

딸기 흰가루병 방제를 위한 수확전 약제 처리 시기

남명현 · 정석기 · 장창순¹ · 송정영¹ · 김홍기^{1*}

충남농업기술원 논산딸기시험장, ¹충남대학교 농생물학과

Efficacy by Application Schedule of Fungicides before Harvest Stage for Control of Strawberry Powdery Mildew

Myeong Hyeon Nam, Suck Kee Jung, Chang Soon Jang¹, Jeong Young Song¹ and Hong Gi Kim^{1*}

Nonsan Strawberry Experiment Station, Chungnam ARES, Nonsan 320-862, Korea

¹Dept. of Agri. Biol., Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received on March 2, 2005)

Powdery mildew, caused by *Sphaerotheca aphans* var. *aphans*, is an economically significant disease of strawberry in Korea. When powdery mildew is not controlled adequately, it often spreads rapidly through strawberry plants and damage is associated with reduced yields. Proper timing of fungicide applications is, therefore, essential for effective disease control. This study evaluated the efficacy by application schedule of fungicides before harvest stage for preventing powdery mildew in 2001-2003. The systemic fungicides, azoxystrobin, kresoxim-methyl, and copper fungicide DBEDC were applied preventively during the first part of the cultivating season. Preventative applications of DBEDC by dipping treatment before transplanting and kresoxim-methyl by foliar spray before blooming stage were one of the most effective control schedule tested to prevent and manage this disease. This research demonstrated the significance of application time to control of powdery mildew, particularly provided elimination unnecessary sprays of agrochemicals and reduction costs for strawberry growers.

Keywords : Application schedule, Fungicide control, Powdery mildew, *Sphaerotheca aphans*, Strawberry

현재 재배되고 있는 딸기(*Fragaria*×*ananassa* Duch.)는 비타민C 함량이 풍부하고, 과채류가 적은 겨울철에도 생산이 가능하여 최근 고소득 작물로 농가에서 인기가 높다. 2003년도 국내의 딸기 재배면적은 7,503 ha이고 생산량은 205,427 MT인데 그 중 시설재배가 7,172 ha를 차지하고 있다(농림부, 2004). 딸기의 각종 병해 발생은 재배양식에 따른 품종과 관련이 깊은데 그 중 흰가루병 발생이 가장 심한 축성재배 작형이 시설재배양식을 통해 증가 추세에 있다. 축성 재배 품종으로 매향, Akihime, Dochiodome 등이 주로 재배되고 있으며 이런 품종은 시설재배시 수확기에 문제되는 흰가루병에 아주 감수성인 것으로 알려져 있다(神頭, 2002).

딸기에 발생하는 흰가루병균은 *Sphaerotheca aphans*

(Wallr.) U. Braun var. *aphans* (Nakazawa and Uchida, 1998; Shin, 2000)로 저온 건조한 조건에서 발생이 증가하며 잎 뒷면, 꽃대, 과실 등에 발생하여(金磯, 1995) 수확기에 가장 큰 피해를 주는 병해이다. 농가에서는 최대 30%이상의 과실에 발생하여 막대한 피해를 주고 있으며 주로 1월에서 3월에 많이 발생하고, 농가에서는 방제를 위해 정식 후 약제를 4~6회 정도 살포하고 있다(남, 2001).

국내의 주요 딸기 재배지역 중 하나인 논산지역의 축성재배는 9월 정식 후 12월부터 수확하는데, 딸기 흰가루병 방제를 위해서는 무엇보다도 개화 전 하우스 내부의 병원균 밀도를 낮추는 것이 중요한 방제방법이다(남 등, 2001). 특히, 딸기의 경우 보온개시기는 추운 겨울이기 때문에 바람이나 곤충 등에 의한 하우스 내부로의 흰가루병균 유입이 거의 없으므로 수확기 과실에 발생하는 흰가루병의 효과적인 방제는 개화 전 하우스내의 방제가 매우 중요하다.

따라서 본 시험은 수확기 흰가루병의 효과적인 방제를

*Corresponding author

Phone) +82-42-821-5768, Fax) +82-42-823-8679

E-mail) hgkim@cnu.ac.kr

Table 1. Fungicides applied to powdery mildew of strawberry

Active ingredient	Commerical name	Formulation	Rate of product/ 20 l	Chemical category	Mode of action
DBEDC	Sanyol	20EC	40 ml	Copper	Prevention of spore germination
Kresoxim-methyl	Haebichi	47WG	5 g	Strobilulin	Inhibiting spore germination
Azoxystrobin	Otiba	20SC	10 ml	Strobilulin	Inhibiting spore and mycelial growth

위해 딸기의 개화 전 흰가루병 방제시기를 설정하고 처리 효과를 비교, 분석함으로써 재배자에게 생산비 절감과 불필요한 약제 살포 감축 방안을 제시하고자 실시하였다.

재료 및 방법

재배관리. 2001년과 2002년 논산딸기시험장 육묘포장에서 흰가루병 감수성 품종인 Akihime와 Dochiodome 품종을 육묘하고, 육묘를 태양열 소독하였다. 딸기 육묘는 시험장의 시설하우스내 양토(clay 16%, sand 38%, silt 46%)에서 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하여 2001년 9월 24일과 2002년 9월 25일에 각각 정식하였으며, 각각의 처리구의 면적은 10 m²로 조절하였다. 관수는 점적호스를 이용하여 정식 직후 1주일간은 2일 간격, 그 후부터는 7일 간격으로 실시하였다. 재배는 축성으로 11월 중순부터 야간온도를 5°C로 유지하기 위해 온풍기를 가동하였으며 낮 온도는 28°C를 넘지 않게 관리하였다.

방제력 작성. 2001년~2002년의 1년차 시험에 사용된 약제는 국내에서 딸기에 등록된 약제와 농가에서 현재 많이 사용하고 있는 약제를 우선적으로 선정하였고(Table 1), 방제력은 남과 정(1997)에 의해 조사된 딸기 병해충 발생양상을 토대로 작성하였다(Table 2). 약제처리는 Akihime 품종을 이용하여 model 1은 개화기(11월 17일)와 수확기(12월 2일과 1월 16일), model 2에서는 정식기(9월 24일)와 개화기(11월 10일)에 실시하였고 대조구로 무처리를 두었다. 약제 처리방법으로 정식기 처리는 묘 전체를 약제에 10분 침지한 후 정식하였고, 그 외는 모두 경엽 살포하였

다. 발병정도는 정식 후 15일 간격으로 잎 당 흰가루병의 발병률을 육안으로 조사하였고, 수확이 시작되면서부터는 흰가루병 이병과율(이병과수/전체 조사과수×100)을 조사하였다.

1년차 시험을 토대로 2002년~2003년의 2년차 시험은 Dochiodome 품종을 이용하여 model 1과 model 2 모두 정식기(9월 25일)에 약제침지 후 model 1은 개화기(11월 12일), model 2는 흑색멸칭 후(10월 28일) 약제 처리를 실시하였다. 방제효과는 수확이 시작되는 날로부터 1주일 간격으로 흰가루병 이병과율로 분석하였다.

방제가 분석. 얻어진 결과는 SAS(SAS institute, Inc., 1989, Cary, NC) program을 이용하여 analyzed using standard analysis of variance(ANOVA) 분석하였다. 처리 평균간 비교는 Fisher's protected least significant difference (FLSD, P≤0.05) test를 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

2001년 포장 실험. 2001년~2002년 Akihime 품종을 대상으로 한 시험에서 흰가루병 발생은 정식 후 60일부터 135일까지 처리 간에 상당한 유의차(P≤0.05)가 있었다. 흰가루병 발생은 무처리의 경우 정식 45일부터 2.2% 발생하기 시작하였으나 model 1의 경우는 정식 60일, model 2는 120일에 각각 4.6%와 3.5%의 흰가루병 초기 발생률을 나타냈다(Table 3). 또한 약제 살포 횟수는 model 2의 경우 2회로 model 1의 3회 보다 적었지만 방제효과는 오히려 더 높게 나타나 살포횟수보다도 살포시기가 더 중요한 것으로 나타났다.

수확기에 흰가루병이 발생된 포장에 Kresoxim-methyl을 살포한 model 1은 예방적으로 개화기에 살포한 model 2보다 정식 120일에 흰가루병 발생이 많았다(Table 3).

시설 하우스 내에서의 흰가루병 방제는 초기 전염원 제거가 가장 중요한 방제 방법(Berlinger 등, 1999)으로 딸기 흰가루병도 model 2의 결과처럼 시설 하우스 내에 딸기 묘를 정식 전에 예방차원에서 전염원을 방제하는 것이 중요한 방제기준이 될 것으로 생각된다.

주요한 딸기 흰가루병 살균제로 스테를 생합성 억제제

Table 2. Fungicide application for control of powdery mildew in strawberry during the 2001-02 and 2002-03 seasons

Treatment	Spray time	
	2001-02	2002-03
Model 1	3 ^a (S ^b), 4-1(H), 4-2(H)	1(A), 3(H)
Model 2	1(S), 3(H)	1(S), 2(H)
Control	Unsprayed check	Unsprayed check

^aGrowth stage: 1: transplanting 2: film mulching 3: blooming 4: harvesting.

^bS was DBEDC, A was Azoxystrobin and H was Kresoxim-methyl.

Table 3. Fifteen days data after transplants for powdery mildew fruit incidence on cultivar 'Akihime' for the 2001-02 cultivating season

Treatment	Days after transplants														
	15	30	45	60	75	90	105	120	135						
Model 1	0	0	0	4.6	b ^a	4.6	ab	0	a	0	a	12.5	ab	7.0	ab
Model 2	0	0	0	0	a	0	a	0	a	0	a	3.5	a	3.5	a
Control	0	0	2.2	4.6	b	11.1	b	13.9	b	15.7	b	25.0	b	30.8	b
P	...	...	0.0798	0.0042	0.0249	0.0007	0.0025	0.0879	0.0655						

^aMeans followed by different letters within a column in each section are significantly different as determined by Fisher's protected least significant difference test ($P \leq 0.05$).

(ergosterol biosynthesis inhibitors, EBIs), DBEDC 및 유황 등이 사용되고 있다(Hollomen과 Wheeler, 2002). 최근에는 미토콘드리아의 호흡을 억제하는 새로운 광범위 살균제로 strobilurin 계통의 Kresoxym-methyl이 외국에서 오이, 밀, 포도 등의 흰가루병 방제약제로 등록되어 사용되고 있다(Mansfield와 Wiggins, 1990). 그러나 이 약제의 경우 cytochrome b gene의 single point mutation에 의해 저항성이 발생된다고 보고된 바 있고(Ishii 등, 2001) Hollomen과 Wheeler(2002)에 의하면 오이와 밀에서 1-2년 만에 저항성균이 발생하여 다른 계통의 약제보다 빠른 약제저항성이 발생된다고 한다. 따라서 약제를 치료적으로 사용했을 때 저항성을 나타내는 병원균이 빠르게 출현할 가능성이 높기 때문에, strobilurin 계통과 같이 포자발아를 억제하는 살균제는 병원균이 침입한 후에 처리하는 DMI 계통의 살균제보다 병 발생 전에 미리 처리하여야만 한다(McGrath, 2001). Keinath(2004) 등도 수박의 흰가루병 방제효과는 mancozeb과 azoxystrobin을 혼용한 예방적 처리가 병 발생 시 다른 침투성 살균제처리의 효과보다 우수했다고 한다.

2002년 포장 실험. 1년차 시험에서 효과가 우수했던 model 2를 기준으로 2002년~2003년에는 Dochiodome 품종에 대해 살균제 방제력을 변형하여 처리한 결과, 흰가루병 발생은 수확 9주 후부터 처리 간에 유의차($P \leq 0.05$)를 나타냈다. 2년차 시험은 모든 처리에서 1년차 시험보다 흰가루병 발생이 적었으나 무처리에서는 수확 7주부

터 발병되기 시작하였다. 또한 흰가루병 방제효과는 model 1과 2에서 큰 차이가 없었으며 무처리보다 병 발생이 늦어 흰가루병 이병과율이 수확 후 2개월까지 발생이 되지 않았다(Table 4).

이는 시기를 앞당겨 흑색 멸칭시기에 약제처리를 해도 2001년의 결과와 같이 정식 전 약제 침지 후 개화기에 처리하는 것과 방제효과에는 큰 차이가 없다는 것을 의미한다. 이는 개화기 약제처리에 따른 수정률 저하나 화분매개 곤충 피해 및 농약 잔류 문제 등을 고려할 때 매우 유용한 처리방법이라 판단된다. 따라서 model 1과 2에서 흰가루병 발생이 적었던 것은 정식시기에 묘 전체를 약제에 침지하여 정식한 것이 흰가루병 방제에 큰 효과가 있다는 것을 나타낸다. 남 등(2001)은 딸기 묘를 정식 전에 DBEDC에 침지 처리하는 것이 정식 후에 엽면 살포하는 것보다 방제효과가 높다고 보고하였다.

한편, 농가의 경우 약제 살포 시 방제효과가 떨어지는 것은 잎 뒷면에 있는 흰가루병균에 약제가 도달하지 못해 발생하는 경우가 많다. 따라서 딸기 흰가루병 약제 처리 시 관행적으로 휘두르듯 딸기 잎의 윗면에만 살포하는 것은 딸기 하엽이나 뒷면에 약제가 충분히 묻지 못하기 때문에 효과적인 방제를 위해서는 약제를 딸기 잎의 위아래 및 측면을 향해 철저히 살포해야만 한다고 한다(Tanigawa 등, 1993). 딸기 묘 약제 침지는 엽면 살포보다도 주로 잎 뒷면에 존재하는 흰가루병균을 철저히 방제할 수 있으며 또한 생력화효과도 있는 것으로 생각된다.

Table 4. Weekly data for powdery mildew fruit incidence on cultivar 'Dochiodome' for the 2002-03 cultivating season

Treatment	Harvest week														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Model 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a ^a	0	a	0	a	
Model 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	a	0	a	0	a	
Control	0	0	0	0	0	0	3.0	6.4	5.8	b	7.2	b	10.0	b	
P	...	...	...	...	...	...	0.1967	0.1818	0.0045	0.0125	0.0019			

^aMeans followed by different letters within a column in each section are significantly different as determined by Fisher's protected least significant difference test ($P \leq 0.05$).

요 약

Sphaerotheca aphans var. *aphans*에 의한 딸기 흰가루병은 수확기에 발생하여 국내에서 가장 큰 문제가 되고 있는 중요한 병해이다. 딸기 흰가루병은 초기에 적절히 방제하지 않았을 경우 급격히 전반되어 방제가 어렵기 때문에 재배초기의 적절한 약제처리가 흰가루병 방제에 필수적이다. 이 연구는 효과적인 수확기 흰가루병 방제를 위한 최적의 약제처리시기를 밝혀내고자 감수성 품종인 'Akihime'와 'Dochiodome'를 대상으로 개화 전 약제 처리체계에 따른 방제효과를 비교, 분석하였다. Strobilulin 계통의 azoxystrobin과 kresoxim-methyl 및 유기동제인 DBEDC를 처리시기와 방법을 달리하여 딸기 수확기까지 처리하였다. 여러 가지 처리조합 가운데 딸기 묘를 정식 전 DBEDC에 침지 처리한 후 개화 전 멀칭시기에 kresoxim-methyl 엽면살포하는 방법이 흰가루병 방제에 가장 효과적이었다. 이 방제체계는 축성재배시 수확기 흰가루병 방제에서 처리시기의 중요성을 제시할 뿐만 아니라 재배자에게도 저농약 재배방법을 제공하고 경영비도 감소시켜 줄 것이다.

참고문헌

- Berlinger, M. J., Jarvis, W. R., Jewett, T. J. and Lebiush-Mordechi, S. 1999. Managing the greenhouse crop and crop environment. pp. 97-123. In: Integrated pest and disease management in greenhouse crops. R. Albajes, L. Gullino, J. van Lenteren, and Y. Elad (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Hollomon, D. W. and Wheeler, I. E. 2002. Controlling powdery mildews with chemistry. pp. 249-255. In: The powdery mildews: A comprehensive treatise. R.R. Belanger, W.R. Bushnell, A.J. Dik, and T.L.W. Carver (eds.). APS Press, St. Paul. MN.
- Ishii, H., Fraaije, B. A., Sugiyama, T., Noguchi, K., Nishimura, K., Takeda, T., Amaro, T. and Hollomon, D. W. 2001. Occurrence and molecular characterization of strobilurin resistance in cucumber powdery mildew. *Phytopathology* 91: 1166-1171.
- 金磯泰雄. 1995.イチゴうどんこ病を巡る問題點. 植物防疫 49(6): 237-240.
- 神頭武嗣. 2002.イチゴうどんこ病の發生生態と防除法. 植物防疫 56(6): 247-250.
- Keinath, A. and DuBose, V. B. 2004. Evaluation of fungicides for prevention and management of powdery mildew on watermelon. *Crop Protection* 23: 35-42.
- Mansfield, R. W. and Wiggins, T. E. 1990. Photoaffinity labelling of the beta methoxyacrylate binding site in bovine heart mitochondrial cytochrome bc-1 complex. *Biochim. Biophys. Acta* 1015: 109-115.
- McGrath, M. T. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: experiences and challenges. *Plant Dis.* 85(3): 236-245.
- 농림부. 2004. 2003 채소생산 실적.
- Nakazawa, Y. and Uchida, K. 1998. First record of cleistothecial stage of powdery mildew fungus on strawberry in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64: 121-124.
- 남명현, 정석기. 1997. 딸기 병해충 발생생태 및 방제연구. 충남 농촌진흥원 시험연구보고서. 676-682.
- 남명현, 정석기, 라상욱, 김홍기. 2001. 고품질 딸기 생산을 위한 흰가루병 방제 시험. 충남농업기술원 시험연구보고서. 261-268.
- 남명현. 2001. 딸기 병해충 진단 및 방제. 충남농업기술원 논산 딸기시험장. 104-105.
- Shin, H. D. 2000. Erysiphaceae of Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea. pp. 215-220.
- Tanigawa, M., Nakano, T., Hagihara, T., Okayama, K. and Sezaki, S. 1993. Relationship between the control effect of fungicides on powdery mildew (*Sphaerotheca humili*) and their deposits on strawberry leaves. *J. Pesticide Sci.* 18: 135-140.