

꿀벌과 무당벌레에 미치는 몇가지 친환경유기농자재에 대한 독성평가

황인천 · 조태경¹ · 윤영남*

(주)경농 중앙연구소, ¹동국대학교 과학기술대학 정보통계학과, ²충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Evaluation of Toxicity of Several Environmental Friendly Agricultural Materials on Honeybee (*Apis mellifera*) and Asian Multicolored Ladybird Beetle (*Harmonia axyridis*)

In Cheon Hwang, Tae Kyung Cho¹ and Young Nam Youn²

Central Research Institute, KyungNong Co. Ltd., Gyeongju, 780-130; ¹Dept. Statistics and Information Science, College of Science and Technology, Dongguk University, Gyeongju, 780-714; ²Dept. Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

ABSTRACT: Toxicity of seven environment friendly agricultural materials (EFAM), which have been used in the domestic market were evaluated on honeybee (*Apis mellifera*) and asian multicolored ladybird beetle (*Harmonia axyridis*). Three EFAMs made from plant extract agents (Wangjoongwang Eco, Bogum Eco and Bestop Eco) and four EFAMs made from microbial utilizing agents (Worldstar Eco, Goodmorning, Bluechip and Cameleon) were investigated as EFAMs. In evaluation of toxicity on honeybee, the RT₂₅ values of 3 EFAMs made from plant extract agents ranged from 1 to 3 days. Therefore, honeybee should be released 1-3 days after application of these EFAMs. Meanwhile, the four agricultural materials made from microbial utilizing agents did not show any mortality against honeybee. In evaluating the toxicity to adult and larva ladybird beetles, all seven EFAMs made from plant extract agents and microbial utilizing agents to show any mortality.

Key words: Plant extract agent, Microbial utilizing agent, Honey bee, Asian multicolored ladybird beetle, Toxicity of residues on foliage

초 록: 국내에서 사용되고 있는 친환경유기농자재 7종에 대하여 꿀벌(*Apis mellifera*)과 무당벌레(*Harmonia axyridis*)에 대한 독성영향평가를 실시하였다. 친환경유기농자재로는 식물 추출물을 활용한 자재 3종(왕중왕에코®, 보검에코®, 베스트에코®)과 미생물을 활용한 자재 4종(월드스타에코®, 굿모닝®, 블루칩®, 카멜레온®)을 이용하였다. 꿀벌에 대한 영향을 평가한 결과 식물 추출물을 활용한 자재 3종에서는 RT₂₅값이 1일~3일로 분석되어 친환경유기농자재 살포 1~3일 경과 후 꿀벌 방사가 필요하였으나, 미생물을 활용한 자재 4종은 아무런 영향을 미치지 않았다. 무당벌레의 성충 및 유충에 대한 영향 평가에서는 식물 추출물을 활용한 자재와 미생물을 활용한 자재 7종 모두 아무런 영향을 미치지 않았다.

검색어: 식물 추출물, 미생물 활용자재, 꿀벌, 무당벌레, 염상잔류독성

친환경 농업에 이용되는 농자재는 주로 미생물이나 미생물 유래물질, 식물체 유래물질 등과 같은 친환경적인 물질들을 활용하고 있다. 이러한 친환경유기농자재는 친환경농업 육성법에 따라 토양개량용 자재와 작물생육용 자재, 작물병

해관리용 자재, 작물충해관리용 자재 그리고 작물병해충관리용자재로 구분되어 친환경 농업에 많이 이용되고 있는 실정이지만, 합성농약과 달리 친환경농업에 사용되는 농자재임에도 불구하고 환경생태독성에 대한 평가는 미미하게 이루어지고 있다(Yu *et al.*, 2006; Kang *et al.*, 2007a, b; Lee *et al.*, 2008; Hwang *et al.*, 2009). 합성농약은 담수어류, 녹조류, 수서무척추류, 조류 및 유용곤충에 대한 종합적인

*Corresponding author: youngnam@cnu.ac.kr

Received August 16 2010; revised August 23 2010; accepted September 6 2010

평가를 통하여 환경에 대한 Risk Assessment를 수행하고 있지만, 친환경유기농자재는 담수어류에 대한 급성독성 평가만으로 환경생태독성평가를 대체하고 있다.

친환경농업의 대부분은 논농사 위주로 이루어지고 있지만, 최근에는 시설하우스에서 재배하는 과채류, 엽채류, 근채류 등과 같은 시설재배 작물로 점차 확대되고 있다. 시설재배의 작형 중 축성재배에서의 개화는 주로 화분매개충이 활동하지 않는 2월부터 5월까지의 저온기에 이루어지므로 인공적인 수분활동이 발생하지 않을 경우 충분한 결실이 안 되므로 화분매개충의 투입이 절대적으로 필요하다(Sim, 1998). 한편, 시설하우스 내에서 화분매개활동을 하는 봉군의 밀도가 낮아지거나 꿀벌의 활동력이 저하되면 수분이 제대로 이루어지지 못하여 기형과 발생의 원인이 되기도 한다. 이렇듯 축성재배시의 작물 생산량은 화분매개활동을 하는 꿀벌의 활동성에 크게 의존하고 있으며, 이러한 꿀벌의 활동성은 극심한 일교차나 저온 그리고 과습 등의 불리한 환경조건과 작물보호제의 처리와 같은 농작업에 의해 큰 영향을 받게 된다. 고품질 농산물의 지속적인 생산을 위해서는 꿀벌의 활동에 적합한 환경조건을 조성하는 것과 함께 작물보호제에 의한 피해를 최소화하려는 노력이 요구되고 있다. 병해충방제용으로 사용한 농자재 중 꿀벌과 천적에 대해 급성독성을 강하게 나타내는 농자재들은 화분매개활동과 포식활동 과정에서 직접적인 치사를 일으키기도 하며, 잔류독성이 강한 농자재의 경우에는 장기간 작물체의 잎이나 꽃의 화분 또는 화밀에 일정기간 오염되어 화분매개충과 천적의 밀도를 현저하게 떨어뜨리고 활동성을 저하시키기도 한다(Abrol and Andotra, 2001; Abrol and Kumar, 2001; Atkins, 1992; Devillers and Pham-Dellegue, 2002; Iwasa et al., 2004; Sharma and Abrol, 2005).

따라서, 이러한 농자재 사용에 따른 작-간접적인 경제적 손실을 줄이기 위해서는 우선적으로 유용곤충에 독성이 낮은 농자재를 사용하도록 유도해야 하며, 부득이 하게 병해충방제를 위해 독성이 강한 농자재를 사용해야 하는 경우에는 유용곤충이 활발히 활동하는 시기에는 농자재의 살포를 금지하는 등의 적극적인 방지대책을 강구하여야 한다(Kim et al., 2008). 그렇지만, 시설재배농가에서 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 농자재의 꿀벌독성구분과 농약살포 후 꿀벌에 대한 잔류독성지속기간에 대한 정보는 거의 없는 실정이다. 농약살포에 의한 꿀벌의 영향을 최소화하기 위해 선진 각국에서는 오래전부터 새로운 농약을 등록하기 전에 다양한 꿀벌독성자료와 유용곤충에 대한 영향평가자료를 요구

하고 실제 환경에서의 꿀벌과 유용곤충에 대한 위해성을 감소시키기 위해 노력하고 있다(US EPA, 1996a, b; OECD, 1998a, b).

본 연구에서는 현재 판매중인 친환경유기농자재 7종(작물충해관리용자재 3종, 작물병해관리용자재 4종)에 대하여 화분매개충으로 이용되고 있는 꿀벌과 천적으로 이용되고 있는 무당벌레 성충과 유충에 대한 안전성을 평가하여 친환경 농업에 활용할 수 있는 농자재의 개발과 적용을 위한 기초자료로 제공하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

실험 공시충

꿀벌은 서양종 황색꿀벌(*A. mellifera*)로 경상북도 의성군 소재 형제양봉원으로부터 분양받은 후 (주)경농 중앙연구소 꿀벌사육장에서 사육한 개체 중 건강한 일벌을 채집하여 이용하였으며, 사육기간 중 먹이 공급은 50% 설탕용액을 소상내 1주 1회하였다.

무당벌레(*H. axyridis*)는 2009년 6월~7월 충남대학교 주변에서 번데기와 성충을 채집하여 실험실 조건(25 ± 2°C, RH70%)하에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)과 무테두리진딧물(*Lipaphis erysimi*)을 공급하여 사육하였다. 성충은 채집된 개체에서 얻어진 F1세대를 이용하였고, 유충은 F1세대에서 알을 받아 위와 동일한 조건하에 사육된 F2세대의 2~3령 충을 사용하였다.

실험에 사용된 시험물질

시험물질로는 현재 판매중인 친환경유기농자재 중에서 식물 추출물을 활용한 작물충해관리용자재 3종(왕중왕에코[®], 보검에코[®], 베스탑에코[®])과 미생물을 활용한 작물병해관리용자재 4종(월드스타에코[®], 굿모닝[®], 블루칩[®], 카멜레온[®])을 임의로 선별하여 사용하였다.

꿀벌 엽상잔류독성시험

시험물질처리를 위해 그물망이 설치된 사각 pot(500×400×100 mm) 케이지에 시험물질 처리 30일 전 딸기 유묘 6주를 이식하였다. 시험 당일 오전(9시)에 시험에 사용되는 모든 친환경 농자재는 제품에 표시된 권장사용 방법에 따라 기준량과 배량으로 희석하여 500 ml/1,000 m²의 사용량 기준으로 딸기유묘포트(0.2m²)에 소형분무기를 이용하여 딸기 잎에 골고루 살포하였다. 꿀벌의 노출은 시험 당일 오전에

Table 1. Toxicity of residues on foliage of 4 microbial utilizing agricultural materials on honeybee, *Apis mellifera*

Agents	Dilution	RT ₂₅	Mortality(%) by elapsed time(hours/days) after application									
			1H	4H	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	
Worldstar Eco	500 X	< 1D	5.0 ± 5.0	1.7 ± 2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	250 X	< 1D	13.3 ± 5.8	6.7 ± 7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Goodmorning	500 X	< 1D	10.0 ± 5.0	3.3 ± 5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	250 X	< 1D	11.7 ± 7.6	6.7 ± 7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bluechip	500 X	< 1D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	250 X	< 1D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cameleon	500 X	< 1D	10.0 ± 13.2	13.3 ± 5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	250 X	< 1D	13.3 ± 5.8	15.0 ± 10.0	5.0 ± 5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시험에 이용할 꿀벌을 벌통으로부터 채집한 후 CO₂ gas를 이용하여 약 2분간 마취 후 시험용기별로 20마리씩 3반복으로 수행하였다. 군 분리시 시험에 이용할 개체의 110%를 군 분리하여 시험물질 처리시 꿀벌 상태를 확인하여서 양호한 개체를 투입하였다. 각각의 시험군은 시험 약제 처리 후 1시간, 4시간, 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일이 경과한 후에 24시간동안 시험약제가 처리 된 망으로 둘러싸인 딸기유묘에 노출시켰다. 각 단계별로 24시간 후 치사개체수를 조사하였고 만약 치사개체가 있는 경우는 기존 꿀벌을 제거한 후 새로운 꿀벌을 각 20마리씩 투입하였고 단계별 꿀벌 치사개체가 없는 경우는 시험을 종료하였다. 대조군은 동일하게 방법으로 처리가 되지 않은 딸기유묘포트가 있는 케이지에 꿀벌을 투입하고 치사개체수를 조사하였다. 일반 중독 증상 및 생사충수는 시험물질 처리 1시간, 4시간, 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일 후 24시간동안 시험 물질이 처리된 딸기유묘에 노출된 꿀벌의 일반 중독증상 및 생사충수를 관찰 조사하였다. 꿀벌의 더듬이, 날개, 다리 등의 움직임이 없는 개체를 치사개체로 판단하였으며 또한 기능장애, 운동 실조, 혼수, 빈사, 과민반응 등의 일반중독증상을 보이는 개체 또한 치사개체로 판단하여 육안 조사하였다.

무당벌레 엽상잔류독성시험

시험물질처리를 위해 그물망이 설치된 사각 pot(500×400×100 mm) 케이지에 시험물질 처리 30일 전 딸기 유묘 6주를 이식하였다. 모든 친환경 농자재는 제품에 표시된 권장사용 방법에 따라 기준량과 배량으로 희석하여 500 ml/1,000 m²의 사용량 기준으로 딸기유묘포트(0.2 m²)에 소형분무기를 이용하여 딸기 잎에 골고루 살포하였다. 무당벌레의 노출은 시험 당일 오전에 시험에 이용할 무당벌레를 사육하고 있는 케이지에서 채집한 후 시험용기별로 20마리씩 3반복

으로 수행하였다. 군 분리시 시험에 이용할 개체의 110%를 군 분리하여 시험물질 처리시 무당벌레 상태를 확인하여서 양호한 개체를 투입하였다. 각각의 시험군은 시험 약제 처리 후 1시간, 4시간, 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일에 24시간 동안 시험약제가 처리된 망으로 둘러싸인 딸기유묘케이지에 노출시켰다. 각 단계별로 24시간 후 치사개체수를 조사하였고 만약 치사개체가 있는 경우는 기존 무당벌레를 제거한 후 새로운 무당벌레를 각 20마리씩 투입하였고 단계별 무당벌레 치사개체가 없는 경우는 시험을 종료하였다. 대조군은 동일하게 방법으로 처리가 되지 않은 딸기유묘포트가 있는 케이지에 무당벌레를 투입하고 치사개체수를 조사하였다. 먹이 공급은 무당벌레 유충은 먹이가 없을 시에 동종포식현상(cannibalism)이 발생하기 때문에 무당벌레를 케이지에 넣어준 후 복숭아혹진딧물이나 무테두리진딧물을 케이지에 충분히 털어서 넣어주었으며 성충의 경우는 50%설탕용액을 17×120 mm Conical Tube(Falcon)의 뚜껑에 1.5 ml씩 급이 하였다. 일반 중독증상 및 생사수는 시험물질 처리 1시간, 4시간, 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 6일, 7일 후 24시간동안 시험 물질이 처리된 딸기유묘에 노출된 무당벌레의 일반 중독증상 및 생사수를 관찰 조사하였다. 무당벌레의 날개, 다리 등의 움직임이 없는 개체를 치사개체로 판단하여 육안 조사하였다.

엽상잔류독성평가

엽상잔류독성은 시험물질의 시험생물에 대한 치사율이 25%인 엽상 잔류기간을 설정하는 RT₂₅(Residual Time to 25% mortality) 산출법으로 평가하였으며 평가방법은 시험 종료 후 조사된 처리구와 음성대조구의 생사수를 토대로 각 조사시간대별 치사율(%)을 산출하였다. 치사율(%) 계산 방법은 국립농업과학원 농약평가과에서 제시한 방법을

이용하였다.

$$\text{치사율(\%)} = \left\{ \frac{(\text{처리구 치사수} - \text{대조구 치사수})}{(150 - \text{대조구 치사수})} \right\} \times 100$$

결과 및 고찰

꿀벌 염상잔류독성

친환경유기농자재 중 미생물을 활용한 작물병해관리용 자재를 처리농도별 및 일자별로 꿀벌에 대한 치사율을 조사한 결과 처리 1시간 후 월드스타에코, 굿모닝, 블루칩, 카멜레온은 권장사용량인 기준량(500x)과 배량(250x)에서 모두 15%이하로 관찰되었으며, 처리 4시간이 경과한 이후 꿀벌을 24시간 노출시켜 관찰한 결과에서도 모두 15%이하의 치사율을 보였다(Table 1). 약제처리 1일이 경과된 처리구에서는 카멜레온만이 약간의 치사개체가 관찰되었으며, 블루칩 처리구의 경우에는 약제처리 1시간이 지난 뒤 꿀벌을 24시간 노출을 시키더라도 치사개체도 발견되지 않았으며, 이상증상도 보이지 않아 꿀벌에 대한 염상잔류독성이 없음을 알 수 있었다. 이 자재들은 약제 살포 1일후면 꿀벌에 영향을 미치지 않는 안전한 농자재로서 친환경 농업의 작물병해관리용자재로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 식물 추출물을 활용한 작물충해관리용 자재를 처리 일자별 및 농도별로 꿀벌에 대한 치사율을 조사한 결과 농자재별로 약간의 차이는 있었다(Table 1). 왕중왕에코 처리구에서는 권장사용량인 기준량(1000x)에서는 2일, 배량(500x)에서는 6일까지도 영향을 미치고 있었으며, 보검에코 처리구에서는 기준량(1000x)에서 1일, 배량(500x)에서는 5일까지 영향을 주는 것으로 관찰되었다. 또한, 베스탑에코 처리구에서는 기준량(1000x)과 배량(500x) 모두 2일까지도 영향을 미치고 있었다. 이러한 결과는 Ahn *et al.* (2008)이 실험한 biocontrol agent로 등록되어 있는 abamectin에서는 약제처리 11일 이후에도 100%의 잔류독성을 보이고 있지만, emamectin benzoate나 spinosad는 3일 후에 잔류독성이 없었다는 결과에서와 같이 농약으로 등록되어 사용되고 있는 자재들도 원제의 구조적 특성과 제형 그리고 살포시기에 따라 큰 차이를 보일 수 있으며, 식물추출물을 활용한 친환경농자재의 경우에도 함유되어 있는 성분과 비율에 따라 살충활성도 다르게 나타날 수 있으며, 꿀벌에 대한 염상잔류독성도 차이가 나타날 수 있음을 예상할 수 있다.

꿀벌에 대한 염상잔류독성은 농약처리 후 꿀벌의 재투입 시기를 결정할 수 있는 중요한 요인이 되고 봉군에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 화밀을 오염시킬 가능성이 크기 때문에 중요하다(Abrol and Andotra, 2001; Abrol and Kumar, 2001). 실험결과와 같이 작물충해관리용자재인 왕중왕에코와 베스탑에코는 2일, 보검에코는 1일후에 꿀벌을 방사하여도 될 것이라고 판단된다. 친환경유기농자재의 경우 단일성분으로 효과를 나타내기보다는 여러 가지 물질이 복합적으로 효과를 나타내기 때문에 급성접촉독성시험 또는 급성섭식독성시험보다는 염상잔류독성을 평가하여 실제 환경에서의 꿀벌과 유용곤충에 대한 위해성을 관리하는 것이 보다 효과적이라 판단된다. 또한, 식물 추출물을 활용한 작물충해관리용 자재는 살포직후 꿀벌에 대한 독성이 높아 유해성이 있는 것으로 판단되는 자재도 있으므로 친환경유기농자재별로 제시하고 있는 권장사용농도로 반드시 지켜야 하며, Hwang *et al.*(2009)의 결과와 같이 멸구슬나무와 고삼을 주원료로 하는 자재의 경우에는 비율의 조합에 따라 우수한 살충활성과 함께 유용곤충에 대한 영향도 나타날 수 있으므로 꿀벌에 대한 염상잔류독성치를 파악한 이후에 농자재를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다. Lee *et al.*(2008)이 소형포장에서 친환경농자재가 천적곤충에 미치는 영향을 분석한 결과에서도 천적곤충에 영향을 미치는 농자재도 있으므로 시설재배지에서는 천적 사용시에는 농자재의 사용시기를 항상 고려해야만 된다.

무당벌레 염상잔류독성

친환경유기농자재의 무당벌레에 대한 영향을 평가하여 재출입 기간을 설정하기 위하여 시험물질을 처리한 후 무당벌레의 유충과 성충에 대한 치사율을 검토하였다(Table 2, 3). 시험에 사용한 식물 추출물을 활용한 작물충해관리용자재인 왕중왕에코, 베스탑에코, 보검에코를 기준량(1000x)과 배량(500x) 처리시 모두 RT₂₅ 값이 1일미만으로 나타났으며, 미생물을 활용한 작물병해관리용자재인 월드스타에코, 굿모닝, 블루칩, 카멜레온의 경우에도 기준량(500x)과 배량(250x) 처리시 모두 RT₂₅ 값이 1일미만으로 나타났다. 이러한 결과는 Lee *et al.*(2008)이 검토한 소형포장에서의 영향 평가에서 나타난 것과는 다르게 무당벌레의 유충과 성충에 대해서는 안전한 농자재임으로 평가되었다. 이는 본 시험에 사용된 7종의 친환경자재가 무당벌레 유충과 성충에 안전한 농자재임을 의미하는 것이지만 Lee *et al.*(2008)와 Kang *et al.*(2007a)이 보고한 바와 같이 친환경유기농자재에 따라서는 무당벌레

의 진딧물 포식활동에 나쁜 영향을 끼치고 있는 자재도 있으므로 진딧물 방제시 무당벌레에 안전한 농자재를 선별하여 살포해야 할 것으로 생각된다.

따라서 이상의 결과를 정리하면 친환경 농업을 위해 작물을 재배하는 시설재배지에서 화분매개충인 꿀벌이나 천적인 무당벌레와 함께 친환경유기농자재를 사용할 경우에는 농자재 살포로 인한 화분매개충과 천적에 대한 피해와 병해충의 밀도를 고려하여 친환경유기농자재를 선택하고 사용 시기를 고려하여 사용하여야 하며, 부득이 유용곤충과 함께 친환경유기농자재를 사용할 경우에는 농자재별 재출입기간을 고려하여 사용하는 것이 가장 바람직한 방법이라고 생각된다.

사 사

본 연구는 2009년 농림수산물기술기획평가원 농림기술개발사업의 일환으로 수행하였다.

Literature Cited

- Abrol, D.P. and R.S. Andotra. 2001. Field toxicity of pesticides to honeybee, *Apis mellifera* L., foragers. *Kor. J. Apiculture* 16: 19-26.
- Abrol, D.P. and R. Kumar. 2001. Toxic and morphogenic effects of pesticides on honeybee *Apis mellifera* L. Brood. *Kor. J. Apiculture* 16:95-112.
- Ahn, K.S., M.G. Oh, H.G. Ahn, C.M. Yoon and G.H. Kim. 2008. Evaluation of Toxicity of Pesticides against Honeybee (*Apis mellifera*) and Bumblebee (*Bombus terrestris*). *Kor. J. Pesticide Science* 12(4): 382-390.
- Atkins, E.L. 1992. Injury to honey bee by poisoning. In: Graham J. E., *The hive and the Honey bee*. Dadant and Sons, Hamilton, pp. 1153-1208.
- Devillers, J. and M. Pham-Dellegue. 2002. *Honey bee: Estimating the environmental impact of chemicals*. Tayler & Francis, London, 332 pp.
- Hwang, I.C., J. Kim, H.M. Kim, D.I. Kim, S.G. Kim, S.S. Kim and C. Jang. 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48(1): 87-94.
- Iwasa, T., N. Motoyama, J.T. Ambrose and R.M. Roe. 2004. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protec.* 23: 371-378.
- Kang, E.J., M.K. Kang, H.J. Lee, D.H. Lee, H.B. Seok, D.A. Kim, M.L. Gil, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2007a. Effects of Environment friendly agricultural materials to each developmental stages of *Harmonia axyridis* (coleoptera: coccinellidae) in the laboratory. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46(1): 97-107.
- Kang, M.K., E.J. Kang, H.J. Lee, D.H. Lee, H.B. Seok, D.A. Kim, M.L. Gil, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2007b. Effects of environment friendly agricultural materials to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46(1): 87-95.
- Kim, B.S., Y.K. Park, Y.H. Lee, M.H. Joeng, A.S. You, Y.J. Yang, J.B. Kim, O.K. Kwon and Y.J. Ahn. 2008. Honeybee acute and residual toxicity of pesticides registered for strawberry. *Kor. J. Pest. Sci.* 12(3): 229-235.
- Lee, D.H., E.J. Kang, M.K. Kang, H.J. Lee, H.B. Seok, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2008. Effects of environmental friendly agricultural materials to insect natural enemies at small green houses. *Kor. J. Appl. Entomol.* 47(1): 75-86.
- OECD. 1998a. OECD guidelines for the testing chemicals No. 213 Honey bee acute oral toxicity test. Paris, France.
- OECD. 1998b. OECD guidelines for the testing chemicals No. 214 Honey bee acute contact toxicity test. Paris, France.
- Sharma, D. and D. P. Abrol. 2005. Contact toxicity of some insecticides to honeybee *Apis mellifera* (L.) and *Apis cerana* (F.). *J. Asia-Pacific Entomol.* 8: 113-115.
- Sim, Y.G. 1998. The stimulating factors for foraging activities of honeybees (*A. mellifera* L.) and its influences on pollination, seed setting. Kyungpook National University.
- US EPA. 1996a. Ecological effect test guidelines OPPTS 850.3020 Honey bee acute contact toxicity. Washington DC, USA.
- US EPA. 1996b. Ecological effect test guidelines OPPTS 850.3030 Honey bee toxicity of residue on foliage. Washington DC, USA.
- Yu, Y.M., E.J. Kang, M.J. Seo, M.K. Kang, H.J. Lee, D.A. Kim, M.L. Gil and Y.N. Youn. 2006. Effects of environment friendly agricultural materials to insect parasitoids in the laboratory. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45(2): 227-234.