

## 벼멸구에 대한 식물추출물의 살충활성과 기피효과

김연국<sup>1</sup> · 이종진<sup>1</sup> · 최만영\*

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 농업해충과, <sup>1</sup>전북대학교 농업생명과학대학 생물자원과학부

# Insecticidal Activities and Repellent Effects of Plant Extracts against the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål)

Yeon-Kook Kim<sup>1</sup>, Jong-Jin Lee<sup>1</sup> and Man-Young Choi\*

Applied Entomology Division, Agricultural Biology Department, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon Gyeonggi, 441-707

<sup>1</sup>Faculty of Biological Resources Science, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756

**ABSTRACT** : Methanol extracts of 35 plant species in 20 families were tested for their insecticidal activities and repellent effects against *Nilaparvata lugens* female adult by topical application and spray methods. The insecticidal activities and repellent effects of various plant species and parts were different. The methanol extracts from stem of *Garcinia xanthochymus*, *Senecio scandens* and *Phytolacca americana*, seedcoat of *Ginkgo biloba*, and leaf + stem of *Ailanthus altissima* and *Catalpa ovata* showed potent insecticidal activities against *N. lugens*. Specially, the *G. biloba* extract exhibited higher than 90% mortality against *N. lugens* at a concentration of 4,000 ppm. Repellent effects of plant extracts obtained from whole plant of *Daucus carota*, fruit of *Semecarpus anacardium*, leaf + stem of *C. ovata* and *Wisteria sinensis* were active, and potent. Also, the plant extracts that are potent in insecticidal activity not necessarily have high repellent activity showing no significant correlation between the two activities.

**KEY WORDS** : *Nilaparvata lugens*, Plant extract, Insecticidal activity, Repellent activity

**초 록** : 식물추출물(20과 35종)을 사용하여 미량국소처리방법과 분무방법으로 벼멸구 암컷성충에 대한 살충활성과 기피효과에 대해 실험을 수행하였다. 살충활성과 기피효과의 결과는 식물종과 그 부위에 따라 다양한 차이를 보였다. 인면과수, 구리괘, 미국자리공의 줄기 추출물, 그리고 취춘과 석류나무의 잎+줄기 추출물이 벼멸구에 대하여 높은 살충활성을 보였다. 식물추출물들의 기피효과는 남학슬의 전부위 추출물, 캐슈나무의 열매추출물, 석류나무와 등나무의 잎+줄기 추출물이 높은 기피활성을 보였다. 이 실험에 사용한 식물추출물들에서 기피효과가 높은 식물추출물들의 살충활성이 불규칙적으로 나타나 기피효과와 살충률의 관계가 성립되지 않았다. 따라서 처리된 식물추출물의 벼멸구에 대한 살충활성과 기피 효과는 상관관계가 없음을 알 수 있다.

**검색어** : 벼멸구, 식물추출물, 살충활성, 기피효과

\* Corresponding Author. E-mail: choimy@rda.go.kr

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)는 우리나라를 비롯하여 아시아 전역과 오스트레일리아 북부, 남태평양 군도 등 벼 재배지역에 광범위하게 분포하고 있으며, 우리나라에서는 월동하지 못하고 중국 남부, 동남아시아 등에서 저기압기류를 타고 비래하는 벼의 중요한 흡즙성 해충이다(Bae and Pathak, 1966; Dyck and Thomas, 1979). 벼멸구는 벼를 직접 흡즙함으로써 식물체를 완전히 고사시키는 직접피해 뿐만 아니라 필리핀 등 열대지방에서는 벼 virus병인 grassy stunt (Ling, 1972), ragged stunt 및 wilted stunt (Chen *et al.*, 1978)병을 옮김으로써 연간 300만불의 손실을 초래하는 것으로 추정하고 있다. 또한 열대지방에서 벼멸구의 불규칙한 대발생(outbreaks)은 살충제의 무절제한 사용을 야기하고, 등검은황록장님노린재 등 포식성 천적의 밀도가 낮아지는 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Reissig *et al.*, 1982; Heinlich and Mochida, 1984).

한편, 오늘날 식품 안정성과 자연환경에 대한 관심이 높아지면서 식량 생산에서 농약 사용은 인류의 건강과 환경을 파괴하는 행위로 인식하고 있다. 따라서 최근에는 광범위한 살충효과를 보이면서 대신 환경에는 큰 영향을 주지 않는 대체농약을 탐색하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다(Schmutterer, 1980).

구미 등 선진국에서는 오래전부터 개발 확률이 매우 낮은 화학적 합성에 의한 살충제 개발에서 천연물로부터 인축 및 환경에 부작용이 적은 살충성분의 탐색과 개발로 눈을 돌려 많은 연구 성과를 얻었으며(Miyakada, 1986; Amason *et al.*, 1989), 또한 이들 천연물 유래 살충성분들을 선행화합물(lead compound)로 하여 유기인계, 카바메이트계, 피레스린계 및 우레아계 살충제 등이 개발되어 해충 방제에 널리 이용되고 있다.

또한, 많은 알칼로이드 및 테르펜계 화합물들이 살충성을 가지고 있는 것으로 알려져 있으며(Alkofahi, 1989; Harborne, 1993), 특히 *Ricinus communis* 잎 중에 있는 알칼로이드의 일종인 ricinine은 벼멸구에 대하여 살충성이 뛰어난 것으로 알려져 있다(Thornber, 1970). Kwon *et al.* (1998)은 이점을 착안, 이들의 카바메이트계 및 유기인계 유도체를 합성하여 살충, 살균활성을 검정한 결과 그 효과가 있음을 증명하였다.

한편, 1993년에는 은행나무 잎에서 벼멸구에 대하여 강력한 살충활성을 나타내는 테르펜화합물인 bilobalide가 분리·동정되었고, 돌연변이원성 실험을 통하여 이 화합물의 안전성이 검증되었다(Kwon, 1993). 이러한 연구를 토대로 최근문제가 되고 있는 벼멸구에 의한 피해를 줄이면서 환경에 문제가 되지 않고 벼멸구를 치사시킬

수 있는 새로운 살충제를 개발하는 것이 더욱 절실히 요구되고 있으며, 기피제와 같이 해충의 피해를 경감시킬 수 있는 곤충행동제어물질에 대한 연구도 많이 이뤄지고 있다.

본 연구는 국내 식물 11종과 국외 식물 24종의 추출물에 대해 벼멸구를 대상으로 살충활성을 검정하고 기피효과를 탐색하여 신규 살충활성물질을 발굴하는데 필요한 기초 자료로 얻고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 식물 종 및 메탄올 추출물

본 연구에 사용한 34종의 식물추출물은 한국식물추출물은행에서, 은행 외종피 추출물은 Choi (2006)로부터 분양받아 사용하였다. 식물추출물들은 Table 1에서와 같이 20개의 과로 이루어져 있으며, 한국식물추출물은행이 보유하고 있는 국내외 식물추출물 4,000여종 중 살충효과가 있는 것으로 기록된 34종을 대상으로 하였다. 은행 외종피 추출물을 포함한 35종의 식물추출물은 식물체의 각 부위별(bark, leaf, seed, stem, whole plant)로 구분하여 60°C dry oven에서 5일간 건조한 후 각 식물체 시료당 200 g을 95% methanol 2 L에 24시간 동안 추출하고 여과하여 얻어진 것들이며, 45°C에서 감압 농축하여 동결건조 후 보관 중이던 것을 분양받았다. 각각의 동결 건조된 추출물 20 mg을 5 ml의 아세톤에 희석하여, FALCON tube (50 ml)에 넣어 냉장 보관하면서 필요시 실험에 사용하였다.

### 실험곤충 사육

실험곤충인 벼멸구는 농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소 곤충사육실(25±1°C, 60±5% RH, 16L : 8D)에서 살충제로 도태시키지 않고 누대 사육한 건강한 충체를 사용하였다. 실험곤충의 사육을 위해 기주로 사용된 벼는 동진 1호이며, 파종 후 14일 이상 경과한 2-3 엽기유묘를 소형포트(가로 12 cm, 세로 3 cm, 높이 20 cm)에 옮겨 심은 뒤, 그 위에 벼멸구를 접종하고 물을 채운 플라스틱 사육상자(가로 30 cm, 세로 22 cm, 높이 23.5 cm)에 넣어 사육하였다.

Cho *et al.* (1987)은 신규 살충성물질의 개발을 위한 생물검정용 곤충으로 벼멸구의 경우 우화 3-5일의 암컷 성충이 적합하다고 하였으나, 본 실험에서는 섭식이 왕성

**Table 1.** Plant species used for insecticidal activity and repellent effect against *N. lugens*

Scientific Name	Korean name	Family	Part tested <sup>a</sup>	Function
<i>Semecarpus anacardium</i>	-	Anacardiaceae	Fr	유산방지, 구충제
<i>Catalpa ovata</i>	재수	Bignoniaceae	L+St	청열이습, 살충지양, 습진
<i>Chenopodium album</i>	-	Chenopodiaceae	L+R	청열제습, 살충지양, 이질
<i>Artemisia princeps</i>	쑥	Compositae	L	산후하혈, 회충, 복통, 치통
<i>Artemisia princeps</i>	"	"	St	"
<i>Senecio scandens</i>	구리광	"	St	청열해독, 살충지양, 폐렴
<i>Garcinia xanthochymus</i>	인면과수	Guttiferae	St	구충, 청화퇴열
<i>Ginkgo biloba</i> (L.)	은행나무	Ginkgoaceae	Se	천식, 자양, 임병, 거담, 진해
<i>Juglans regia</i>	-	Juglandaceae	L	항기생충, 강장제, 류마티즘
<i>Platycarya strobilacea</i>	화향	"	L+St	살충지양, 음낭습진
<i>Astragalus sinicus</i>	자운영	Leguminosae	Wp	청열, 해독, 인후통
<i>Butea monosperma</i>	-	"	Fr	회충, 발적제
<i>Cassia siamea</i>	흑심수	"	St	제풍제습, 살충지양, 열비자
<i>Cassia siamea</i>	"	"	L	"
<i>Entada phaseoloides</i>	-	"	Se	강장제, 토제, 구충제
<i>Mucuna nigricans</i>	-	"	Se	구충제, 최음제, 생리통
<i>Mucuna pruricans</i>	-	"	Se	구충제, 최음제
<i>Sophora flavescens</i>	고삼	"	R+St	살충, 해열, 진통, 습진
<i>Sophora flavescens</i>	"	"	Wp	"
<i>Wisteria sinensis</i>	자등	"	L+St	이수, 제비, 살충, 부종
<i>Buddleja lindleyana</i>	취어초	Loganiaceae	L+St	거풍해독, 구충, 응중, 나려
<i>Embelia ribes</i>	-	Myrsinaceae	Fr	방충, 피임
<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공	Phytolaccaceae	St	만성신우신염, 농막염
<i>Phytolacca americana</i>	"	"	Fr	"
<i>Pittosporum tobira</i>	해동	Pittosporaceae	L+St	해독, 살충, 종독
<i>Punica granatum</i>	-	Punicaceae	B	진위제, 구충제, 설사, 이노
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	초피나무	Rutaceae	L	해독, 구충, 진통
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	"	"	Wp	"
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	"	"	St	"
<i>Santalum album</i>	-	Santalaceae	St	방광염, 결핵, 피부질환
<i>Koeleretaria bipinnata</i>	전연엽란수	Sapindaceae	L+St	거풍청열, 살충, 회충병
<i>Ailanthus altissima</i>	취춘	Simaroubaceae	L+St	살충, 설사, 이질, 습진
<i>Daucus carota</i>	남학슬	Umbelliferae	Wp	살충건비, 이습해독, 황달
<i>Pilea mongolica</i>	투경냉수화	Urticaceae	L+St	청열, 이노, 해독, 자궁내막염
<i>Vitex trifolia</i>	삼엽만형	Verbenaceae	L	견치, 치간질, 치위통

<sup>a</sup>B; bark, L; leaf, St; stem, Fr; fruit, R; root, Se; seed, Wp; whole plant.

해진 버벌구를 이용코자 우화 후 7일 된 버벌구 암컷성충을 사용하였다.

## 메탄을 추출물의 살충활성 효과

### 선별실험

35개의 식물추출물 중에서 버벌구에 대해 높은 살충효과를 나타내는 추출물을 얻기 위한 선별실험을 실시하였다. 추출물 처리 시 버벌구 암컷 성충(우화 후 7일) 20마리씩을 탄산가스로서 20초간 마취시킨 후 흉부배판에 미량국소처리기(Burkard hand microapplicator, UK / BSO1062)

를 이용하여 총당 0.2 µl (4,000 ppm)씩 점정하였다. 무처리하는 0.2 µl acetone만을 점정하였다. 처리된 버벌구는 직경 6.5 cm, 높이 5 cm인 플라스틱 pot에 옮겨 심은 벼(동진 1호) 유묘를 직경 6.5 cm, 높이 25 cm되는 원형케이지 안에 두고 케이지의 윗부분에 뚜껑을 씌워서 버벌구가 탈출하지 못하도록 하였다.

처리된 버벌구는 사육실(25±1°C, 60±5% RH, 16L : 8D)로 옮긴 후 24와 48시간에 사충수를 조사하였다. 모든 실험은 각 시료 당 3반복으로 실시하였다.

70% 이상의 살충률을 보인 추출물은 ‘+++’로 50~70%까지의 살충률을 보인 추출물은 ‘++’로 30~50%까지의

살충률을 보인 추출물은 '+'로 30% 이하의 살충률을 보인 추출물은 '-'로 표기하였다.

### 농도별 효과 측정

선별실험에서 65% 이상의 살충률을 보인 8개 식물추출물(*P. americana*의 stem, *Zanthoxylum piperitum*의 leaf, *S. scandens*의 stem, *G. xanthochymus*의 stem, *Cassia siamea*의 leaf, *C. ovata*의 leaf + stem, *A. altissima*의 leaf + stem, *G. biloba*의 seed)을 대상으로 농도별 살충효과를 조사하였다. 처리농도는 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 ppm으로 하였고, 희석액을 탄산가스로 20초간 마취시킨 벼멸구 암컷 성충의 흉부배판에 미량국소처리기를 이용하여 총당 0.2  $\mu$ l 씩 점정하였다. 무처리기는 acetone만을 점정하였다. 사충수 조사 등 모든 시험과정은 선별실험과 동일하게 실시하였다.

### 기피 실험

기피효과와 살충효과 사이의 상관관계를 조사하기 위하여 35종의 각각 식물 추출물 모두에 대한 기피효과를 측정하였다. 아세톤 10 mL와 증류수에 희석한 Triton X-100 (0.1 ml/L (D.W.)) 40 mL에 각 식물추출물 50 mg을 넣어 만든 희석액을 이용하여 기피실험을 실시하였다. 초장이 5 cm인 벼(동진 1호) 유묘의 뿌리부분을 탈지면으로 둘러싸서 petri dish (직경 8.5 cm, 높이 1.5 cm)에 옮기고 수분을 공급하였다. 각각의 식물 추출물 아세톤 혼합액 50 mL을 소형 분무기로 벼 유묘에 분무하여 두 시간 동안 음건하였다. 그 후 분무처리 한 3개의 유묘와 무처리(아세톤 10 mL와 Triton X-100 40 mL만 처리)한 3개의 유묘를 가로 34 cm, 세로 34 cm, 높이 38 cm의 플라스틱 cage에 양쪽에 3개씩 엇갈려 놓은 후 흡입관을 이용하여 구분하여 놓은 벼멸구 암컷성충 30마리를 케이지 가운데에 있는 petri dish (직경 8.5 cm, 높이 1.5 cm)에 놓아두었다(Fig. 1). 그 후 24, 48, 72시간 후 기피 결과를 조사하

였는데, 식물추출물을 처리한 벼로 이동한 벼멸구의 수를 treated (t), 무처리한 벼로 이동한 벼멸구의 수를 control (c)이라 하고 24시간, 48시간, 72시간별로 벼멸구가 처리구 또는 무처리구로 이동한 수를 조사하였으며,  $\chi^2$ 검정을 통해 기피효과의 유의성을 검정하였다. 모든 실험은 사육실(25 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C, 60 $\pm$ 5% RH, 16L : 8D)조건에서 각 식물 추출물 당 3반복으로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 선별실험

식물추출물은행에 보관중인 4,000종의 식물추출물 중 살충활성이 있는 것으로 기재되어 있는 34종과 은행 외종 피 추출물을 대상으로 벼멸구에 대한 살충활성을 검정하였다(Table 1). 실험에 앞서 Ahn and Cho (1992)는 식물체의 메탄올 조추출물의 경우 미지의 상태에서 활성을 측정하기 때문에 생리활성물질의 검출을 용이하게 하기 위해서는 출발농도의 선정이 매우 중요하다고 하고, 식물체의 조출출물의 경우에는 아세톤을 용매로 하여 5,000 ppm으로 출발농도를 정하는 것이 바람직하다고 하였다. 본 연구에서도 각 식물추출물을 5,000 ppm으로 희석하여 살충활성이 있는 것들을 선별하고자 하였다.

선별실험을 통한 살충률은 Table 2에서와 같이 점정 후 24시간과 48시간 후 조사하였을 때 흑심수(*C. siamea*)의 잎, 흑심수(*C. siamea*)의 줄기, 삼엽만형(*V. trifolia*)의 잎, 남학슬(*D. carota*), 전연엽란수(*K. bipinnata*), 취어초(*B. lindleyana*), 초피나무(*Z. piperitum*)의 지엽, 고삼(*S. flavescens*), 쑥(*A. princeps*)의 잎과 줄기, 미국자리공(*P. americana*)의 열매 추출물들은 50~70%의 살충률을 보였으며, 인면과수(*G. xanthochymus*)의 줄기, 구리광(*S. scandens*)의 줄기, 취춘(*A. altissima*)의 줄기, 재수(*C. ovata*)의 잎과

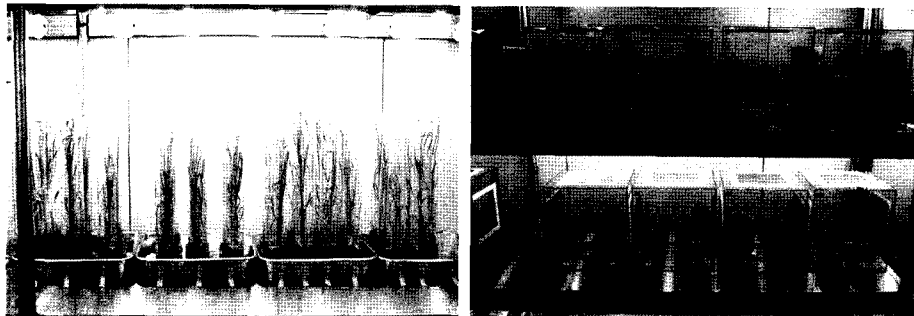


Fig. 1. Tests of insecticidal activity (left) and repellent effects (right).

Table 2. Insecticidal activity of plant extracts against *N. lugens*

Scientific Name (Part)	Mortality (%) <sup>a</sup>	
	24 hrs	48 hrs
<i>Cassia siamea</i> (L)	++	++
<i>Cassia siamea</i> (St)	++	++
<i>Vitex trifolia</i> (L)	++	++
<i>Garcinia xanthochymus</i> (St)	+++	+++
<i>Senecio scandens</i> (St)	+++	+++
<i>Chenopodium album</i> (L+R)	+	+
<i>Daucus carota</i> (Wp)	++	++
<i>Koelreuteria bipinnata</i> (L+St)	++	++
<i>Ailanthus altissima</i> (L+St)	+++	+++
<i>Catalpa ovata</i> (L+St)	+++	+++
<i>Buddleja lindleyana</i> (L+St)	++	++
<i>Wisteria sinensis</i> (L+St)	+	++
<i>Pilea mongolica</i> (L+St)	+	+
<i>Platycarya strobilacea</i> (L+St)	+	++
<i>Pittosporum tobira</i> (L+St)	+	+
<i>Juglans regia</i> (L)	-	-
<i>Butea monosperma</i> (Fr)	-	+
<i>Entada phaseoloides</i> (Se)	+	+
<i>Embelia ribes</i> (Fr)	+	+
<i>Semecarpus anacardium</i> (Fr)	-	+
<i>Punica granatum</i> (B)	-	-
<i>Mucuna pruricans</i> (Se)	-	-
<i>Mucuna nigricans</i> (Se)	-	-
<i>Santalum album</i> (St)	-	-
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L)	++	++
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (Wp)	+	+++
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (St)	+	++
<i>Sophora flavescens</i> (Wp)	++	++
<i>Sophora flavescens</i> (R+St)	+	+
<i>Artemisia princeps</i> (L)	++	++
<i>Artemisia princeps</i> (St)	++	++
<i>Astragalus sinicus</i> (Wp)	+	+
<i>Phytolacca americana</i> (St)	+++	+++
<i>Phytolacca americana</i> (Fr)	++	++
<i>Ginkgo biloba</i> (Se)	+++	+++
Control	-	-

<sup>a</sup>Mortality  $\geq$  70%; +++, 50 to 70%; ++, 30 to 50%; +, <30%; -,

줄기, 미국자리공(*P. americana*)의 줄기, 은행나무(*G. biloba*)의 외종피 추출물은 모두 70% 이상의 상대적으로 높은 살충률을 나타내었다. 그 외 추출물들은 30% 이하의 살충률을 나타내어 살충활성이 저조함을 알 수 있었다. 식물추출물 대부분 살충효과가 24시간에서 48시간까지 조사하였을 때 지속적인 효과를 보였으나, *Z. piperitum*의 추출물의 경우에는 24시간 후 살충률은 30-50%로 저조하였다가 48시간 후 살충률은 70% 이상으로 높아짐으로서 살충효과가 지연되어 나타나는 점이 특이하였다. *A. princeps* 잎추출물은 많은 종류의 세균에 대하여 항균작용을 하고

특히 인체의 장내에서 유해세균인 *Escherichia coli*에 대하여 저해활성이 높은 것으로 보고 되었으며, 또한 썩의 향기성분이나 정유성분은 살충, 항균 및 항종양 등의 여러 가지 생리적 활성이 있는 것으로 알려져 있다(Kwon *et al.*, 1999). Chon *et al.* (2003)은 염침지법을 이용하여 점박이응애에 대한 *A. princeps* 잎추출물(5,000 ppm)이 높은 살충활성을 보였으며, 목화진딧물에 대해서도 90%의 살충활성을 보였다고 하였다. 그러나 본 실험에서 벼멸구에 대한 *A. princeps* 잎추출물의 살충활성은 30-50%로 낮게 나타났으며, 줄기와 식물전체 추출물은 높은 살충활

성을 보였다. 이러한 *A. princeps* 잎추출물의 살충활성 차이는 작용기작에 따라 차이가 나타난 것으로, Chon *et al.* (2003)은 침지법에 의한 경구독성을 본 반면, 본 시험에서는 점적 시험을 통한 경피독성을 검정하였기 때문이라고 생각된다. 벼멸구에 대한 살충활성은 *A. princeps* 잎 추출물보다 줄기와 식물전체 추출물에서 살충활성이 있는 것으로 생각된다. *S. flavescens*은 예로부터 살충, 해열, 진통, 습진 등의 효능이 있어 줄기나 잎을 달여 살충제로 사용하였다고 동의보감에 기록되어 있다. Kim *et al.* (2005)은 *S. flavescens* 뿌리 추출물은 점박이응애에 대해 낮은 살충률을 나타냈다고 하였는데, 본 실험에서도 *S. flavescens* 뿌리+줄기 추출물은 벼멸구에 대해서 낮은 살충률을 나타내어 살충활성이 없는 것으로 생각된다. 그러나 *S. flavescens* 전부위 추출물에서는 살충률이 높게 나타나 뿌리와 줄기를 제외한 부위에 살충활성 성분이 있는 것으로 추정되어 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. Hiremath *et al.* (1995)은 Leguminosae의 *Cassia occidentalis*와 *Cassia tora*의 식물 전체부위 추출물들이 벼멸구에 대해서 강한 살충활성을 보인다고 하였는데, 본 실험에서도 Leguminosae에 속하는 *C. siamea*의 줄기와 잎 추출물도 높은 살충률(65%)을 보여 이들 추출물이 살충제로서 이용될 수 있는 가능성을 시사하고 있다. Ha *et al.* (2000)은 *A. altissima*의 잎, 줄기 추출물은 딸기부패

균 *Staphylococcus* sp.에 대한 높은 항균활성을 보였다고 하였는데, 본 연구에서도 이들 물질의 벼멸구에 대한 살충률 또한 70%이상으로 높은 살충효과를 보여 항균활성 이외에 살충활성도 나타내는 것으로 생각된다. 총 35종의 식물 추출물을 이용한 선별실험에서 살충률이 30% 이하이거나 낮게 나타난 식물추출물들을 제외하고 살충활성 효과가 높은 19개 식물추출물들의 살충률 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 Turkey 검정을 통해 비교하였다(SAS Institute, 1988). 식물추출물들은 Table 3에서와 같이 살충효과 간 뚜렷한 차이가 있었다( $F = 7.23$ ,  $df = 19$ ,  $P = 0.0001$ ).

Park *et al.* (2002)은 *Z. piperitum* 수피 추출물은 담배거세미나방 유충, 벼멸구, 배추좀나방 유충, 복숭아혹진딧물에 대하여 유의성 있는 살충활성을 나타냈다고 하였는데, 본 실험에서도 초피나무 추출물의 살충활성은 모든 부위별 추출물에서 높게 나타났다. 즉, 줄기에서 53%, 잎에서 65%, 식물 전체에서 73%로, 줄기보다 잎에서 살충활성이 높았고, 나아가 초피나무 전체 추출물에서 가장 높은 살충활성을 보였다. 이러한 결과를 볼 때 초피나무 추출물은 각 부위별 추출물들이 다양한 해충에 대하여 강한 살충활성과 살비활성을 보임이 확인되어 해충 방제에 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 *A. princeps*의 줄기와 전부위에서의 살충활성은 각각

**Table 3.** Plant extracts with relatively high insecticidal activity against *N. lugens*

No.	Scientific name	Parts	No. of Dead
1	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	St	10.7±2.08ca
2	<i>Platycarya strobilacea</i>	L+St	11.3±0.58c
3	<i>Artemisia princeps</i>	St	11.3±1.53c
4	<i>Vitex trifolia</i>	L	11.7±2.31c
5	<i>Phytolacca americana</i>	Fr	12.0±1.00bc
6	<i>Daucus carota</i>	St	12.3±4.93bc
7	<i>Koeleria bipinnata</i>	L+St	12.3±3.06bc
8	<i>Buddleja lindleyana</i>	L+St	12.3±1.53bc
9	<i>Artemisia princeps</i>	Wp	12.3±0.58bc
10	<i>Cassia siamea</i>	L	13.0±2.00abc
11	<i>Cassia siamea</i>	St	13.0±2.65abc
12	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	L	13.0±2.00abc
13	<i>Senecio scandens</i>	Se	14.7±3.21abc
14	<i>Ailanthus altissima</i>	L+R	14.7±2.08abc
15	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	Wp	14.7±3.21abc
16	<i>Garcinia xanthochymus</i>	Se	15.3±2.08abc
17	<i>Catalpa ovata</i>	Wp	15.3±1.15abc
18	<i>Phytolacca americana</i>	St	18.7±1.53ab
19	<i>Ginkgo biloba</i>	Se	19.7±0.58a
20	Control	-	2.3±0.58d

<sup>a</sup>Within a column, means with the same letter are not significantly different ( $P > 0.05$ , Turkey's studentized range test). Twenty adults were tested each. Acetone was applied for control.

57%, 62%로, 줄기보다 전체부위에서 살충활성이 높게 나타남을 알 수 있었다. *P. americana*의 열매와 줄기에서 살충활성은 각각 60%, 93%로 열매보다 줄기에서 높은 살충활성을 보였다. 이상과 같이 식물체의 부위별 추출물은 서로 다른 살충률을 보였다. 따라서 식물체 부위별에 따른 살충효과실험은 유효살충활성 성분을 얻는데 중요한 자료로 제공될 것으로 사료된다. Kwon et al. (1994)은 43종의 식물체 추출물을 6종의 해충, 즉 벼멸구, 배추좀나방, 담배저세미나방, 복숭아혹진딧물, 쌀바구미, 독일바퀴에 대하여 살충활성을 조사하였는데, 그 중 은행잎추출물이 벼멸구에 대하여 선택적으로 가장 강한 살충활성을 보인다고 하였으며, Choi (2006)는 은행 외종피 추출물이 토고숲모기(*Aedes togoi*)유충에 70%의 높은 살충활성을

보인다고 하였다.

### 농도별 살충 효과

선별실험결과 살충률이 높은 8종의 식물추출물을 선별하고 각 추출물의 농도별(1,000, 2,000, 4,000, 8,000 ppm) 살충활성 효과를 알아보기 위하여 벼멸구 암컷성충에 대한 살충률을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 그 결과 *G. xanthochymus*의 줄기, *C. siamea*의 잎 식물추출물은 농도가 높아질수록 높은 살충률을 보인 반면에 이를 제외한 나머지 추출물들은 농도가 높아질수록 높은 살충률을 보이지 않고 오히려 살충률이 떨어지는 경향을 보였다. Ahn et al. (1992)은 곤충이 사용된 식물추출물의 용매의 종류

**Table 4.** Insecticidal activities of plant extracts at different concentrations against *N. lugens*

Scientific name	Conc. (ppm)	Mortality (%)	
		24 hrs	48 hrs
<i>P. americana</i> (St)	1,000	53.3±5.77cd <sup>a</sup>	55.0±5.00bc
	2,000	40.0±5.00ab	53.3±7.64abc
	4,000	58.3±2.89cd	65.0±5.00a
	8,000	61.7±2.89b	65.0±5.00b
<i>Z. piperitum</i> (L)	1,000	40.0±5.00bc	56.7±5.77bc
	2,000	13.3±7.64a	25.0±13.23a
	4,000	45.0±5.00ab	55.0±13.23a
	8,000	51.7±2.89b	61.7±2.89b
<i>S. scandens</i> (St)	1,000	25.0±5.00ab	28.3±2.89ab
	2,000	61.7±2.89bc	63.3±2.89bcd
	4,000	55.0±5.00bcd	60.0±5.00a
	8,000	25.0±5.00a	31.7±2.89a
<i>G. xanthochymus</i> (St)	1,000	71.7±7.64de	80.0±8.66cd
	2,000	70.0±0.00c	75.0±5.00cd
	4,000	78.3±2.89e	93.3±5.77b
	8,000	81.7±2.89c	90.0±5.00c
<i>C. siamea</i> (L)	1,000	15.0±5.00a	16.7±5.77a
	2,000	26.7±2.89a	31.7±2.89ab
	4,000	40.0±5.00a	51.7±2.89a
	8,000	56.7±7.64b	66.7±2.89b
<i>C. ovata</i> (L+St)	1,000	36.7±16.07bc	55.0±30.41bc
	2,000	60.0±25.98bc	68.3±27.54cd
	4,000	45.0±5.00ab	70.0±10.00a
	8,000	56.7±11.55b	60.0±13.23b
<i>A. altissima</i> (L+St)	1,000	66.7±2.89de	71.7±2.89cd
	2,000	56.7±5.77bc	58.3±7.64bc
	4,000	51.7±2.89abc	55.0±5.00a
	8,000	61.7±2.89b	68.3±7.64b
<i>G. biloba</i> (Se)	1,000	75.0±5.00e	91.7±7.64e
	2,000	61.7±7.64bc	93.3±5.77d
	4,000	65.0±5.00d	93.3±2.89b
	8,000	85.0±5.00c	98.3±2.89c

<sup>a</sup>Within a column, means with the same letter are not significantly different ( $P>0.05$ , Turkey's studentized range test).

와 처리법에 따라 감수성에 차이를 나타내는 것은, 용매의 작용점에서의 도달 속도 및 도달량의 차이에 의한 것이라 하였고, 추출물 및 용매의 분배계수, 분자내의 하전분포 및 입체구조와 같은 물리적 성질이 농약의 생리활성에 관여한다고 하였다. 한편, Matsubara (1972)는 용매 분자내의 전하분포가 곤충의 치사 독성에 영향을 미치는 것이 아니라 소수 특정인자가 치사 독성을 강하게 지배한다고 하였다. 본 실험에서 농도가 높을수록 살충효과가 떨어지는 것으로 나타난 경우가 많았는데, 농도가 높아짐에 따라 상대적으로 많이 함유된 성분들이 살충효과에 저해인자로 작용하였을 가능성이 높고, 식물추출물에 함유된 미량 성분이 살충효과를 제어하는 것으로 보인다. 앞으로 보다 면밀한 실험을 통해 이들 인자에 대한 기능이 조사되어야 할 것으로 사료된다.

기피 효과

Fig. 2는 식물추출물 35종의 벼멸구에 대한 기피효과를 분무법을 이용하여 시험한 결과를 나타낸 것이며,  $\chi^2$  검정 (SAS Institute 1988)을 통해 처리와 무처리의 독립성을 검정하였다. ( $\chi^2 = 0.001$ ) *S. anacardium*의 열매, ( $\chi^2 = 0.001$ )

*W. sinensis*의 잎+줄기, ( $\chi^2 = 0.001$ ) *D. carota*의 식물추출물, ( $\chi^2 = 0.001$ ) *C. ovata*의 잎+줄기, ( $\chi^2 = 0.002$ ) *P. americana*의 열매, ( $\chi^2 = 0.003$ ) *A. altissima*의 잎+줄기, ( $\chi^2 = 0.004$ ) *Pittosporum tobira*의 잎+줄기, ( $\chi^2 = 0.004$ ) *A. princeps* (Compositae)의 줄기 추출물이 다른 추출물에 비해 높게 나타남을 알 수 있었다. *S. anacardium*은 Anacardiaceae과로 향기생충, 향균, 항발암성과 신경쇠약, 복통, 변비, 빈혈, 관절염의 치료에 사용되어져 왔다 (Singh et al., 2006). Mathivadhani et al. (2003)은 *S. anacardium*의 열매추출물을 쥐에게 먹었을 때 정자형성 발달과정을 억제 한다고 보고하였다. 그리고 Vinutha et al. (2006)은 *S. anacardium*의 줄기추출물은 acetylcholinesterase활성을 저해한다고 하였으며, *S. anacardium*의 주성분인 urushiol이 높은 독성을 갖는다고 하였다. 본 실험에서 *S. anacardium* 열매 추출물은 벼멸구에 대한 살충활성은 낮은 반면에 기피효과는 높게 나타났다. 이는 *S. anacardium*의 주성분인 urushiol (Vinutha et al., 2006)이 벼멸구에 대해서는 기피제로서 기능을 나타내는 것이 아닌가 생각된다.

*P. americana*는 환경에 적응력이 뛰어나며, 열매는 자주색 염료를 만드는데 사용되는데 식물체 전체가 독성을

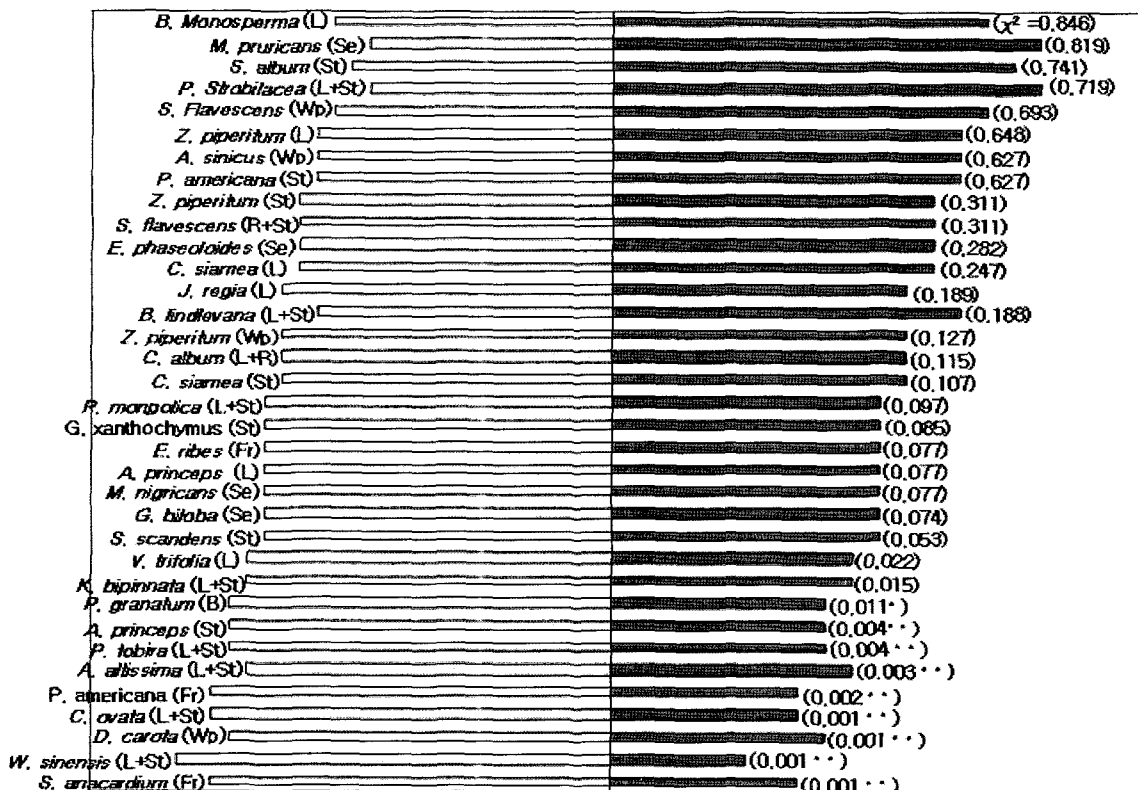


Fig. 2. Repellent effect of various plant extracts against *N. lugens*; control (□), treated (■).

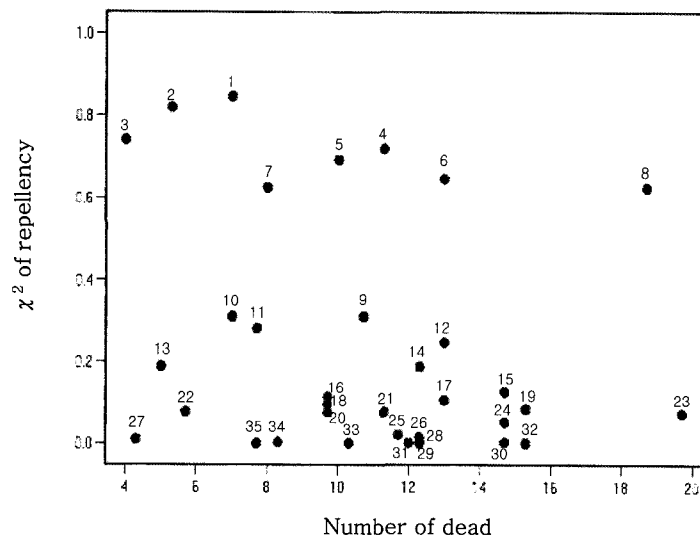


피며 예로부터 한방에서는 이노, 신장염 등에 약재로 사용되었다. Kim et al. (2005a)은 *P. americana*의 잎 추출물을 *Cassia mimosoides*에 처리 하였을 때 종자의 발아, 뿌리의 생장을 크게 저해한다고 보고하였다. Kim et al. (2005b)는 *P. americana* 전체부위를 이용하여 성분 분석하였는데, 그 결과 gallic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, *m*-hydroxybenzoic acid, *p*-coumaric acid, cinnamic acid로 나타났다고 하였다. 본 실험에서 *P. americana* 줄기 추출물은 벼멸구에 대해 낮은 기피효과를 나타낸 반면, 열매 추출물은 높게 나타나 식물체 *P. americana*는 부위별로 약간에 다른 제 2차 대사산물을 함유하여 위와 같은 결과가 얻어진 것으로 생각된다. 추후 부위별 성분분석과 그들의 살충활성 및 기피효과를 검토하는 실험이 필요할 것으로 생각된다. *P. tobira*는 Pittosporaceae과에 속하며 꽃에서 뿌리 부위까지 휘발성 냄새를 내는데, Nickavar et al. (2004)은 *P. tobira*의 열매에서 17 개의 화합물을 분석하였는데, 이들 중 주요 화합물로는  $\alpha$ -pinene (30.2%),  $\eta$ -nonane (12.2%), germacrene-D (12.0%),  $\alpha$ -cubebene (7.6%),  $\beta$ -cubebene (5.1%)로 이루어져 있다고 보고하였다. 본 실험결과에서 *P. tobira*의 잎과 줄기 추출물이 벼멸구에 대해 높은 기피효과를 나타내었는데, 이는 *P. tobira*에 함유된 휘발성 성분이 벼멸구 행동에 직접적인 영향을 주어 높은 기피효과가 나타낸

것으로 생각된다.

### 기피 효과와 살충활성과의 관계

Fig. 3은 벼멸구에 대한 35종의 식물추출물의 기피효과와 살충활성과의 관계를 알아보기 위하여 기피와 살충률과의 관계를 통계적으로 피어슨상관분석(SAS Institute 1988)하여 나타낸 것으로 X축은 살충수를 나타내고 Y축은 기피의  $\chi^2$ 값을 나타낸 것이다(df=35,  $P=0.1413$ ). 본 실험에서 기피효과가 높게 나타난( $\chi^2=0.001$ ) *S. anacardium*의 열매 식물추출물은 살충률이 30%미만으로 낮은 살충활성을 보였으며, ( $\chi^2=0.001$ ) *W. sinensis*의 잎+줄기 식물추출물은 살충률이 40%로 나타났으며, ( $\chi^2=0.001$ ) *D. carota*의 식물추출물은 살충률이 50%로 낮았으며, ( $\chi^2=0.001$ ) *C. ovata*의 잎+줄기 식물추출물은 70%로 살충률이 높게 나타났다. 또한 살충률이 90%이상인 *P. americana*의 줄기 식물추출물은 기피의  $\chi^2$ 값이 0.627로 낮은 기피효과를 보였다. 그러나 *G. biloba*의 외종피 식물추출물은 살충활성이 90%이상이면서 기피의  $\chi^2$ 값이 0.074로 다소 높게 나타났다. Kim et al. (2005)은 *S. flavescens* 뿌리 추출물을 이용하여 점박이용애를 대상으로 실험하였는데 높은 기피효과를 보인 반면에 낮은 살충활성을 보였다고 하였는데, 본 실험 결과를 볼 때 기피효과가



**Fig. 3.** The relationship between mortality and repellent effects against *N. lugens*. 1: *B. monosperma* (Fr); 2: *M. prurita* (Se); 3: *S. album* (St); 4: *P. strobilacea* (L+St); 5: *S. flavescens* (Wp); 6: *Z. piperitum* (L); 7: *A. sinicus* (Wp); 8: *P. americana* (St); 9: *Z. piperitum* (St); 10: *S. flavescens* (R+St); 11: *E. phaseoloides* (Se); 12: *C. siamea* (L); 13: *J. regia* (L); 14: *B. lindleyana* (L+St); 15: *Z. piperitum* (Wp); 16: *C. album* (L+R); 17: *C. siamea* (St); 18: *P. mongolica* (L+St); 19: *G. xanthochymus* (St); 20: *E. ribes* (Fr); 21: *A. princeps* (L); 22: *M. nigricans* (Se); 23: *G. biloba* (Se); 24: *P. scandens* (St); 25: *V. trifolia* (L); 26: *K. bipinnata* (L+St); 27: *P. granatum* (B); 28: *A. princeps* (St); 29: *P. tobira* (L+St); 30: *A. altissima* (L+St); 31: *P. americana* (Fr); 32: *C. ovata* (L+St); 33: *D. carota* (Wp); 34: *W. sinensis* (L+St); 35: *S. anacardium* (Fr).

높은 식물추출물들의 살충활성이 불규칙적으로 높거나 낮게 나타나 기피효과와 살충물의 관계가 성립되지 않았다. 따라서 처리된 35종의 식물추출물의 벼멸구에 대한 살충활성과 기피 효과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 사용된 식물유래 추출물들이 비록 기존의 합성 농약만큼 활성이 높지는 않았으나 일부 식물 중에서 우수한 잠재 활성을 갖는 것이 탐색되었다. 앞으로 분획별 추출을 통한 핵심 생리활성물질의 탐색, 그리고 이를 기초로 한 세포 배양 공학 및 형질전환 기법을 통한 대량 생산화 및 실용화 전략이 뒷받침 되어야 할 것으로 사료된다.

### Literature Cited

- Ahn, Y.J. and K.Y. Cho. 1992. Establishment of bioassay system for developing new insecticides 1. Effects of organic solvents on the toxicity against insect, phytotoxicity and solubility of compounds. *Korean J. Appl. Entomol.* 31: 182-189.
- Alkofahi, A. 1989. Search for new pesticides from higher plants, pp. 25-43. *In* Insecticides of plant origin (Ed. J. T. Amason), ACS Symp. Ser. No. 387, Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.
- Amason, J.T., B.J. Philogene and P. Morand. 1989. Insecticides of plant origin. 213pp. Amer. Chem. Soc., Washington.
- Bae, S.H. and M.D. Pathak. 1966. A mirid bug *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, a predator of the eggs and nymphs of the brown planthopper. *IRRI Newsl* 15: 33-36.
- Chen, C.C., W.H. Ku and R.J. Chiu. 1978. Rice wilted stunt and its transmission by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Plant Prot. Bull. (Taiwan)* 20: 376.
- Cho, K.Y., J.J. Ahn and Y.J. Ahn. 1987. Establishment of bioassay system for developing new insecticides. Ministry of Science and Technology. pp. 501-844.
- Choi, J.K. 2006. Potent larvicidal components from outer seedcoat of *Ginkgo biloba* (L.) against *Ochlerotatus togoi* (Diptera: Culicidae) larvae. Ph. D. Dissertation, Chonbuk National University. p. 71.
- Chon, S.U., D.I. Kim and Y.S. Choi. 2003. Assessments on insecticidal and fungicidal activities by aerial part extracts from several compositae plants. *Kor. J. Weed Sci.* 23: 81-91.
- Dyck, V.A. and B. Thomas. 1979. The brown planthopper problem. Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. *IRRI* 3-17.
- Ha, C.G., D.G. Lee and S.C. Kang. 2000. Antibacterial activities of edible plant extracts against strawberry spoiling bacteria *Staphylococcus* sp. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 15: 226-231.
- Harborne, J.B. 1993. Introduction to ecological biochemistry (4th ed.). Academic Press, London.
- Heinrichs, F.A. and O. Mochida. 1984. From secondary to major pest status: The case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Protection Ecology* 7: 201-218.
- Hiremath, I.G., Y.G. Ahn, S.I. Kim, B.R. Choi and J.R. Cho. 1995. Insecticidal and acaricidal of african plant extracts against the brown planthopper and two-spotted spider mite. *Korean J. Appl. Entomol.* 34: 200-205.
- Kim, D.I., J.D. Park, S.G. Kim, H. Kuk, M.S. Jang and S.S. Kim. 2005. Screening of some crude plant extracts for their acaricidal and insecticidal efficacies. *J. Asia-Pacific Entomol.* 8: 93-100.
- Kim, Y.O., J.D. Johnson and E.J. Lee. 2005a. Phytotoxicity of *Phytolacca americana* leaf extracts on the growth, and physiological response of cassia mimosoides. *J. Chem. Ecol.* 31: 2963-2974.
- Kim, Y.O., J.D. Johnson and E.J. Lee. 2005b. Phytotoxic effects and chemical analysis of leaf extracts from three phytolaccaceae species in south Korea. *J. Chem. Ecol.* 31: 1175-1186.
- Kwon, D.J., J.H. Park, M. Kwon, J.Y. Yoo and Y.J. Koo. 1999. Effect of wormwood ethanol extract on human intestinal microorganism. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 27: 102-106.
- Kwon, M. 1993. Isolation of insecticidal and acaricidal component from the *Ginkgo biloba* leaves. Seoul National University. p. 62.
- Kwon, M., S.B. Lee, Y.J. Ahn, N.J. Park and K.Y. Cho. 1994. Insecticidal and acaricidal activities of plant extracts. *Agricul. Chem. Biotech.* 37: 492-497.
- Kwon, O.K., S.K. Lim, D.S. Choi and S.H. Kyung. 1998. Synthetic method and insecticidal activity of ricinine. *Korean J. Pestic. Sci.* 2: 18-23.
- Ling, K.C. 1972. Rice virus diseases. *International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines* 134pp.
- Mathivadhani, P., P. Shanthi and P. Sachdanandam. 2003. Effect of *Semecarpus anacardium* Linn. Nut Milk Extract on Glutathione and Its Associated Enzymes in Experimentally Induced Mammary Carcinoma. *J. Med Food.* 9: 265-9.
- Matsubara, H. 1972. On the influence of organic solvent upon the lethal toxicity and knockdown speed of *p,p*-DDT emulsion against larvae of the common house mosquito, *Culex pipens pallens* Coqui. *Botsu-Kagaku* 37: 129-135.
- Miyakada, M. 1986. The search for new insecticidal and fungicidal compounds from plants. *J. Pesticide Sci.* 11: 483-492.
- Nickavar, B., G. Amin and M. Yosefi. 2004. Volatile constituents of the flower and fruit oils of *Pittosporum tobira* (Thunb.) Ait. grown in Iran. *Z. Naturforsch.* 59: 174-176.
- Park, I.K., J.D. Park, C.S. Kim, S.C. Shin, Y.J. Ahn, S.C. Park and S.G. Lee. 2002. Insecticidal and acaricidal activities of domestic plant extracts against five major arthropod pests. *Korean J. Pesticide Sci.* 6: 271-278.
- Reissig, W.H., E.A. Heinrichs and S.L. Valencia. 1982. Insecticide-induced resurgence of brown planthopper, on plant protection in tropical and subtropical areas. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 18: 14-17.
- SAS. 1988. SAS user's guide; Basics. Statistical Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Schmutterer, H. 1980. Natural pesticides from the neem tree. *Proc. 1st Int. Neem Conference.* pp. 33-59.
- Thorner, C.W. 1970. Alkaloids of *Menispermaceae*. *Phytochem.* 9: 157-187.
- Vinutha, B., D. Prashanth, K. Salma, S. Sreeja, D. Pratiti, R. Padmaja, S. Radhika, A. Amit, K. Venkateshwarlu and M. Deepak. 2006. Screening of selected Indian medical plants for acetylcholinesterase inhibitory activity. *J. Ethnopharmacol.* 109: 359-363.

(Received for publication February 17 2008;  
accepted March 14 2008)