

키토산 캐리어 나노제형의 α -cypermethrin과 etofenprox의 목화진딧물과 복숭아혹진딧물에 대한 살충효과

서미자 · 강민아 · 권혜리 · 윤규식 · 박민우 · 강은진 · 유용만 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Insecticidal effects of Chitosan-formulated etofenprox and α -cypermethrin against *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae)

Mi Ja Seo, Min Ah Kang, Hye Ri Kwon, Kyu Sik Yoon, Eun Jin Kang,

Yong Man Yu and Young Nam Youn*

Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University,
Daejeon, 305-764, Korea

ABSTRACT: The possibility of commercializing the controlled release of chitosan carrier nano formulation was examined with mortalities and population increase rates of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* after treatment of 2 α -cypermethrin nano type formulations of different chitosan carrier molecular weight (M.W. 3,000 and 30,000) and 2 etofenprox nano types of chitosan content (70% and 80%). After 14 days of treatment, α -cypermethrin nano formulation showed over 40% mortality against *A. gossypii*. Therefore, it was confirmed that the insecticide release was controlled through chitosan carrier. Results of the investigation of insecticidal activity of α -cypermethrin nano formulation showed there were no differences between nano types at 4 days after treatment. However, after 14 days, the population increase rate treated with chitosan M.W. 30,000 formulation was -0.037, much lower than that of M.W. 3,000 formulation with 0.231. The result exhibits that chitosan M.W. 30,000 formulation would be a suitable controlled release formulation. On the other hand, etofenprox formulations didn't show any significant insecticidal effect or persistency difference against both aphid species.

Key words: Nano particle, Etofenprox, α -cypermethrin, Chitosan carrier, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*

초 록: 키토산 캐리어의 분자량차이에 따른 α -cypermethrin 두 제형(Nano M.W. 3,000과 30,000)과 키토산 함량차이에 따른 etofenprox 두 가지 제형(Nano M.W. 30,000의 70%와 80%)의 처리후 경과일에 따른 목화진딧물과 복숭아혹진딧물의 살충율과 개체군증가율을 조사하여, 서방형 제형의 키토산 캐리어 나노제형 살충제의 실용화 가능성을 검토하였다. α -cypermethrin 나노제형은 목화진딧물에 대해 처리 후 14일이 경과했음에도 40%정도의 살충율을 유지하고 있어 처리 후 시간이 경과했음에도 캐리어를 통한 살충제의 용출이 조절되는 것으로 확인되었다. 처리 후 4일까지는 나노타입간 차이를 보이지 않았으나, 처리 후 14일 이후부터 키토산 분자량차이에 따른 제형간 차이를 보였는데, 키토산분자량 30,000 제형이 개체군증가율 -0.037로 3,000제형의 개체군증가율인 0.218보다 훨씬 낮아 살충효과의 지속성을 확인할 수 있었다. etofenprox는 두 종 모두의 진딧물에 대해 나노제형의 살충효과의 지속효과가 확인되지 않아 서방형 나노제형으로서 적합하지 않는 것으로 나타났다.

검색어: Nano입자, α -cypermethrin, Etofenprox, 키토산 캐리어, 목화진딧물, 복숭아혹진딧물

인구증가에 따른 식량의 수요증가에 맞춰 농산물의 대량 생산은 성공하였으나 이에 따른 병해충 방제에 사용되는

합성농약의 오남용으로 인축에 대한 피해는 물론 농산물에 잔류하는 화학농약 및 농생태계의 환경오염 문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 전세계적으로 친환경농업을 목표로 작물생산을 꾀하고 있으며 국내에서도 향후 10년 이내에 화학농약의 사용량을

*Corresponding author: youngnam@cnu.ac.kr

Received October 19 2010; revised November 25 2010;
accepted December 4 2010

70% 이하로 줄이는 것이 확정되었으나, 화학농약의 사용량 감소방안은 아직까지 미흡한 실정이다. 이에 따라, 인축에 저독성이며 저항성 문제를 해결할 수 있는 친환경 천연물유래 물질을 이용한 친환경농자재로 병해충을 방제하거나 기존의 화학농약을 보다 안전하고 효과적으로 사용할 수 있는 제형을 개발하여 상용화하려는 노력들이 이루어지고 있다. 최근 첨단 생명공학 기술로 사용되고 있는 나노바이오 기술은 공학분야뿐만 아니라 화학분야에서도 활발한 연구가 진행되고 있는데, 특히 약물전달이나 생체분석, 생물의 약품, 생체적합성물질, 생물농약 등의 제품화가 기대 되어지고 있다(Sorvinco *et al.*, 2006). 그 중에서도 나노기술을 이용한 화학농약은 나노입자를 사용함으로써 농약이나 농자재의 남용을 최소화할 수 있기 때문에 인축과 환경에 비교적 안전하고 적은 약량으로도 효과를 증진시킬 수 있어 농가의 농업경영비용을 줄일 수 있을 것으로 예상되고 있다(Kim *et al.*, 2009). 또한 농약의 나노화는 농약분야에 새로운 수요를 창출 할 수 있는 상품으로 성장할 가능성이 높기 때문에, 농약의 나노화 원천기술을 확보함으로서 새로운 시장형성을 선도하고 기술 수출에도 기여할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 키토산을 코팅물질로 하는 encapsulation 기술을 통해 핵심물질인 농약의 방출양상을 자동적으로 조절함으로써 최적의 범위내에서 약제의 농도를 유지하고 일정 기간동안 살충활성의 지속성을 유지시킬 수 있는지를 검토하는 중요한 계기가 되었다(Bang *et al.*, 2009; Isiklan, 2006). 또한, 환경오염을 최소화하며 최소의 성분으로도 약효를 극대화시키고 지속시킬 수 있는 서방형제형의 살충제 제형을 나노기술을 이용하여 확립하고자 키토산 캐리어로 나노제형화한 살충제 α -cypermethrin과 etofenprox의 목화진딧물과 복숭아혹진딧물에 대한 살충효과 및 살충효과의 지속성 정도를 확인하였다.

재료 및 방법

나노캐리어화 한 α -cypermethrin과 etofenprox의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 살충효과 검정

고려대학교 생물고분자공학실험실에서 α -cypermethrin과 etofenprox를 핵심물질로 하고 키토산을 코팅물질로 선별하여 농도와 분자량을 달리하여 목적에 부합하는 제형조건을 탐색하고자 제형화 하였다. α -cypermethrin은 분자량 3,000인 키토산 0.3%와 분자량 30,000인 키토산 0.1%농도로 코팅물질을 달리하여 제형화 하였고 etofenprox는 분자

량 30,000인 키토산 0.1%로 캐리어화된 나노약제의 비율을 70%와 80%로 달리하여 제형화 하였다. 이렇게 제형화한 나노약제는 처리 후 핵심물질인 각각의 살충제가 서서히 용출되도록 제작하여 살충제의 용출조절 정도에 따른 대상 해충인 복숭아혹진딧물과 목화진딧물에 대한 살충효과의 지속성을 평가하고자 하였다. 생물검정에 이용된 복숭아혹진딧물과 목화진딧물은 각각 배추와 오이를 기주로 해서 실내에서 25세대 이상 살충제에 노출하지 않고 누대사육증인 살충제 감수성 개체군을 분양받아 이용하였으며, 공시충에 대한 살충제의 반응정도를 확인하기 위해 야외 고추포장에서 채집한 개체의 저항성비를 저항성개체와 비교하여 감수성임을 확인하였다(etofenprox에 대한 야외저항성 개체 TR값 359.55, 감수성 개체군의 TR값 1.67). 처리 후 경과일에 따른 살충효과의 조사를 위해 식물체에 처리 직후, 2일 간격으로 14일까지 경과된 잎을 절단한 후 잎디스크를 만들어 진딧물을 접종하는 간접처리 방법으로 살충효과를 검정하였다. 모든 처리는 3반복 수행하였으며 평균살충율로 제시하였다.

나노제형 살충제가 복숭아혹진딧물과 목화진딧물의 개체군증가에 미치는 영향

각각의 나노제형별 etofenprox와 α -cypermethrin을 처리한 고추유묘와 오이유묘에 처리 후 경과일별로 목화진딧물과 복숭아혹진딧물 성충을 기주당 각각 10마리씩 접종하고 48시간 후의 진딧물 밀도를 모두 조사한 후, Bombosch (1963)의 진딧물 개체군증가율 계산식에 의해 증가율을 구하여 나노제형별, 농도별 살충효과와 처리 후 경과일에 따른 살충효과의 지속성을 비교하였다. 개체군증가율 계산식은 $y = \log^{N_{t+1}} - \log^N / (t+1)-t$ 으로, y는 개체군증가율, (t+1)-t는 조사기간, N_{t+1} 은 접종 후 48시간 경과한 후 진딧물 수, N_t 는 초기 접종밀도를 의미한다. 모든 실험은 3반복 수행하였으며, 처리들간 차이는 SPSS(PASW Statistics 18.0)에서 일원배치분산분석으로 통계처리하여 유의성을 검정하였다.

α -cypermethrin 나노타입에 따른 식물체 표면과 복숭아혹진딧물 충체표면의 부착정도를 확인하기 위한 SEM관찰

나노제형 살충제의 충체와 처리된 식물체 표면의 부착상태와 처리 경과일에 따른 캐리어를 통한 용출상태를 확인하기 위해 나노타입별, 원체, 무처리구별로 무작위로 샘플을 선발하여 처리 후 0일차, 6일차, 10일차, 14일차 된 고추잎

표면과 복숭아혹진딧물 층체의 등판, 배판, 구기를 중심으로 전처리 과정을 통해 전자현미경사진을 촬영하였다. 전처리과정은 나노제형이 처리된 식물체와 진딧물을 glutaraldehyde 2.5%용액에 침지하여 고정한 후, 멀균수로 세척하고 에탄올시리즈(30,50,70,80,100%)로 탈수과정을 거쳐, CPD(Critical Point Dryer, K850, Emitech, Japan)로 건조시킨 후, osmium 코팅하여 전처리 샘플을 완성한 후 주사전자현미경(SEM, HITACHI S-4800)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

α -cypermethrin의 나노캐리어 타입(chitosan M.W. 3,000 0.3% 와 Chitosan M.W. 30,000 0.1%)에 따른 목화진딧물과 복숭아혹진딧물에 대한 살충효과 및 지속효과

목화진딧물의 α -cypermethrin 각각의 나노제형 처리에 따른 14일 경과일까지의 살충율을 살펴본 결과, 처리 후 1, 2일 경과한 잎에서는 나노제형이 아닌 살충제의 살충율이 80% 이상을 나타내며 두 타입의 나노제형에 비해 살충율이 높게 나타났다. 하지만, 처리 후 시간이 경과할수록, 나노제형의 살충율이 높게 나타났으며 조사 최종일인 처리 후 14일이 경과한 잎의 경우 나노제형화하지 않은 약제의 경우는 살충율이 10%에도 미치지 못하였지만, 두 나노제형의 경우, 40% 정도의 살충율을 유지하고 있어, 처리 후 시간이 경과했음에도 캐리어를 통한 살충제의 용출이 조절되는 것으로 확인되었다. 또한 처리 후 4, 6일이 경과한 잎에서는

처리된 나노 30,000 제형이 3,000제형보다 살충율이 높게 나타났으나, 시간의 경과에 따른 캐리어를 통한 살충제의 용출정도가 일정하지 않아 살충율을 예측하기 어려웠다 (Fig. 1).

진딧물의 경우, 잎디스크를 통한 살충제의 생물검정시 생존한 개체의 처녀생식에 의해 처리당시 밀도보다도 개체 수가 증가하는 문제로 인해 살충율 결과만으로 살충제의 제형 효과의 차이를 비교하거나 판단하기 어려웠다. 이러한 점을 고려하여 진딧물의 개체군증가율을 구하여 제형간 처리농도간 살충효과 및 살충제의 지속효과를 확인하고자 하였다. α -cypermethrin과 두 가지 형태의 나노제형의 처리 후 시간이 경과한 잎에서의 48시간동안의 목화진딧물의 개체군증가율을 확인한 결과, 살충제 처리 직후나 2일 후의 개체군증가율은 일반제형이 각각 -0.536과 -0.968로 두 타입의 나노제형에 비해 개체군증가율이 낮게 나타나 발생 및 생식에 영향을 준 것으로 나타났다. 하지만, 처리 후 4일이 경과한 날로부터 개체군증가율은 오히려 분자량 30,000 나노제형이 -0.242로 상대적으로 일반제형보다 낮아지면서 개체군 증가에 영향을 준 것으로 확인되었다. 특히, 나노제형 30,000의 경우, 처리 후 6일째부터 다른 제형에 비해 낮은 개체군증가율을 나타내었고, 처리 후 14일이 경과한 잎에서도 개체군증가율이 -0.037로 가장 낮으면서 살충효과의 지속성을 나타내고 있어 서방형 제형으로서의 가능성을 확인할 수 있었다(Table 1).

복숭아혹진딧물의 α -cypermethrin 각각의 나노제형 처리에 따른 살충율과 개체군증가율 결과는 목화진딧물의

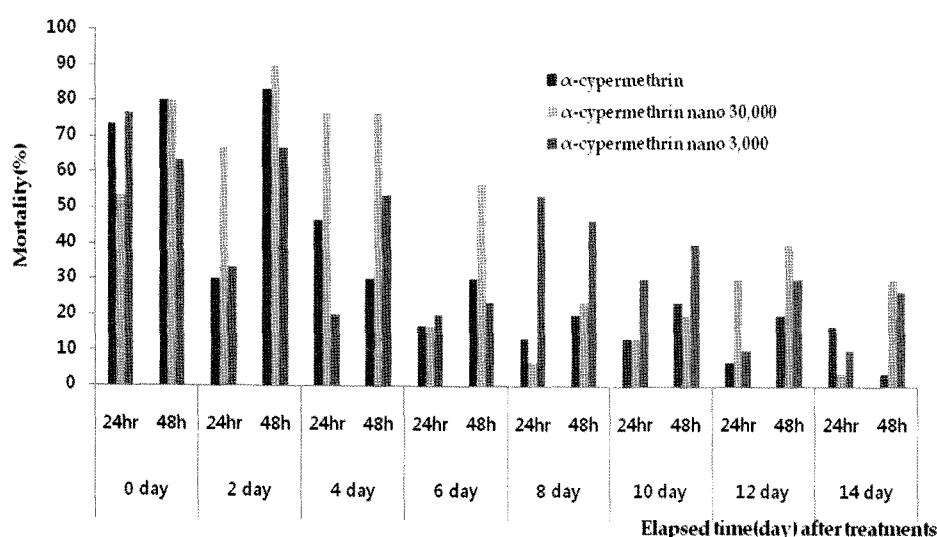


Fig. 1. Mortalities of the cotton aphids against α -cypermethrin and 2 nano formulations at 24 and 48 hrs after indirect spraying on plants during 14 days.

Table 1. Population increasing rate of the cotton aphids at 48 hrs after indirect spraying on plants of α -cypermethrin and 2 nano formulations during 14 days

	Population increasing rate on days after spraying on plants							
	0	2	4	6	8	10	12	14
α -cypermethrin	-0.536a	-0.968a	0.278ab	0.087ab	0.496b	0.470ab	0.360ab	0.379b
α -cypermethrin nano 30,000	-0.469a	-0.622ab	-0.242a	-0.022a	0.386a	0.269a	0.074a	-0.037a
α -cypermethrin nano 3,000	-0.272a	-0.114b	0.122ab	0.344ab	0.246a	0.276a	0.237a	0.218b
Control	0.705b	0.597c	0.788b	0.668b	0.490b	0.790b	0.682b	0.665c
Significance level	0.040	0.000	0.011	0.420	0.060	0.060	0.006	0.003

Values represent means. Different letters at values in rows show significant differences (One-way ANOVA, Post hoc tests by Duncan) in SPSS(PASW Statistics 18.0)

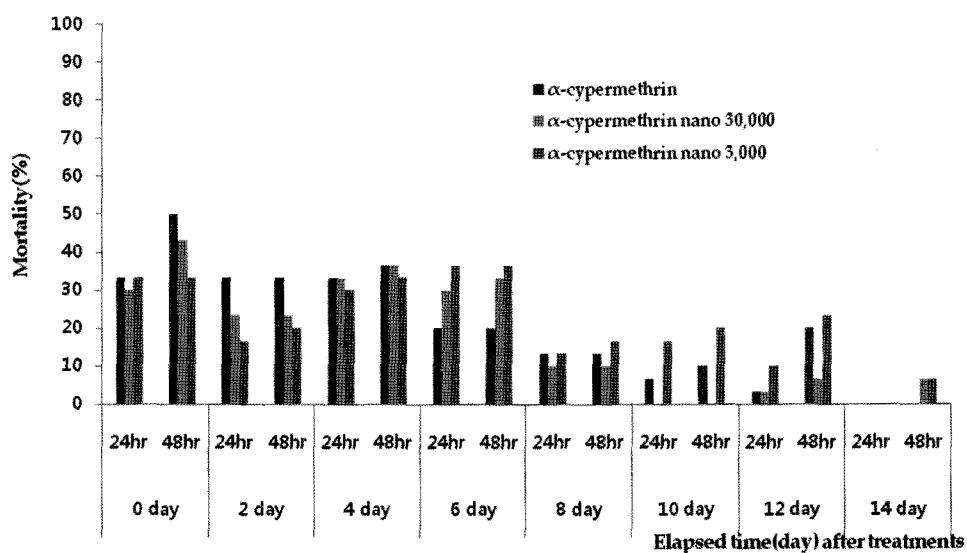


Fig. 2. Mortalities of the green peach aphids against α -cypermethrin and 2 nano formulations at 24 and 48 hrs after indirect spraying on plants during 14 days.

Table 2. Population increasing rate of green peach aphids at 48 hrs after indirect spraying on plants of α -cypermethrin and 2 nano formulations during 14 days

	Population increasing rate on days after spraying on plants							
	0	2	4	6	8	10	12	14
α -cypermethrin	-0.021a	0.345a	0.235a	0.354b	0.632a	0.176a	0.376a	0.430a
α -cypermethrin nano 30,000	-0.114a	0.313a	0.247a	0.202a	0.607a	0.346a	0.608a	0.555a
control	0.656b	0.554b	0.778b	0.668c	0.681b	0.790b	0.682a	0.665a
Significance level	0.004	0.083	0.000	0.000	0.087	0.008	0.256	0.213

Values represent means. Different letters at values in rows show significant differences(One-way ANOVA, Post hoc tests by Duncan) in SPSS(PASW Statistics 18.0)

결과와 비교했을 때 전체적으로 살충율이 50%이하로 낮게 나타나, 나노제형의 차이나 살충효과의 지속성 정도를 확인하기에는 어려웠다. 살충율이 낮기는 하지만 나노제형을 처리한 후 경과일이 10일 이후인 일에서부터 살충율이 나타나는 것으로 볼 때, 캐리어를 통한 살충제의 용출이 나타나는 것은 확인되었다(Fig. 2). 개체군증가에 있어서도 일반제

형과 나노 30,000 제형만이 각각 -0.021과 -0.114를 기록하며 생식과 발달에 영향을 주었지만, 처리 후 2일 경과한 이후부터 일반제형이나 나노제형 두 가지 타입 모두 개체군증가에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다(Table 2). α -cypermethrin은 피レス로이드계 살충제로 복숭아혹진딧물의 살충제 저항성 문제 해결을 위한 효과적인 방제대책을

위해 인위적으로 누대 도태하여 저항성을 유발하고 저항성 빌달속도와 정도 및 기타 살충제에 대한 교차저항성 유무를 확인하는 연구도 수행된 바 있는 살충제이다(Choi *et al.*, 1989). 또한 최근 농림수산식품부에서 인삼에 대한 농약잔류검사 결과, 2008년 736건 중 84건이 불합격 되었는데, 불합격제품 중 다량검출농약 품목에 α -cypermethrin이 포함되어 있었으며 그만큼 이 약제의 잔류정도가 심각한 것을 확인할 수 있다(Lee *et al.*, 2009). 물론 안전사용기준에 맞춰 살포 방법 및 살포횟수를 조절함으로 잔류문제를 해결 할 수 있겠지만, 근본적으로 소량의 살충제로도 살충효과를 지속시키며 극대화 할 수 있는 나노제형의 개발을 통해 잔류문제와 환경오염 문제를 해결 할 수 있을 것으로 여겨진다.

Etofenprox의 나노캐리어 비율(chitosan M.W. 30,000 0.1%의 70%와 80%)에 따른 목화진딧물과 복숭아혹진딧물에 대한 살충효과 및 지속효과

목화진딧물의 etofenprox 나노제형 비율에 따른 처리 후

14일 경과일까지의 살충율을 살펴본 결과, 처리 당일의 잎에서는 일반제형의 살충율이 높게 나타났으나, 처리 후 시간이 경과할수록 살충율이 낮아지며 처리 후 6일 경과된 잎에서는 나노제형에 비해 살충율이 현저히 감소하는 것을 볼 수 있었다. 두 나노제형은 초기 살충율은 그다지 높지 않았으나, 처리 후 6일 경과된 잎에서는 80%이상의 살충율을 보였다. 또한 8일 경과된 잎에서부터 실험한 모든 제형의 살충율이 30%이하로 감소하면서 살충효과의 지속성은 확인되지 않았으며, 나노제형의 비율간 차이도 없었다(Fig. 3). 개체군증가율을 확인한 결과에서도, 일반제형이나 나노제형 모두 처리 후 6일 경과된 잎에서 까지는 목화진딧물의 개체군발달이 억제되며 살충효과를 나타내었으나, 처리 후 경과일이 지날수록 개체군의 성장을 억제하지는 못했으며, 나노입자의 비율간 차이도 처리 후 6일까지의 결과에서는 80%의 비율이 개체군성장을 억제하며 다소 높은 살충효과를 나타내었으나, 처리 후 시간이 경과함에 따라 비율간 차이 또한 확인할 수 없었다(Table 3). Etofenprox의 경우,

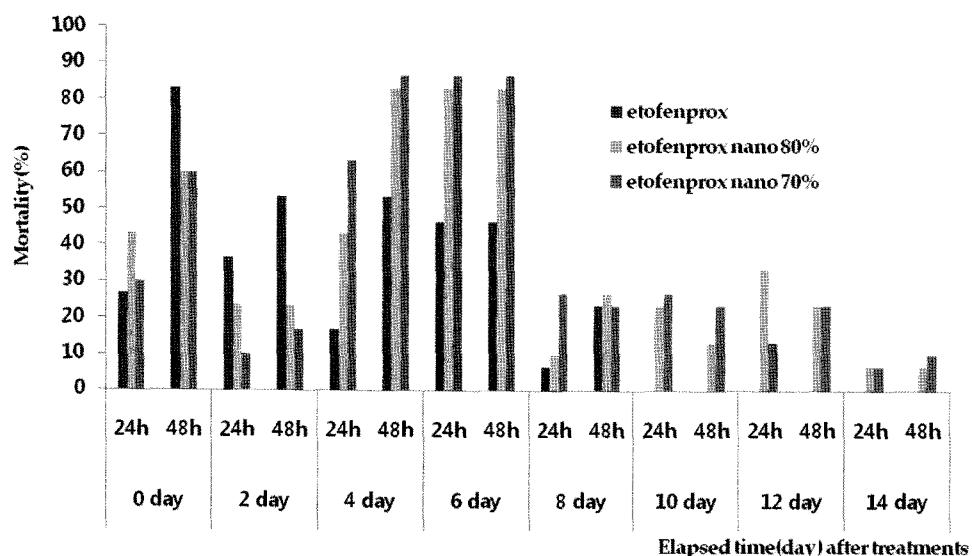


Fig. 3. Mortalities of the cotton aphids against etofenprox and 2 nano formulations at 24 and 48 hrs after indirect spraying on plants during 14 days.

Table 3. Population increasing rate of the cotton aphids at 48 hrs after indirect spraying on plants of etofenprox and 2 nano formulations during 14 days

	Population increasing rate on days after spraying on plants							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Etofenprox	-0.920	-0.230	-0.238	-0.252	0.372	0.446	0.200	0.351
Etofenprox nano 80%	0.061	0.275	-0.421	-0.421	0.061	0.315	0.144	0.498
Etofenprox nano 70%	-0.559	0.251	-0.316	-0.316	0.110	0.156	0.361	0.474
Control	-0.112	0.879	0.091	0.091	0.532	0.394	0.347	0.626

α -cypermethrin의 나노제형 실험결과와는 달리 실험한 나노 제형의 비율에 따른 살충효과의 차이나 지속효과를 확인하기 어려워 진딧물류의 방제를 위한 서방형 제형으로서는 적합하지 않은 것으로 나타났다.

복승아혹진딧물의 etofenprox 나노제형의 비율에 따른 살충율과 개체군증가율을 확인한 결과, α -cypermethrin의 결과와 마찬가지로 목화진딧물에 비해 살충율이 낮게 나타났다. 처리 후 4일이나 6일 경과한 잎에서 일반제형이 50% 정도의 살충율을 보여주었으며, 나노제형은 80%, 70% 비율 두 제형 모두 살충효과가 20% 미만으로 매우 낮았다. 물론 처리 후 10일 이상이 경과한 잎에서 나노제형은 약간의 살충효과를 보이며 캐리어를 통한 살충제의 용출정도가 다소 확인되었으나, 나노제형의 비율간 비교가 어려웠으며 핵심물질 살충제인 etofenprox에 대한 살충효과가 매우 낮아 확인하기 어려웠다. 마찬가지로 개체군증가율을 통해 살충효과 및 약효지속효과를 확인하고자 하였으나, 살충제 자체에 대한 반응성이 매우 낮아 개체군의 생장이나 번식에 영향을 미치는지의 여부가 확인되지 않았다(Fig. 4 와 Table

4). Jo *et al.*(2009)의 연구결과에 의하면, 아외 고추 포장에서 채집한 복승아혹진딧물 개체군이 etofenprox 살충제에 대해 LC50이 2195.10ppm으로 실내 사육중인 감수성개체군에 비해 저항성비가 무려 359.55로 나타나 고도의 저항성을 나타내는 것을 보고 하였으며, 이 etofenprox 저항성 개체군은 다른 피레스로이드 계열의 살충제인 deltamethrin, lambda cyhalothrin, α -cypermethrin, fenvalerate, fenpropathrin에 대해서도 낮은 살충율을 보여 교차저항성이 발달한 것을 확인시켜 주었다. 실제로 복승아혹진딧물은 연간 발생세대수가 무려 20세대 이상이고 단위생식을 통해서 개체수를 늘리며, 여러 농작물에서 기주전환을 하기 때문에 해충방제를 위해 처리되는 살충제에 노출될 기회와 저항성 발달이 다른 해충들에 비해 빠르게 나타날 가능성이 높다(Seo *et al.*, 2008). 본 실험에 사용한 복승아혹진딧물 역시 목화진딧물과 비교했을 때, α -cypermethrin뿐만 아니라 etofenprox에 대해서도 방제효과가 낮게 나타나 이 두 살충제에 대해 저항성을 나타내는 것으로 생각되며, 따라서 나노제형의 살충효과 및 약효지속효과를 판단하기 위해서는 제형의 선택에 앞서

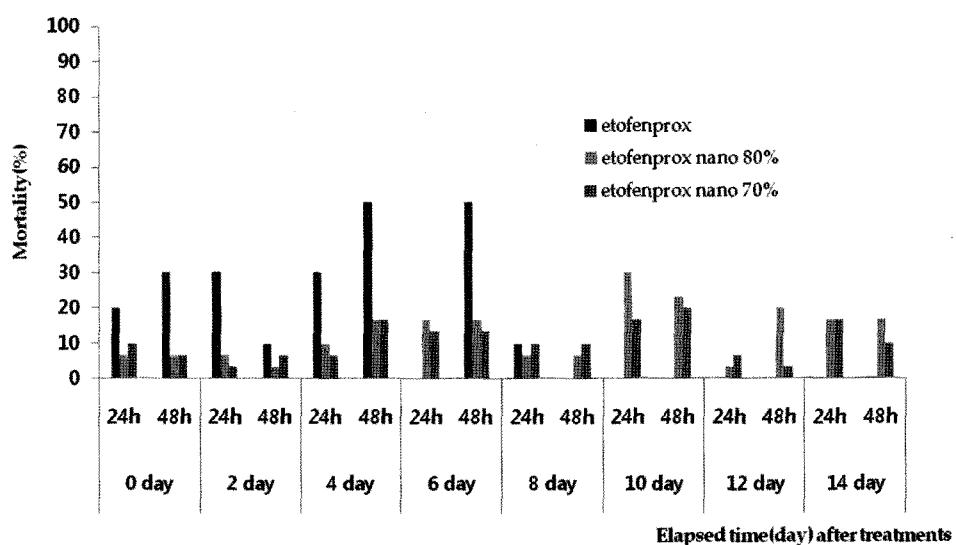


Fig. 4. Mortalities of the green peach aphids against etofenprox and 2 nano formulations at 24 and 48 hrs after indirect spraying on plants during 14 days.

Table 4. Population increasing rate of the green peach aphids at 48 hrs after indirect spraying on plants of etofenprox and 2 nano formulations during 14 days

	Population increasing rate on days after spraying on plants							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Etofenprox	0.037	0.190	0.387	0.324	0.273	0.324	0.184	0.288
Etofenprox nano 80%	0.438	0.283	0.416	0.355	0.290	0.370	0.215	0.234
Etofenprox nano 70%	0.266	0.344	0.172	0.381	0.224	0.424	0.175	0.344
Control	0.394	0.515	0.582	0.265	0.321	0.515	0.203	0.680

실충제의 선발에 있어 신중한 선택이 필요할 것으로 보인다.

α -cypermethrin 나노타입에 따른 식물체 표면과 복숭아혹진딧물 충체표면의 부착정도를 확인하기 위한 SEM관찰

SEM 사진을 통해 α -cypermethrin 나노제형별 살충제의 복숭아혹진딧물 충체, 구기 및 식물체 표면의 부착여부를 확인한 결과, 구기 주변의 강모와 표면에 부착된 정도에 있어 나노제형간 차이를 확인할 수 없었다. 처리 후 시간이 경과함에 따라 바깥을 둘러싸고 있는 키토산 캐리어 입자가 부풀어오르는 swelling현상이 확인되었는데, 이러한 현상은 나노제형별, 처리 후 경과일수에 따라 다소 차이를 보였

다. 처리 후 6일이 경과한 뒤에 부착된 나노입자는 나노제형 3,000이 나노제형 30,000보다 swelling현상이 두드러지게 나타나는 경향을 보였으며 처리 후 시간이 경과함에 따른 살충효과의 지속성이 좀 더 높았던 제형이 나노제형 30,000이었던 것을 고려할 때, 나노입자의 키토산 캐리어 표면이 부풀어오르는 현상은 핵심물질이 용출되어지는 것과 관련될 것이라 생각되며 추후 이에 따른 조사가 필요할 것으로 보인다(Figs 5, 6, 7). SEM관찰을 통해 나노입자의 부착여부와 입자의 변화여부를 통한 핵심물질의 용출정도를 확인하고자 하였으나, 나노제형의 입자가 고르지 못할 뿐만 아니라, 입자가 부풀어오르는 swelling 현상도 일정치 않아 캐리어에 따른 나노제형의 입자변화를 판단하기에 부족했다.

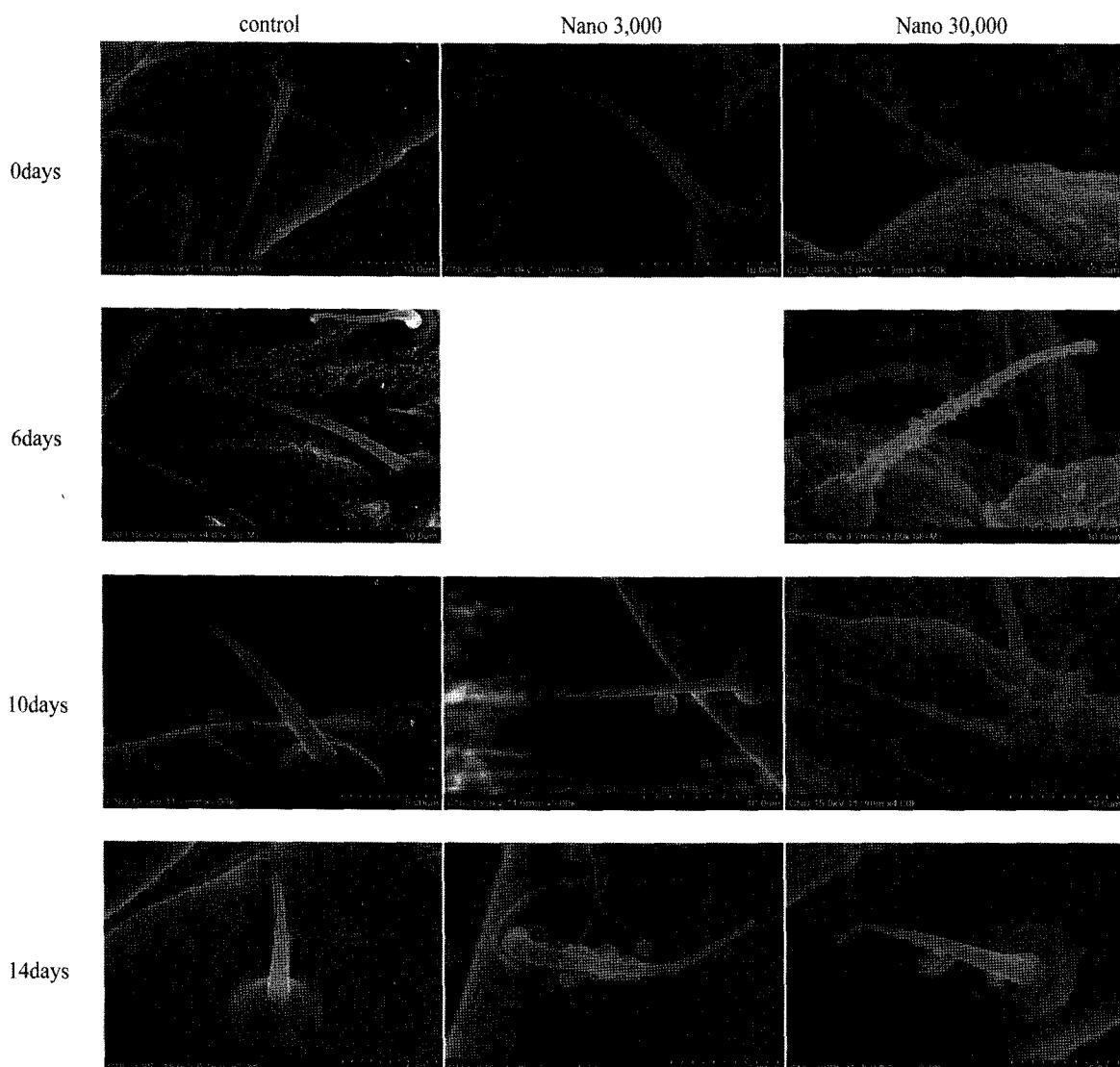


Fig. 5. SEM photographs of mouthpart of the green peach aphid treated with different nano formulations of α -cypermethrin at 0, 6, 10, and 14 days after treatment.

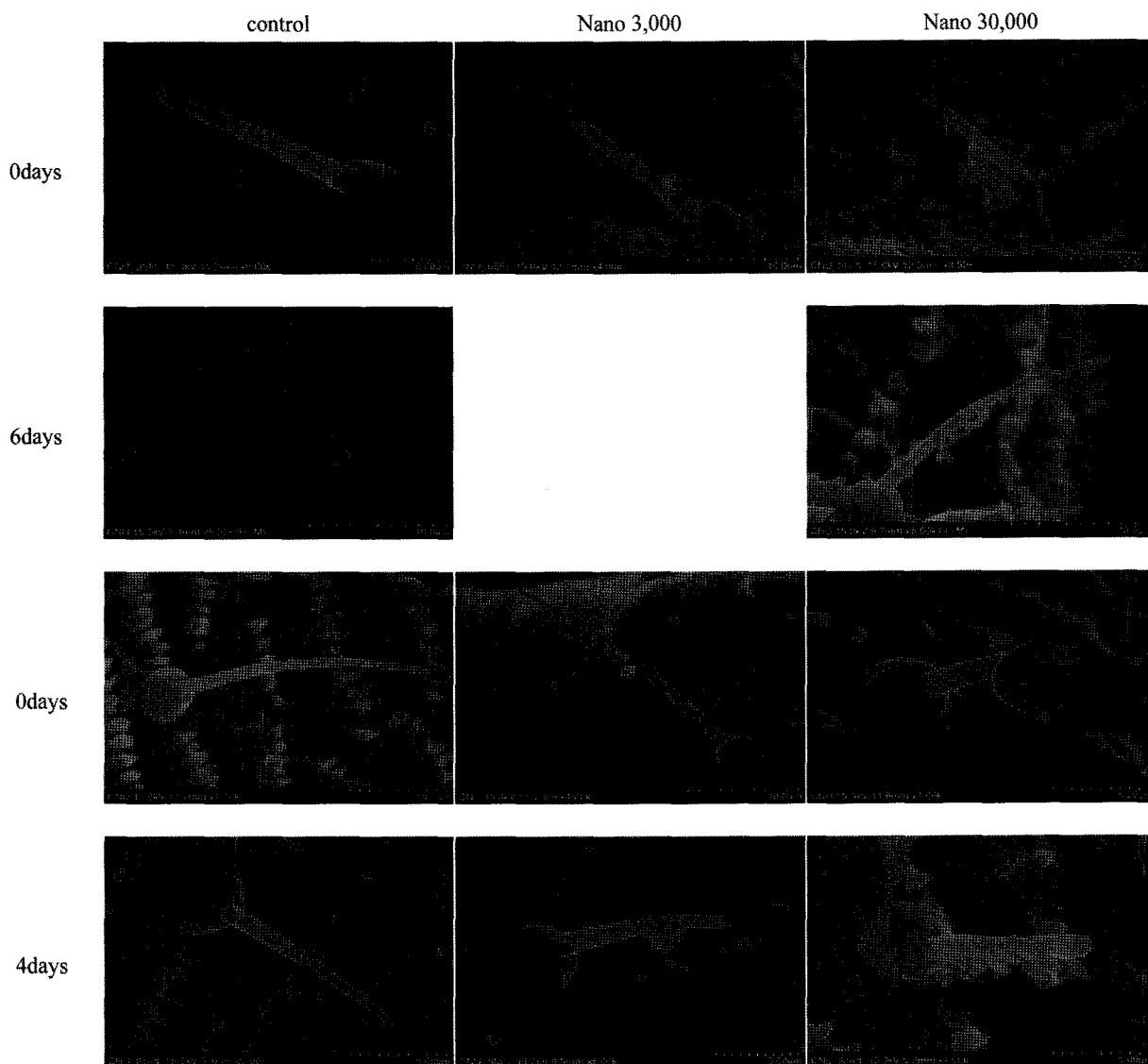


Fig. 6. SEM photographs of dorsal plate of the green peach aphid treated with different nano formulations of α -cypermethrin at 0, 6, 10, and 14 days after treatment.

전체적으로 나노캐리어를 형태학적으로 확인했을 때, 구형의 형태를 보여주었으며 표면이 매끄럽고 크기에 있어서도 비교적 일관성을 지니는 것으로 나타났다.

지금까지 저항성 해충의 출현으로 적어도 57종 이상의 살충제를 사용할 수 없게 되었고, 교차저항성에 의해 사용할 수 있는 살충제의 종류가 그만큼 줄어들고 있기 때문에, 새로운 살충제의 개발이 시급한 상황이다(Nauen & Bretschneider, 2002). 하지만 신규 살충제의 막대한 개발 비용과 강화된 등록기준으로 인해 살충제 개발이 점점 어려워지는 시점에서 농약의 사용량을 줄임으로 저항성 발달을 최대한 억제하고 살충제의 수명을 최대한으로 연장시킬 수 있는 방안을 강구해야 한다. 실질적으로 아무리 우수한 특성을 지닌 살충

제라도 사용량이 증가하면 도태압이 높아져 저항성 발달 가능성이 높아 농약사용량이 증가되고, 농약의 수명이 단축될 가능성이 높기 때문에(Choi *et al.*, 2005), 농약 사용량을 최소화하고 녹색방제 전략을 수립하여 해충의 살충제에 대한 저항성 발달 기회를 줄이기 위한 노력이 반드시 필요하다. 이러한 이유에서 농약의 사용량을 줄일 수 있는 서방형 나노제형의 개발에 관한 연구는 불안정한 핵심물질인 농약의 안정성을 높혀줄 뿐만 아니라 최적범위 내에서 살충제의 농도를 유지하고 살충효과의 지속성을 높혀줌으로써 새롭게 농약 시장형성을 선도할 수 있는 나노 농약제품을 생산할 수 있는 기반이 될 것으로 기대한다.

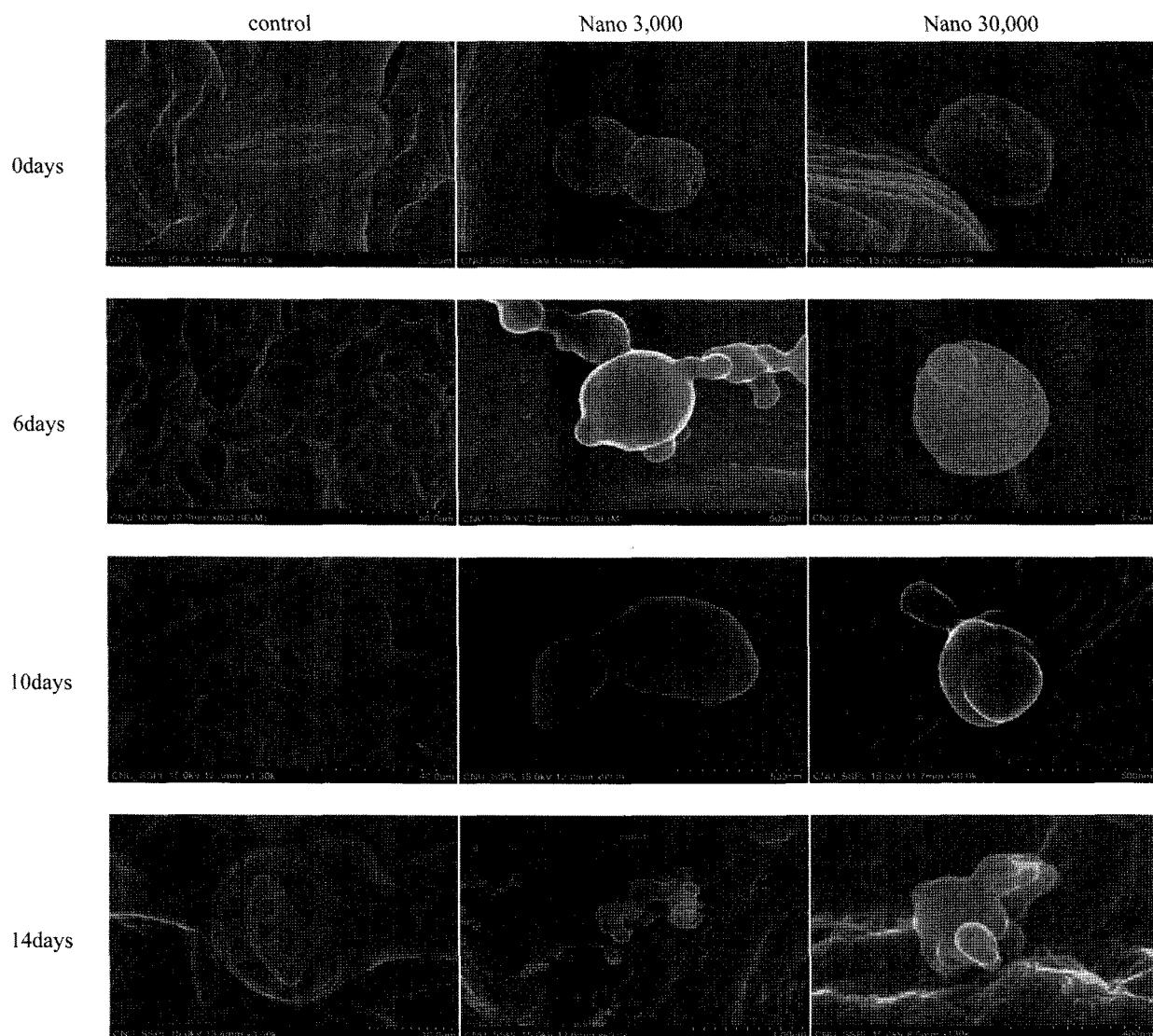


Fig. 7. SEM photographs of surface of hot pepper leaves treated with different nano formulations of α -cypermethrin at 0, 6, 10, and 14 days after treatment.

사 사

본 논문은 농림기술관리센터 농림기술개발사업 기획과 제인 나노기술을 이용한 친환경자재 개발 및 농약 감소를 위한 서방형 나노제형의 개발에 관한 연구를 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

Literature Cited

- Bang, S.H., Y.M. Yu, I.C. Hwang and H.J. Park. 2009. Formulation of size-controlled nano carrier systems by self-assembly. J. Microencapsulation. 1-12, iFirst.
Bombosch, S. 1963. Untersuchungen zur Vermehrung von *Aphis*

fabae Scop. In Samenrubenbeständen unter besonderer Berücksichtigung von Schwebfliegen(Diptera: Syrphidae). Z. Angew. Entomol. 52: 105-141.

Choi, B.R., S.W. Lee, Y.H. Song and J.K. Yoo. 2005. Effect of sublethal doses of imidacloprid on the green peach aphid, *Myzus persicae*. Kor. J. Pes. Sci. 9(4): 374-479.

Choi, S.Y., G.H. Kim and Y.J. Ahn. 1989. Studies on the insecticide resistance in the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (V). Development of cypermethrin and pirimicarb resistance and cross resistance. Kor. J. Appl. Entomol. 28(1): 23-27.

Isiklan N. 2006. Controlled release of insecticide carbaryl from sodium alginate, sodium alginate/gelatin and sodium alginate/ sodium carboxymethyl cellulose blend beads crosslinked with glutaraldehyde. J. Appl. Polym. Sci. 99(4): 1310-1319.

Jo, C.W., C.R. Park, K.S. Yoon, M.A. Kang, H.R. Kwon, E.J.

- Kang, M.J. Seo, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2009. Comparison of life table and feeding behavior of resistance and susceptible population of the green peach aphid, *Myzus persicae*(Hemiptera: Aphididae) against Etufenprox. Kor. J. Appl. Entomol. 48(3): 301-310.
- Kim, S.W., J.S. Min and Y.S. Lee. 2009. Bacterial effects of nano-silver liquids against various plant pathogenic bacteria. Res. Plant Dis. 15(2) : 130-133.
- Lee, J.H., Y.H. Kim, Y.H. Jeon, K.S. Shin, H.Y. Kim, T.H. Kim, C. Park, Y.M. Yu and J.E. Kim. 2009. Residues amounts of cypermethrin and diethofencarb in ginseng sprayed by safe use guideline. Kor. J. Environ. Agri. 28(4): 412-418.
- Nauen R. and T. Bretschneider. 2002. New modes of action of insecticides. Pesticide Outlook. 12:241-245.
- Seo, M.J., M.K. Kang, B.H. Jo, I.C. Hwang, C. Jang, Y.M. Yu and Y.N. Youn. 2008. Changes of feeding behaviors of *Myzus persicae*(Homoptera: Aphididae) depending on inflow concentrations of imidacloprid. Kor. J. Appl. Entomol. 47(4): 369-378.
- Sonvinco F., A. Cagnani, A. Rossi, S. Motta, M.T. Di Bari, F. Cavatorta, M.J. Alonso, A.Deriu and P. Colombo. 2006. Formulation of self-organized nanoparticles by lecithin/chitosan ionic interaction. Int. J. Pharm. 324:367-73.