. K. and Heiteffus, R. 1982. Characterization of adult plant resistance of spring barley to powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*). Race specificity and expression of resistance. *Phytopathol. Z.* 104: 168-178.
- Johnston, S. A. 1987. Evaluation of fungicides for powdery mildew control in cucumber, 1986. *Fungic. Nematicide Tests* 42: 63.
- Kanzas, J. G. 1974. Control of powdery mildew in cantaloupe. *Fungic. Nematicide Tests* 29: 55.
- Lambe, R. C. and Price, P. L. 1983. Control of powdery mildew of squash, 1982. *Fungic. Nematicide Tests* 38: 107.
- McGrath, M. T. 1991. Evaluation of fungicides and effect of timing of bayleton applications on control of pumpkin powdery mildew, 1990. *Fungic. Nematicide Tests* 47: 124.
- McBrath, M. T. 1992. Efficacy of fungicides applied preventatively or based on disease occurrence for managing powdery mildew of pumpkin, 1991. *Fungic. Nematicide Tests* 47: 124.
- McGrath, M. T. 1996. Increased resistance to triadimefon and to benomyl in *Sphaerotheca fuliginea* populations following fungicide usage over one season. *Plant Dis.* 80: 633-639.
- McGrath, M. T. and Staniszewska, H. 1994. Efficacy of fungicides applied preventatively or following disease detection for managing powdery mildew of pumpkin, 1993. *Fungic. Nematicide Tests* 49: 142.
- Mohamed, Y. F., Bardin, M., Nicot, P. C. and Pitrat, M. 1995. Causal agents of powdery mildew of cucurbits in Sudan. *Plant Dis.* 79: 634-636.
- Paulus, A. O., Nelson, J., Shibuya, F., Whitaker, T. W., House, J., Meister, H. and Bohn, G. W. 1972. Fungicides and methods of application for the control of cantaloupe powdery mildew. *Plant Dis. Rep.* 56: 935-938.
- Shin, H. D. 2000. *Erysiphaceae of Korea*. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. pp.227-235.
- 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 J. Agri. Sci.* 36: 141-151.
- Stephens, C. T. and Stebbins, T. C. 1989. Control of powdery mildew of pumpkin with fungicide sprays, 1988. *Fungic. Nematicide Tests* 44: 129.
- Thayer, P. L. and Dohner, L. D. 1970. Control of powdery mildew in squash. *Fungic. Nematicide Tests* 25: 82.
- Zitter, T. A., Hopkins, D. L. and Thomas, C. E. 1996. *Compendium of Cucurbit Diseases*. APS Press, St. Paul, MN, USA. 87 pp.
- Zitter, T. A., Zuniga, T. L. and Derksen, R. C. 1994. Comparison of hydraulic and electrostatic sprayers for fungicide application in winter squash, 1993. *Fungic. Nematicide Tests* 49: 151.