

딸기 탄저병 방제를 위한 정식 전 살균제 침지처리 효과

Dipping Strawberry Plants in Fungicides before Planting to Control Anthracnose

*Co-corresponding author

Tel: +82-41-733-3161
Fax: +82-41-733-3163
E-mail: namtel7@korea.kr

남명현^{1*} · 이인하¹ · 김흥기^{2**}

¹충남농업기술원 논산딸기시험장, ²충남대학교 응용생물학과

**Co-corresponding author

Tel: +82-42-821-5768
Fax: +82-42-823-8679
E-mail: hgkim@cnu.ac.kr

Myeong Hyeon Nam^{1*}, In Ha Lee¹ and Hong Gi Kim^{2**}

¹Nonsan Strawberry Experiment Station, Chungnam ARES, Nonsan 320-862, Korea

²Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received January 9, 2014
Revised February 6, 2014
Accepted March 10, 2014

Anthracnose crown rot (ACR), caused by *Colletotrichum fructicola*, is a serious disease of strawberry in Korea. The primary inoculums of ACR were symptomless strawberry plants, plant debris, and other host plants. To effectively control anthracnose in symptomless transplanted strawberries, it is necessary to use disease-free plants, detect the disease early, and apply a fungicide. Therefore, in 2010 and 2011, we evaluated the efficacy of pre-plant fungicide dips by using strawberry transplants infected by *C. fructicola* for the control of anthracnose. Dipping plants in prochloraz-Mn for 10 min before planting was most effective for controlling anthracnose in symptomless strawberry plants and resulted in more than 76% control efficacy. Azoxystrobin showed a control efficacy of over 40%, but plants treated with pyraclostrobin, mancozeb and iminoctadine tris showed high disease severity. The control efficacy of the dip treatment with prochloraz-Mn did not differ with temperature and time. Treatment with prochloraz-Mn for more than an hour caused growth suppression in strawberry plants. Therefore, the development of anthracnose can be effectively reduced by dipping strawberry plants for 10 min in prochloraz-Mn before planting.

Keywords : Anthracnose, Disease control, Prochloraz-Mn, Symptomless strawberry plant

딸기(*Fragaria x ananassa* Duch.)는 2012년 국내 재배면적이 6,435 ha, 생산량은 179천 톤이며 재배농가 총 생산액은 11,888억 원을 차지하고 있는 고소득 작물이다(KREI, 2012; MAFRA, 2013).

딸기 탄저병은 주로 육묘기에 발생하여 문제가 되는 주요 병해로서 국내에 재배되고 있는 딸기 품종인 '설향', '아끼히메', '레드펠' 등이 모두 감수성이므로 피해가 심각하다(Nam 등, 2009). 국내 딸기에 발생하는 탄저병은 잎과 엽병, 런너, 크라운에 발생하는 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides*(Kim 등, 1992; Nam 등, 1998)와 과실에 발생하는 탄저병균 *C. acutatum*(Nam 등, 2008a)이 보고되어 있다. 그러나 최근에 탄저병균은 type 균주에 대한 재 정립과 함께 분자분류학적 분석

을 통해 국내 딸기에 발생하는 *C. gloeosporioides*는 *C. fructicola*로 재평가되었다(Nam 등, 2013).

딸기 탄저병의 전염원으로 잠재감염주(Nam 등, 2004a), 이병 잔재물(Eastburn과 Gubler, 1990; Nam 등, 2004b), 다른 기주식물(Xiao 등, 2004) 등이 보고되어 있다. 딸기 탄저병균은 식물체 조직에서 비 활성화된 부착기와 침입균사의 발달이 제한된 잠재감염상태로 존재한다(Verhoeff, 1974). 특히 딸기 잎에서 병징은 없으면서도 이차 전염원 포자 형성이 가능하므로 잠재감염주는 탄저병 발생에 주요 전염원이 된다(Leandro 등, 2001).

최근 딸기에 발생하는 탄저병은 육묘기와 본포 정식 후인 10월과 11월의 이상기온에 따른 고온 지속으로 인해 정식 후부터 화방 출퇴기까지 잎, 엽병 등에 뚜렷한 증상이 없이 묘가 시들어 고사되는 증상이 증가 추세에 있다. 이처럼 탄저병은 식물체에서 특별한 증상이 없이 잠재감염 상태로 존재하였다가 발병에 유리한 환경조건이 되면 발생하기 때문에 잠재감염주를

조기 진단하거나 살균제 처리에 의한 근본적인 병 방제가 필수적이다. 잠재감염주 진단을 위해 paraquat(Adaskaveg 등, 2000; Nam 등, 2004a), 에탄올(Ishikawa, 2003), freezing(Mertely와 Legard, 2004), nested PCR(Pérez-Hernández 등, 2008)을 이용한 진단기술들이 개발되고 있다. 또한 잠재감염묘를 효과적으로 방제하기 위해 본포 정식 전 딸기묘를 azoxystrobin에 30초(Daugovish 등, 2009)와 10분(Kim 등, 2002; Nam 등, 2008b) 침지하면 효과적이라고 보고되어 있지만 딸기재배농가에서 azoxystrobin의 지속적인 사용에 따라 최근에는 방제효과가 낮아지는 경향을 보이고 있다.

따라서 본 연구에서는 잠재감염된 딸기 탄저병의 효과적인 살균제 처리를 위해 국내 주요 품종인 ‘설향’을 대상으로 딸기 정식 전 여러 살균제에 대한 침지처리 효과를 밝혀 효율적인 탄저병 방제방법을 제시하고자 하였다.

시험약제. 딸기 탄저병 방제를 위한 살균제 침지시험을 위해 prochloraz-Mn(50%, 스포르곤 수화제, 한국삼공), azoxystrobin(20%, 오티바 액상수화제, 신젠타), pyraclostrobin(22%, 카브리오 유제, 한국삼공), mancozeb(75%, 만코지 수화제, 동부하이텍), iminoctadine tris(30%, 부티나 액상수화제, 동부한농) 등 5종의 약제를 시험에 이용하였다. 각 살균제별 처리농도는 딸기에 등록된 살포 기준을 토대로 prochloraz-Mn(2,000배), azoxystrobin(2,000배), pyraclostrobin(4,000배), mancozeb(500배), iminoctadine tris(1,000배)을 처리하였다.

정식 전 살균제 침지에 의한 탄저병 방제 효과. 딸기 탄저병에 대한 정식 전 살균제 침지효과 조사를 위해 ‘설향’을 시험 품종으로 탄저병이 30% 이상 발생된 논산딸기시험장 노지 육묘 포장에서 채묘한 딸기묘를 시험에 이용하였다. 살균제별 처리효과는 각각의 살균제 prochloraz-Mn, azoxystrobin, pyraclostrobin, mancozeb, iminoctadine tris의 5종을 고무통(10)에 희석한 후 딸기묘를 10분간 살균제에 침지처리하여 수행하였다. 살균제 처리는 2010년 4월 6일과 2011년 10월 4일에 각각 실시하였으며 각각의 침지처리 후 초화상자(64 × 22cm)에 3주씩 정식하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 실시하였고 이병주율은 각각 2010년 6월 15일과 2011년 11월 28일에 조사하였고, 방제가는 [(무처리 이병주율 - 처리 이병주율)/무처리 이병주율] × 100으로 산출하였다. 정식한 식물체는 비료공급을 위해 아주로 100(30-10-10 + 미량원소, (주)도프)을 2,000배로 희석하여 1주일 간격으로 주당 100 ml씩 관주하였다. 처리간 비교는 CoStat 통계 프로그램(CoHort software, Berkeley, USA)을 이용하여 Fisher's protected LSD 검정(P < 0.05)을 실시하였다.

딸기 정식 전 자묘에 대한 prochloraz-Mn 침지처리구는 2010년과 2011년 시험에서 탄저병 이병주율이 가장 낮았으며 무처리 대비 87.9%와 76%의 방제효과를 나타냈다(Table 1). 그 외

Table 1. Effect of fungicide dip treatments before planting to control of anthracnose of strawberry plants

Fungicide	2010		2011	
	Diseased plant (%)	Control efficacy	Diseased plant (%)	Control efficacy
Prochloraz-Mn WP	11.1 c ^z	87.9	8.3 c	76.0
Azoxystrobin SC	30.6 bc	66.7	20.8 bc	40.0
Pyraclostrobin EC	30.6 bc	66.7	31.9 ab	8.0
Mancozeb WP	30.6 bc	66.7	23.6 ab	32.0
Iminoctadine tris WP	41.7 b	54.5	23.6 ab	32.0
Non-treated control	91.7 a	–	34.7 a	–
P > F	0.0003		0.0164	

^zMeans within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's protected LSD test (P < 0.05).

azoxystrobin 처리구는 40% 이상의 탄저병 방제효과가 있었으나, pyraclostrobin, mancozeb, iminoctadine tris는 낮은 탄저병 방제효과를 보였다.

2010년과 2011년의 무처리 탄저병 이병율은 91.7%와 34.7%로 2010년 결과에서 높은 발생율을 보인 원인으로 시험에 사용된 잠재감염주는 병원균 인위 접종묘가 아닌 자연 발병묘를 시험에 사용함에 따라 육묘기간 동안 탄저병 발생 정도의 영향이 컸을 것으로 보인다. 또한 2010년의 시험기간은 4-6월로 2011년의 10-11월 기간보다 온도가 높아 탄저병 발생에 유리한 환경조건이 형성되었던 것으로 사료된다.

딸기 탄저병 방제를 위한 살균제로 quinone outside inhibitor (QoI)계의 azoxystrobin과 pyraclostrobin, demethylation inhibitor (DMI)계의 prochloraz-Mn과 difenoconazole, guanidine계의 iminoctadine tris과 chloronitrile계의 chlorothalonil 등이 사용되고 있다(Nam 등, 2011). 이들 살균제는 탄저병 방제를 위해 주로 엽면살포에 의한 방제를 하고 있지만 병 발생이 시작될 경우 살균제 처리시 방제효과는 낮아 근본적으로 전염원을 차단하거나 줄이는 방법이 중요하다. 또한 딸기 탄저병균을 뿌리침지 접종할 경우 잎과 엽병에서도 탄저병이 발생할 수 있다고 하여(Okayama와 Hirayama, 2011) 정식 전 식물체 전체를 살균제 처리하거나 침지할 경우 효과적으로 탄저병을 방제할 수 있을 것이다. Kim 등(2002), Nam 등(2008b)과 Daugovish 등(2009)은 딸기 탄저병 방제를 위해 정식 전 딸기묘를 azoxystrobin에 침지할 경우 효과적이라 보고한 바 있다. 그러나 본 시험 결과 prochloraz-Mn이 azoxystrobin보다 탄저병 방제에 더 효과적이었으며 식물체 생육에도 영향이 적었다. Azoxystrobin과 pyraclostrobin 같은 QoI계 살균제는 군사생장억제제보다 포자 발아 형성을 억제하는 효과가 큰 약제로 딸기 탄저병에 효과적이었지만(Nam 등, 2011) 약제 저항성 균 발생이 높은 살균제이다(Inada 등, 2008). Azoxystrobin을 재배농가에서 사용하

기 시작한 2002년 침지처리시 탄저병 방제에 효과적이었으나 (Kim 등, 2002) 본 2010년과 2011년 시험결과에서는 낮은 방제 효과를 보였다. 따라서 탄저병균은 이들 살균제에 내성균 출현이 되었을 가능성이 높으며 추후 이에 대한 자세한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 반면, prochloraz-Mn은 항균범위가 넓고 침투이행성이 강한 DMI계 살균제로 딸기 탄저병(Nam 등, 2011) 및 벼 키다리병 방제를 위한 범씨종자소독제(Park 등, 2008)로 사용되고 있다. 따라서 prochloraz-Mn은 딸기묘에 잠재감염된 탄저병균을 효과적으로 방제할 수 있으며, 특히 딸기 삽목육묘나 상토를 털어심는 묘 정식시 10분간 살균제에 침지하여 정식하면 탄저병 발생을 효과적으로 줄일 수 있을 것이다.

Prochloraz-Mn 침지 처리온도 및 시간 구명. Prochloraz-Mn에 대한 최적 침지시간과 처리온도 조사를 위해 'שלח' 품종을 대상으로 실시하였다. 침지시간은 30초, 10분, 1시간, 2시간

Table 2. Influence of application time of dip solution with prochloraz-Mn before planting to control of anthracnose of strawberry plants

Dipping duration	2010		2011	
	Diseased plant (%)	Control efficacy	Diseased plant (%)	Control efficacy
30 second	11.1 b ²	87.9	12.5 b	66.7
10 minute	0.0 b	100.0	12.5 b	66.7
1 hour	11.1 b	87.9	16.7 b	55.6
2 hours	-	-	6.9 b	81.5
Non-treated control	91.7 a	-	37.5 a	-
P > F	0.0002		0.0009	

²Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's protected LSD test (P < 0.05).

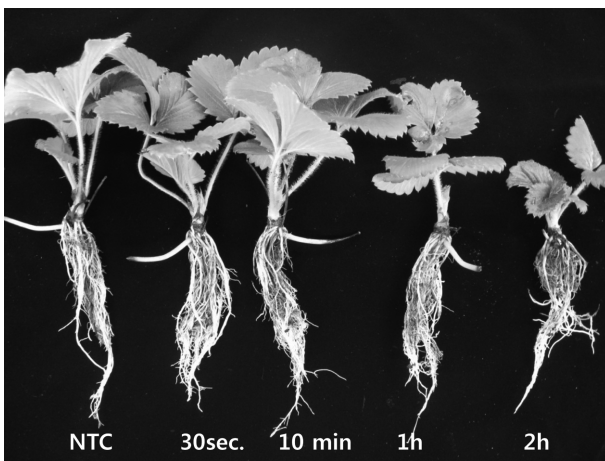


Fig. 1. The growth suppression of strawberry plant after 30 days by application time of dip solution with prochloraz-Mn. NTC: non-treated control.

Table 3. Influence of temperature of dip solution with prochloraz-Mn before planting to control of anthracnose of strawberry plants

Dipping temperature	2010		2011	
	Diseased plant (%)	Control efficacy	Diseased plant (%)	Control efficacy
18°C, 10 minute	11.1 b ²	87.9	12.5 c	66.7
30°C, 10 minute	22.2 b	75.8	25.0 b	33.3
Non-treated control	91.7 a	-	37.5 a	-
P > F	0.0029		0.001	

²Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's protected LSD test (P < 0.05).

간 동안 잠재감염주를 살균제에 침지하였으며, 침지 처리온도는 수온 18°C와 30°C에 처리하여 수행하였다.

Prochloraz-Mn의 침지시간에 따른 탄저병 방제효과 조사에서는 2년간 시험에서 처리간 유의차는 없었으며(Table 2) 1시간 이상 처리시 식물체의 생육이 억제되는 경향을 보였다(Fig. 1). 또한, prochloraz-Mn의 침지온도에 따른 탄저병 방제효과는 2년간의 시험에서 18°C 처리가 30°C 처리보다 높거나 비슷한 방제효과를 보였다(Table 3).

Prochloraz-Mn과 tebuconazole 같은 triazole계 살균제는 종류에 따라 식물체의 생육을 억제하는 특징이 있다(Seong 등, 2003). 특히 tebuconazole은 딸기 묘에 엽면 살포시 생육 억제 효과가 큰 살균제이며(Kim 등, 2010) 본 시험에서 prochloraz-Mn은 엽면살포하거나 10분 이내 침지처리시 딸기묘에 대한 생육억제 효과가 적었지만 1시간 이상 침지처리할 경우 1개월 이후 식물체 생육이 뚜렷이 억제되므로 처리시간에 주의해야 한다. DMI계 살균제는 뿌리생장보다 줄기생장을 더 억제시킨다고 하였으며(Fletcher 등, 1986) 딸기묘를 prochloraz-Mn에 침지처리 시 짧은 침지시간에는 생육 억제효과가 적지만 1시간 이상 처리시 살균제가 잎과 줄기 등 식물체 전체에 흡수되어 생장점까지 도달함으로써 생육을 억제할 것으로 사료된다. 또한 딸기묘를 prochloraz-Mn에 침지처리 후 냉장보관 할 경우에도 살균제가 식물체에 처리기간 동안 남아 식물체 생육을 억제하므로 사용시 주의해야 한다.

Prochloraz는 벼 키다리병 방제를 위해 종자소독 시 수온을 30°C로 유지할 경우 방제효과를 높일 수 있으나(Park 등, 2003) 종피의 포자는 사멸시키지 못해 방제효과가 떨어진다고 하였다(Park 등, 2008). 범씨 종자소독의 경우처럼 딸기묘는 prochloraz-Mn 소독 시 수온을 높여도 방제효과가 개선되지 않거나 오히려 감소하므로 30°C 처리보다 18°C로 처리하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

요 약

*Colletotrichum fructicola*에 의해 주로 발생하는 국내 딸기

탄저병은 딸기재배에서 가장 문제가 되는 병해로 1차 전염원은 잠재감염주, 이병 잔재물과 다른 기주식물이다. 잠재감염주에 대한 효과적인 방제를 위해 건전한 식물체를 이용하거나 조기 진단 및 살균제 처리 방법이 중요하다. 따라서 잠재감염주에 대한 효과적인 탄저병 방제를 위해 2010년과 2011년에 살균제 침지처리효과를 조사하였다. 딸기 정식 전 자묘에 대한 prochloraz-Mn 침지처리구는 탄저병 이병주율이 가장 낮았으며 무처리 대비 76% 이상의 방제효과를 나타냈다. 그 외 azoxystrobin 처리구는 40% 이상의 탄저병 방제효과가 있었으나 pyraclostrobin, mancozeb, iminoctodine tris는 낮은 방제효과를 보였다. Prochloraz-Mn의 침지시간과 온도에 따른 탄저병 방제효과 조사에서는 처리간 유의차는 없었으며 1시간 이상 처리시 식물체의 생육이 억제되는 경향을 보였다. 따라서 딸기 정식 전 prochloraz-Mn을 10분 침지처리시 잠재감염주에 의한 탄저병 발생을 효과적으로 방제할 수 있을 것이다.

Acknowledgements

This work was carried out with the support of "International Cooperative Research Project" from Chungnam Agricultural Research & Extension Services.

References

- Adaskaveg, J. E., Förster, H. and Thompson, D. F. 2000. Identification and etiology of visible quiescent infections of *Monilinia fructicola* and *Botrytis cinerea* in sweet cherry fruit. *Plant Dis.* 84: 328–333.
- Daugovish, O., Su, H. and Gubler, W. D. 2009. Preplant fungicide dips of strawberry transplants to control anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in California. *HortTechnology* 19: 317–323.
- Eastburn, D. M. and Gubler, W. D. 1990. Strawberry anthracnose: Detection and survival of *Colletotrichum acutatum* in soil. *Plant Dis.* 74: 161–163.
- Fletcher, R. A., Hofstra, G. and Gao, J. G. 1986. Comparative fungitoxic and plant growth regulating properties of triazole derivatives. *Plant Cell Physiol.* 27: 367–371.
- Inada, M., Ishii, H., Chung, W. H., Yamada, T., Yamaguchi, J. and Furuta, A. 2008. Occurrence of strobilurin resistance strains of *Colletotrichum gloeosporioides* (*Glomerella cingulata*), the causal fungus of strawberry anthracnose. *Jpn. J. Phytopathol.* 74: 114–117. (In Japanese)
- Ishikawa, S. 2003. Method to diagnose latent infection by *Glomerella cingulata* in strawberry plants using ethanol. *J. Gen. Plant Pathol.* 69: 372–377.
- Kim, W. G., Cho, W. D. and Lee, Y. H. 1992. Anthracnose of strawberry caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Korean J. Plant Pathol.* 8: 213–215. (In Korean)
- Kim, S. H., Choi, S. Y., Lim, Y. S., Yoon, J. T. and Choi, B. S. 2002. Effect of chemical treatment on the control of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. *Res. Plant Dis.* 8: 50–54. (In Korean)
- Kim, D. Y., Yoon, M. K. and Yun, H. K. 2010. Effect of triazole fungicide treatment on the growth of seedling and yield of strawberry. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 28 (Suppl. II): 55.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2013. 2013 Agricultural Outlook. KREI, Seoul, Korea, 962 pp. (In Korean)
- Leandro, L. F. S., Gleason, M. L., Nutter, F. W., Jr., Wegulo, S. N., and Dixon, P. M. 2001. Germination and sporulation of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. *Phytopathology* 91: 659–664.
- Mertely, J. C. and Legard, D. E. 2004. Detection, isolation, and pathogenicity of *Colletotrichum* spp. from strawberry petioles. *Plant Dis.* 88: 407–412.
- Ministry for Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2013. 2012 production amount and index of agriculture and forestry. URL <http://www.mafra.go.kr>.
- Nam, M. H., Jung, S. K., Yoo, S. J., Seo, K. S. and Kim, H. G. 1998. Cultural and pathogenic characteristics between *Colletotrichum gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from strawberry in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 14: 654–660. (In Korean)
- Nam, M. H., Lee, I. H., Kwon, K. H. and Kim, H. G. 2004a. Significance and detection of latent infection of *Colletotrichum gloeosporioides* on strawberry. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 22: 294–297. (In Korean)
- Nam, M. H., Song, J. Y. and Kim, H. G. 2004b. Overwinter and survival of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Glomerella cingulata* in soil and plant debris of strawberry. *Res. Plant Dis.* 10: 198–202. (In Korean)
- Nam, M. H., Kim, T. I., Gleason, M. L., Song, J. Y. and Kim, H. G. 2008a. First report of anthracnose fruit rot caused by *Colletotrichum acutatum* on strawberry in Korea. *Plant Dis.* 92: 1247.
- Nam, M. H., Kim, H. S., Lee, W. K., Seong Y. K., Gleason, M. L., Song, J. Y. and Kim, H. G. 2008b. Application of an IPM-based spray program to protected cultivation of strawberry in Korea. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49: 352–356.
- Nam, M. H., Nam, Y. G., Kim, T. I., Kim, H. S., Jang, W. S., Lee, W. K., Lee, I. H., Kang, H. K., Park, Y. J., Choi, J. M. and Whang, K. S. 2009. Compendium of Strawberry Diseases and Pests. Chungnam Strawberry Association, Korea. 204 pp. (In Korean)
- Nam, M. H., Kim, H. S., Nam, Y. G., Peres, N. A. and Kim, H. G. 2011. Fungicide spray program to reduce application in anthracnose of strawberry. *Res. Plant Dis.* 17: 295–301. (In Korean)
- Nam, M. H., Park, M. S., Lee, H. D. and Yu, S. H. 2013. Taxonomic re-evaluation of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from strawberry in Korea. *Plant Pathology J.* 29: 317–322.
- Okayama, K. and Hirayama, Y. 2011. Anthracnose of strawberry in nursery medium infested with *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*) and fungicide control of the disease. *Jpn. J. Phytopathol.* 77: 83–87. (In Japanese)
- Park, H. G., Shin, H. R., Lee, Y., Kim, S. W., Kwon, O. D., Park, I. J. and Kuk, Y. I. 2003. Influence of water temperature, soaking period,

- and chemical dosage on bakanae disease of rice (*Gibberella fujikuroi*) in seed disinfection. *Korean J. Pestic. Sci.* 7: 216–222. (In Korean)
- Park, W. S., Yeh, W. H., Lee, S. W., Han, S. S., Lee, J. S., Lim, C. K. and Lee, Y. H. 2008. Electron microscopic study for the influence of soaking in hot water and prochloraz solution on spore and mycelium of *Fusarium fujikuroi* infected in rice seed. *Res. Plant Dis.* 14: 176–181. (In Korean)
- Pérez-Hernández, O., Nam, M. H., Gleason, M. L. and Kim, H. G. 2008. Development of a nested polymerase chain reaction assay for detection of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. *Plant Dis.* 92: 1655–1661.
- Seong, K. C., Cho, J. R., Moon, J. H., Kim, K. Y. and Suh, H. D. 2003. Effect of triazole chemicals on bolting retardation of Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) in spring cultivation. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 44: 434–437. (In Korean)
- Verhoeff, K. 1974. Latent infections by fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 12: 99–110.
- Xiao, C. L., MacKenzie, S. J. and Legard, D. E. 2004. Genetic and pathogenic analyses of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from strawberry and noncultivated hosts. *Phytopathology* 94: 446–453.