

토마토 유기농 시설재배에서 올레산을 이용한 친환경적인 가루이류 방제 효과*

이문행*** · 김성은**** · 김영식**** · 이희경** · 이환구** · 지형진***** · 김용기***** ·
심창기***** · 김민정***** · 홍성준***** · 이윤수*****

Studies on the Eco-friendly Management of Whiteflies on Organic Tomatoes with Oleic Acid

Lee, Mun-Haeng · Kim, Sung-Eun · Kim, Young-Shik · Lee, Hee-Keyng ·
Lee, Hwan-Gu · Jee, Hyung-Jin · Kim, Yong-Ki · Shim, Chang-Ki ·
Kim, Min-Jeong · Hong, Sung-Jun · Lee, Youn-Su

This research was performed to test the effects of oleic acid for the management of greenhouse whiteflies and tobacco whiteflies. Tobacco whiteflies, especially, are the vectors of tomato yellow leaf curl virus on tomato plants. Whiteflies are not only the vectors of various viruses but also the major insect pests that cause direct damages through sucking and induce sooty mold with their sweet dew on tomato plants. There are many eco-friendly management measures including the use of yellow sticky trap and natural enemies such as *Eretmocerus eremicus* and *Amblyseius swirskii*. However, these management measures have difficulties to implement in the greenhouse. Therefore, in this research, oleic acid was tested for its effect on the management of whiteflies at various concentrations of 1,000ppm, 2,000ppm, or 4,000ppm. As a result, treatments of 1,000ppm, 2,000ppm and 4,000ppm oleic acid showed the control value of 70%, 76% and 84%, respectively. In another test, treatments of 2,000ppm oleic acid, and control treatment of 1,500ppm neem oil and 50ppm dinotefuran showed the control value of 82%, 75%, and 75%, respectively. Cost for one application of oleic acid and neem oil for 10a area would be

* 본 연구결과는 농촌진흥청 아젠다과제의 연구비지원(과제번호 : PJ008767)의 일부결과임.

** 충청남도농업기술원 부여토마토시험장

*** Corresponding author, 충청남도농업기술원 부여토마토시험장(dogue24@korea.kr)

**** 상명대학교 식물식품공학과

***** 국립농업과학원, 농업환경부, 유기농업과

***** 강원대학교 농업생명과학대학

3,180 Won and 20,150 Won, respectively. As a result, it was assumed that the use of oleic acid would be a appropriate management measure.

Key words : *oleic acid, insect control, organic farming, tomato, whiteflies*

I. 서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 가지과(Solanaceae)에 속하는 다년생 식물로 세계적으로 널리 식용되고 있는 중요한 채소이다. 우리나라에서도 국민소득향상과 더불어 건강에 대한 관심이 높아지면서 비타민 A, C를 비롯하여 라이코펜과 같은 성분을 함유하고 있는 토마토의 생산과 소비가 증가추세에 있다. 토마토에 발생하는 주요 해충은 온실가루이, 담배가루이, 아메리카입술파리, 총채벌레 등으로(Lee et al., 2009a, b) 대부분 외래 해충들이다. 특히 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum* Westwood)와 담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 기주 범위가 넓고 시설 내에서 발생 세대 수가 많기 때문에 이들 해충이 시설 내에 침입 후에는 급격히 피해 밀도가 형성되고 살충제에 대한 내성도 쉽게 획득하게 됨으로써 관리가 어려운 실정이다(Choi, 1990; Nauen et al., 2002). 온실가루이는 1977년 국내에 유입된 난대성 해충으로 현재는 전국적으로 피해를 준다(Choi et al., 1991). 담배가루이는 세계적으로 9가지 biotype이 보고되어 있으며(Brown et al., 1995), 국내에서는 1998년 충북 진천군 시설장미 단지과 경기도 고양시 포인세치아에서 처음 발견된 담배가루이는 B biotype으로 밝혀졌으며, A biotype은 국내에 서식되고 있던 것으로 알려졌다(Lee 와 Barro, 2000; Lee et al., 2000). 담배가루이는 약충과 성충이 잎을 흡즙하여 생산량을 감소시키나, 보다 중요한 피해는 바이러스 매개와 감로분비로 인한 피해이다. 담배가루이는 바이러스의 중요한 매개충으로 여러종류의 바이러스를 매개하는데(Brown et al., 1995), 이들은 낮은 밀도로도 바이러스를 매개하여 피해가 크다. 가장 문제되고 있는 바이러스는 TYLCV(Tomato yellow leaf curl virus)이다(Matsui, 1992; Brown et al., 1995; Berlinger et al., 1996; Rubinstein et al., 1999). TYLCV의 국내 발생은 2007년과 2008년 경남 통영, 거제, 제주, 전북 익산에서 발생하여 문제가 되고 있다(Kwak et al., 1998; Ji et al., 2008). 온실가루이는 성충과 1령 충을 제외한 모든 발육상태는 고착생활을 하는데 이들의 피해는 유충과 성충이 식물체액을 흡즙하여 직접적 수량감소와 감로(honeydew)를 분비하여 그을음병을 유발시켜 작물의 생육과 상품가치를 저하시키고, 때때로 바이러스를 매개하기도 한다(Brown, 1990).

이러한 가루이류 방제를 위해서 우리나라에서는 화학적 방제에 델타린 유제 et al. 29종의 화학 살충제를 사용하고 있다(KCPA, 2007). 그러나 화학살충제의 잦은 사용은 생물적 방제 체계에 혼란을 초래했고(Dittrich and Ernst, 1990), 가루이의 살충제에 대한 저항성을 유발시키며(Immaraju et al., 1992; Nauen et al., 2002), 토양이나 수질오염 및 생태계를 교란

한다(Arno et al., 2010; Calvo et al., 2009). 화학 살충제가 갖고 있는 여러 가지 문제점 때문에 미생물농약이나 천적 등을 이용하는 생물학적 방제에 대한 연구와 식물추출물의 살충력을 이용한 연구가 진행되어지고 있다(Choi et al., 2003; Coloma et al., 2006; Isman, 2000; Isman, 2006; Negahban et al., 2007; Nerio et al., 2009; Tandon et al., 2008). 우리나라에서도 화학살충제를 대체할 70여종의 천연식물추출물에서 유래한 친환경유기농자재가 등록되어 이용되고 있다(RDA, 2010). 이들 친환경유기농자재들은 대부분 고삼추출물(matrine과 oxymatine), 멀구슬나무추출물(neem oil과 azadirachtin), 제충국추출물(pyrethrin), 데리스추출물(rotenone), 담배추출물(nicotine) 차나무추출물(saponin) 등으로 진딧물, 응애, 나방류, 과리류와 가루이 방제에 사용되고 있다.

올레산(oleic acid)은 불포화지방산으로 올리브나 땅콩과 같은 식물에 다량 함유되어 있으며(Untoro et al., 2006; Villarreal et al., 2007), 꿀벌과 개미류를 포함한 벌레들의 사체로부터 배출되기도 하는데, 살아있는 곤충이 본능적으로 위험을 감지하는 페르몬의 역할을 하는 것으로 보고되어 있다(Purnamadajaja와 Russell, 2005). 벌이나 개미류가 올레산에 젖을 경우 죽은 것으로 인식한다고 알려져 있으며(Ayasse et al., 2002; Krulwich, 2009), 올레산의 냄새는 곤충에게 질병이나 천적의 출현 등을 나타내는 위험신호가 된다고도 알려져 있다(Walker, 2009).

이번 연구는 올레산의 이러한 효과를 이용하여 경제적이면서 화학적 방제를 대신할 수 있는 가루이 방제법을 개발하기 위하여 nim오일 보다 저렴한 올레산의 적정 방제 농도 구명과 3회 처리시 방제가를 조사하기 위하여 수행했다.

II. 재료 및 방법

1. 시험품종 및 시험장소

올레산 적정 농도 및 방제가 실험은 2012년 6월 25일부터 11월 7일까지 부여토마토시험장 단동형 2중 플라스틱온실(폭 25m, 측고 2.5m, 동고 3.8m) 3개 동에서 수행되었다. 공시작물은 방울토마토 미니찰(농우바이오, 한국)이었으며, 2012년 6월 25일 피트모스상토를 채운 40공 플러그 육묘판에 파종하여, 1일 2회 급액하며 육묘했다. 2012년 7월 20일 본엽 6~7매 전개시 재식간격은 0.4m, 줄 간격은 0.8m로 정식하였다. 난방은 10월 29일부터 시작하였으며 야간 최저온도는 13℃로 관리했다.

2. 농도별 올레산처리

올레산 1,000ppm, 2,000ppm, 4,000ppm 농도로 실시하였으며, 천연지방산인 올레산은 소수성을 띠어 물과 잘 혼합되지 않으므로 천연유화제인 레시틴 2ppm을 첨가했다. 올레산 처리는 고압분무기(필택산업 PTR-08E)를 활용하여 150m² 면적에 각각 50L를 난피법 3반복으로 처리했다. 처리 횟수는 3회이며 처리일은 10월 26일, 10월 29일, 11월 1일로 3일 간격으로 오전 9시에 처리했다.

3. 올레산 약해조사

올레산 처리가 끝난 매회 마다 48시간이 지난 후 토마토 잎 끝이 타거나 꽃이 떨어지는 현상을 달관 조사했다.

4. 올레산, 님오일, dinotefuran 처리

올레산 2,000ppm, 님오일 1,500ppm, dinotefuran 50ppm을 고압분무기(필택산업 PTR-08E)를 활용하여 150m² 면적에 각각 난피법 3반복으로 50L처리했다. 올레산과 님오일은 소수성을 띠어 물과 잘 혼합되지 않으므로 천연유화제인 레시틴 2ppm을 첨가했다. 처리 횟수는 3회이며 처리일은 9월 27일, 10월 2일, 10월 7일로 6일 간격으로 오전 9시에 처리했다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

올레산 처리 전 가루이 개체수를 비교하였을 때 개체 수는 비슷하거나 대조구가 10마리 많았다. 1회 처리 후 올레산은 모든 처리농도에서 급격하게 가루이 밀도가 감소하는 경향을 보였으며 대조구는 가루이 밀도가 증가했다. 10월 30일 조사 결과에서는 대조구의 가루이 밀도가 내려갔는데 야간온도가 내려감에 따라 담배가루이 밀도도 떨어진 것으로 사료되며 10월 29일 난방을 개시함에 따라 대조구의 가루이 밀도는 다시 증가했다.

올레산은 모든 처리농도에서 처리 횟수가 증가함에 따라 가루이 밀도는 유사하게 떨어지는 경향을 보였다(Fig. 1). 이 결과는 콩 저장 시 올레산 처리를 하면 바구밀 방제에 효과가 있으며(Hill과 Schoonhoven, 1981), 기름은 해충을 질식시키고 알의 가스교환을 막아 방제효과가 있다(Eileen과 Sydney)는 보고와 유사하였다.

올레산 처리에 따른 농도별 방제가는 1,000ppm에서 70%로 가장 낮았으며 2,000ppm 76%, 4,000ppm 84%였으나 2,000ppm 처리와 4,000ppm 처리 간에 유의성은 없었다(Table 1). 따라

서 가루이 방제를 위한 올레산 처리농도는 2,000ppm이 적당한 것으로 사료된다. 가루이 대조구에서는 가루이의 밀도가 증가하는 경향을 보였다.

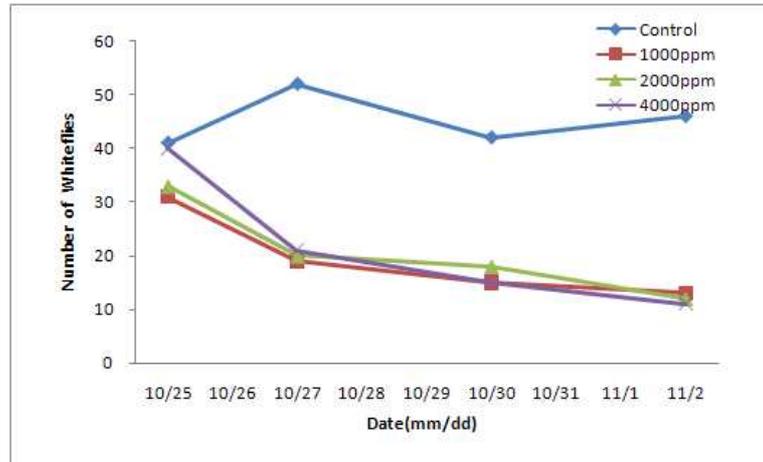


Fig. 1. Comparison of effects of various concentrations of oleic acid on the number of whiteflies in the greenhouse

Table 1. Control efficiency of oleic acid against whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood and *Bemisia tabaci*) in 2012*

Materials	Concentration (ppm)	Survival rate (%)	Control value (%)
Oleic acid	1,000	42b**	70
	2,000	36bc	76
	4,000	28bc	84
Untreated	-	112a	-

* Application date and method: Sprayed on tomato plant leaves(Cot. 26, 29 and Nov. 1) at three different greenhouses in Buyeo. Results were obtained 1 day after the last application.

** Mean separation in a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

올레산의 처리별 횟수 및 농도별 약해를 조사한 결과 모든 처리에서 약해는 발생하지 않아 올레산 4,000ppm까지는 안전하게 사용할 수 있다고 생각된다(Table 2).

올레산 2,000ppm의 가루이 방제가는 82%로 가장 높았으며 님오일 1500ppm과 dinotefuran 50ppm은 각각 75%의 방제가를 보였으나 처리간 유의성은 없었다. 대조구에서도 가루이 밀도가 56% 정도 감소하였는데 이는 조사 시기에 잦은 비가 내려 가루이 생육에 좋지 않은 환경이 지속되었기 때문으로 사료된다(Table 3).

Table 2. Evaluation of phytotoxicities of oleic acid at various concentration and number of applications in 2012*

Materials*	Concentration (ppm)	Phytotoxicity		
		First treatment	Second treatment	Third treatment
Oleic acid	1,000	non	non	non
	2,000	"	"	"
	4,000	"	"	"

* Application date and method: Sprayed on tomato plant leaves(Oct. 26, 29 and Nov. 1) at three different greenhouses in Buyeo. Results were obtained 2 days after the last application.

Table 3. Control efficiency of eco-friendly materials and pesticide against whiteflies (*Trialurodes vaporariorum*. Westwood and *Bemisia tabaci*) in 2012*

Materials	Concentration (ppm)	Survival rate (%)	Control value (%)
Oleic acid	2,000	5.1 a**	82
Neem oil	1,500	7.2 a	75
dinotefuran	50	7.1 a	75
Untreated	-	44.0 b	-

* Application date and method: Sprayed on tomato plant leaves(Sept. 27, Oct. 2, and Oct. 8) at three different greenhouses in Buyeo. Results were obtained 1 day after the last application.

** Mean separation in a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

넙오일, 올레산, Dinotefuran 모두 1회 처리에서 가루이 밀도가 급격히 떨어졌으며 2회, 3회 처리에서는 완만하게 가루이 밀도가 떨어졌다(Fig. 2).

우리나라에서 등록된 화학 살충제는 방제가가 80%가 되어야 유의성이 인정되고 신규약제 등록은 90% 이상의 방제가가 되어야 가능하다(RDA N.A.A.S., 2010). 올레산 2,000ppm을 3회 처리한 후 조사한 방제가가 화학 살충제와 유사한 82%로 조사되어 올레산은 가루이방제에 적합한 친환경자재로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

가루이 방제를 목적으로 처리된 친환경자재인 올레산과 넙오일의 방제가는 유사하게 조사되었으나 경제적 측면으로 보게 되면 10a 당 1회 방제시 넙오일은 20,150원이 소요되는 반면 올레산은 3,180원이 소요되어 경제적으로는 올레산을 활용하는 것이 유리하다고 할 수 있다(Table 4).

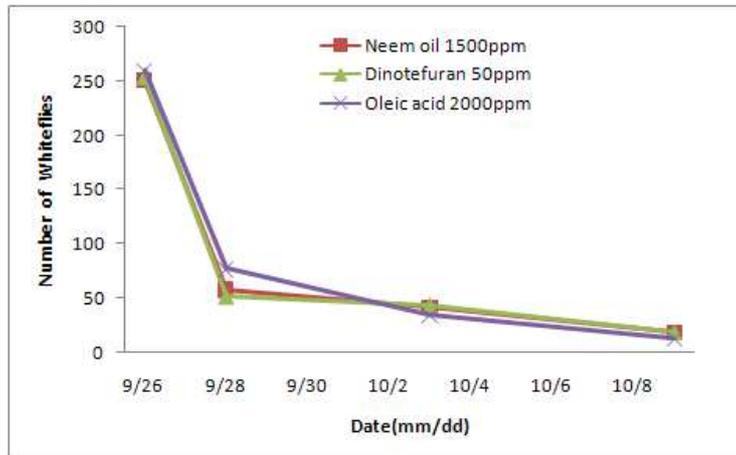


Fig. 2. Comparison of effects of eco-friendly materials and pesticide on the number of whiteflies in the greenhouse

Table 4. Comparison of management costs between natural substances and pesticide for one spray in 10a

Materials	Retail price (Won/L or Kg)	Dilution rate	The amount used (ml/10a)	Cost (Won/10a)
Oleic acid	5,300	2,000	600ml	3,180
Neem oil	45,000	1,500	450ml	20,250
Dinotefuran 20%	60,000	1,000	250g	15,000

IV. 적 요

본 연구는 토마토 유기재배 시 발생하는 주요 해충인 온실가루이와 담배가루이에 대해 친환경적인 방제방법을 개발하기 위해서 수행했다. 특히 담배가루이는 토마토에서 가장 문제가 되고 있는 황화잎말림바이러스의 매개충이다. 가루이류는 바이러스의 매개충일 뿐 아니라 토마토를 흡즙하게 되면 생육이 저조해지며 감로분비에 의한 그을음병을 유발한다. 현재 친환경적인 방법으로 황색점착트랩, 황온점벌, 지중해이리응애 등을 사용하는 방법이 있으나 사용적기를 놓치거나 하우스 환경이 천적에 적합하지 않으면 좋은 결과를 볼 수 없는 문제가 있다. 이번 연구에서 곤충들에 페르몬의 역할을 하는 올레산을 1,000ppm, 2,000ppm, 4,000ppm 고압분무기를 활용하여 3회 처리한 결과 2,000ppm 76%, 4,000ppm 84%의 높은 방제가를 보였으며 2,000ppm처리와 4,000ppm 처리 간에 유의성은 없었다. 가루이 방제에 기존에 사용되고 있는 님오일 1,500ppm과 dinotefuran 50ppm을 비교 시험한 결과 올레산

2,000ppm의 가루이 방제가가 82%로 가장 높았으며 님오일 1500ppm과 dinotefuran 50ppm은 각각 75%의 방제가를 보였으며 유의성은 없었다. 경제적 측면으로 보게 되면 10a 1회 방제 시 님오일은 20,150원이 소요되는 반면 올레산은 3,180원이 소요되어 경제적으로는 올레산을 활용하는 것이 유리하다고 할 수 있다. 이상의 방제시험으로 토마토 유기농재배에서 올레산을 이용한 경제적인 가루이 방제방법을 제시할 수 있었다.

[논문접수일 : 2012. 12. 27. 논문수정일 : 2013. 2. 23. 최종논문접수일 : 2013. 3. 16.]

Reference

1. Rural Development Administration(RDA). 2010.
http://www.rda.go.kr/matEnvofoodList.do?mode=list&prgId=mat_envofoodEntry.
2. Rural Development Administration National Academic of Agricultural Science(RDA N.A. A.S.) 2010. Guide to chemical test for registration and effect and chemical damage: Insecticide. pp. 396-397.
3. Lee G. S. 2009a. Major crop pest -Tomato(1). 246: 46-47. Life and damage
4. Lee G. S. 2009b. Major crop insect -Tomato(2). 247: 46-47. Life and damage
5. Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
6. Arno, J., C. Castane, and J. Riudavets. 2010. Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). Bulletin of entomological research. 100(1): 105-116.
7. Ayasse, M., R. Paxton, M. Hilker, and T. Meiners. 2002. Brood protection in social insects; Chemoecology of insect eggs and egg deposition. Berlin: Blackwell. pp. 117-148.
8. Berlinger, J. M., S. Lebiush-Mordechi, R. Dahan, and R. A. J. Taylor. 1996. A rapid method for screening insecticides in the laboratory. Pestic. Sci. 46: 345-353.
9. Brown, J. K., D. R. Frohlich, and R. C. Rosell. 1995. The sweetpotato or silver leaf whiteflies: biotypes of or a species complex? Annu. Rev. Entomol. 40: 511-534.
10. Calvo, J., K. Blockmans, P. A. Stansly, and A. Urbaneja. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. BioControl. 54: 237-246.
11. Choi. G. M. 1990. Ecology and control of vegetable insect pests. NIAST. pp. 224.
12. Choi, K. M., S. B. Ahn, W. S. Cho, S. H. Lee, S. C. Han., and M. H. Lee. 1991. The

- illustrated guide to Korean vegetable insect pests. NongJinHoe. Suwon. Korea.
13. Choi, W. I., E. H. Lee, B. R. Choi, H. M. Park, and Y. J. Ahn. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1479-1487.
 14. Coloma, A. G., D. M. Benito, N. Mohamed, C. G. Vallejo, and A. C. Soria. 2006. Anti-feedant effects and chemical composition of *Lavandula luisieri* L. *Biochem. Syst. Ecol.* 34: 609-616.
 15. Dittrich, V. S. and G. H. Ernst. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. 263-285. Intercept Ltd., Andover, U.K.
 16. Eileen A. Buss and Sydney G. Park-Brown. 2002. Natural productions for insect pest management. University of Florida IFAS Extension. ENY-350.
 17. Hill, J. and A. V. Schoonhoven. 1981. Effectiveness of vegetable oil in controlling the Mexican bean weevil on stores beans. *J. Economic Entomology.* 74: 478-479.
 18. Krulwich, R. 2009. Hey I'm dead! The story of the very lively ant. NPR.
<http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=102601823>.
 19. Kwak, H. R., M. K. Kim, M. J. Kim, S. J. Ko, S. H. Lee, J. S. Kim, K. H. Kim, S. C. Lee, and H. S. Choi. 2008. Molecular characterization of begomovirus infecting *Lycopersicon esculentum* in Korea. *Plant Pathol. J.* 24: 237(abstract).
 20. Lee, M. L. and P. J. De Barro. 2000. Characterization of different biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in South Korea based on 16s ribosomal RNA sequence. *Korean J. Entomol.* 30(2): 125-130.
 21. Lee, M. L., S. B. Ahn and W. S. Cho. 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of their biotypes in Korea by DNA markers. *Korean J. Appl. Entomol.* 39(1): 5-12.
 22. Matsui, M. 1992. Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 36: 47-49(in Japanese).
 23. Nauen, R., N. Stumpf, and A. Elbert. 2002. Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci*. *Pest Manag. Sci.* 58: 868-875.
 24. Negahban, M., S. Moharramipour, and F. Sefidkon. 2007. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia siebri* Besser against three stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 43: 123-128.
 25. Nerio, L. S., J. O. Verbel, and E. E. Stanhenko. 2009. Repellent activity of essential oil from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais*. Mostchusky (Coleoptera). *J. Stored Prod. Res.* 45: 212-214.

26. Immaraju, J. A., T. D. Paine, J. A. Bethke, K. L. Robb, and J. P. Newman. 1992. Western flower thrips (Thysanopter: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouse. *J. Econ Entomol.* 85: 9-14.
27. Ismam, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* 19: 603-608.
28. Ismam, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
29. Ji, J., L. S. Vijayachandran, H. J. Lee, T. K. Oh, S. H. Kim, H. K. Lee, S. C. Kim, and C. W. Choi. 2008. Occurrence and characterization of Tomato-infecting geminivirus in Korea. *Plant Pathol. J.* 24: 238(abstract).
30. Korea Crop Protection Association (KCPA). 2007. Agrochemical Use Guide Book (Annual Publication). Korea Crop Protection Association, Seoul, Korea.
31. Puramadajaja, A. H. and R. A. Russell. 2005. Pheromone communication in a robot swarm: necrophoric bee behaviour and its replication. *Robotica* 23(6): 731-742.
32. Rubinstein, G., S. Morin, and H. Czsnek. 1999. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemidia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 92: 658-662.
31. Tandon, S., A. K. Mittal, and A. K. Pant. 2008. Insect growth regulatory activity of *Vitex trigolia* and *Vitex qgnus-castus* essential oils against *Spilsoma oblique*. *Fitoterapia* 79: 283-286.
32. Untoro, J., W. Schultink, C. E. West, R. Gross, and J. G. Hautvast. 2006. Efficacy of oral iodized peanut oil is greater than that of iodized poppy seed oil among Indonesian school-children. *J. Amer. Clin. Nutr.* 84(5): 1208-1214.
33. Villarreal, J. E., L. Lombardini, and L. Cisneros-Zevallos. 2007. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch cultivars. *Food Chem.* 102(4): 1241-1249.
34. Walker, M. 2009-09-09. Ancient 'Smell of death' revealed. BBC-earth News. http://news.bbc.co.uk/earth/hi/earth_news/newsid_8232000/8232607.stm.