

빨간집모기(*Culex pipiens pallens*) 유충에 대한 식물오일의 살충효과

강신호 · 김민기 · 서동규 · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

요약 : 빨간집모기(*Culex pipiens pallens*) 유충에 대한 34종 식물오일의 살충력을 조사하였다. 80% 이상의 살충효과를 나타낸 오일은 6종(basil, fennel, caraway seed, lime, thyme red, thyme white)이었다. 각 오일의 구성성분을 GC와 GC-MS로 분석하고 각 성분의 살충력을 검정한 결과, basil 및 fennel 오일의 주요성분인 anethole과 caraway seed 오일 및 lime 오일의 주요성분인 (+)-limonene 이 높은 살충력을 나타내었다. 또한 α -phellandrene, p -cymene, β -terpinene, β -pinene, thymol 도 대조약제인 Bt제 보다 높은 살충효과를 나타내었다.(2006년 2월 3일 접수, 2006년 3월 20일 수리)

Key words : 빨간집모기(*Culex pipiens pallens*), 식물오일, 유충 살충력, 테르펜

서론

모기는 사람에게 발생하는 여러 질병의 매개체로서 공중보건의 중요 해충이며(Ei Hag *et al.*, 1999), 특히 빨간집모기(*Culex pipiens pallens*)는 세계적으로 West Nile Virus를 포함한 뇌염(encephalitis) 및 수막염(meningitis) 등의 질병을 매개한다(Petersem & Marfin, 2002). 모기를 방제하기 위하여 현재 사용되는 살충제는 대부분 유기인계(organophosphates) 및 피레스로이드계(pyrethroids) 등과 같은 합성살충제로서, 이들 살충제는 살충대상이 되는 해충 이외의 생물체(non-target organisms)에 영향을 줄 뿐만 아니라 토양 및 식품 내에 잔류하며(Chapagain & Wiesman, 2005; Davis *et al.*, 1998; Kabaru & Gichia, 2001), 곤충 저항성(Ei Hag *et al.*, 1999; Tao *et al.*, 2005)의 문제를 낳기도 한다.

모기와 해충의 방제제로서 2,000여 식물오일(essential oil)이 살충작용 성분을 지니고 있다고 보고되었고(Jacobson, 1975), 17C 중반에는 pyrethrum, nicotine, rotenone 등이 효과적인 해충 방제제로 알려졌다. 그 중 pyrethrum은 상업적 살충제로써 널리 사용되어 왔으나(Russell, 1977), 빛에 불안정하여 불활성화되므로 적용이 한정적이며(Davidson, 2001; Pyrethrins & Pyrethroids, 1998), nicotine이나 rotenone은 가격이 비싸거나 인체 또는 어류에 대하여 높은 독성을 나타내

로 사용이 제한되고 있다(Kabaru & Gichia, 2001). 이와 같은 이유 때문에 인체 및 환경에 안전하고 살충효율이 높은 천연 살충제(bioinsecticides)로서 식물오일은 곤충 성장 조절, 섭식 저해, 살충 등의 작용으로 살충제 분야에서 폭넓게 연구되고 있다(Bowers *et al.*, 1976; Banerjee *et al.*, 2001; Ganguly *et al.*, 2003; Spurr & McGregor, 2003).

*Azadirachta indica*에서 추출되는 neem 오일은 azadirachtin, nimbin, 6-desacetylnimbin, salannin 등의 성분을 포함하며 섭식저해, 살충, 호르몬 저해 성분으로 보고되었고(Mitchell *et al.*, 1997; Aliero, 2003), *Ocimum basilicum*에서 추출되는 basil 오일은 *Culex* spp.의 유충 살충효과에 대하여 보고되었으며(Palevitch & Craker, 1994), *Myrtus communis*, *Mentha microcorphylla*, *Pistacia lentiscus*, *Lavandula stoechas* 등의 방향성 식물로부터 추출된 오일 중 thymol, carvacrol, α -pinene 등의 terpene 화합물 성분은 *Culex pipiens molestus* (집모기 일종)에 대한 살충효과(Traboulsi *et al.*, 2002) 등 다수의 식물오일에 대한 살충효과가 발표되었다. 이와 같은 식물오일은 합성 살충제에 비해 쉽게 분해되어 생태계 잔류의 문제점이 없으며 인체 및 기타 생물에 해가되지 않는다(Redwane *et al.*, 2002).

모기 유충은 웅덩이나 호수와 같이 고여 있는 물에서 서식하므로 합성 살충제를 모기 방제용으로 사용할 경우 수질의 오염에 심각한 문제를 초래할 수 있다. 하지만 천연 식물오일을 사용할 경우 합성살충제

*연락처

보다 인체 및 가축의 독성에 해가 적으며 생태계에서 쉽게 분해되는 장점이 있으므로 효과적이다. 본 연구에서는 34종의 식물오일을 이용하여 빨간집모기(*Culex pipiens pallens*)에 대한 살충효과를 검토하였으며, 그 중 효과있는 오일의 구성성분인 terpene 화합물을 분석하여 유충에 대한 살충효과를 확인하였다.

재료 및 방법

모기 유충의 사육

실험에 사용된 빨간집모기는 충북 청주 문의면에서 유충을 채집, 누대 사육하였다. 성충은 사육망(40×27×30 cm)에서 설탕물(10%)을 공급해 주었으며, 혈액원으로 쥐(mouse)를 넣어주었고, 사육실 조건은 온도 28±3℃와 상대습도 80±10%, 광 조건은 16:8(L:D)로 유지하면서, 난피를 수거하여 유충사육 플라스틱 용기(23×30×7 cm)에 옮겨 주었다. 유충사육은 호수물로 하였고, 먹이(dog diet)를 갈아서 령기가 증가함에 따라 양을 증가시켜 공급해주었고, 번데기는 매일 건져 나이별로 사육하면서 4령 유충을 실험에 적용하였다.

시험 화합물

실험에 사용된 34종의 식물성 오일 중 basil 오일은 Ashleigh & Burwood Ltd. (England), bergamot 오일은 서울향료, caraway seed, fennel sweet, lime, thyme red, thyme white를 포함한 나머지 오일은 Jinarome (USA)에서 구입하여 사용하였다. Terpene 화합물인 anethole (99%), carvone (99%), 1,8-cineole (99%), ρ -cymene (99%), fenchon (98%), linalool(97%), linalyl acetate (97%), β -pinene (97%), phellandrene (95%), γ -terpinene (97%), thymol (98%)은 Aldrich Chemical Co. 에서, (+)-limonene (97%)은 TGI에서 구입하였으며, 시험 대조구로 사용된 Bt제(16BIU/kg)는 동부정밀화학(주)에서 구입하여 사용하였다.

생물검정

유충에 대한 식물오일의 살충력을 평가하기 위하여 4령 초기의 유충 20마리를 10mL의 유충 사육액이 담겨진 시험관에 모으고, 90 mL의 수돗물이 담겨진 Growth plate(지름, 10 cm; 높이, 5 cm)에 옮겨주었다. 이때 Growth plate의 수돗물은 미리 식물오일을 10, 50, 100 mg litre⁻¹의 농도로 처리되었으며, 각 오일의 가용화를 위하여 용제로 1mL의 에탄올을 사용하였다.

실험조건은 28±1℃의 실내조건에서 3 반복으로 실시되었으며, 시간이 경과에 따라 최종 24시간까지 먹이를 주지 않은 상태에서 살충률을 평가하였다. 그리고 살충률은 Probit analysis (Finney, 1971)를 이용하여 LC₅₀ 값을 구하였다.

화학분석

시험에 사용된 식물오일의 구성성분은 gas chromatography (GC, Agilent Technologies 6890N)와 gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS, Hewlett Packard 5890)를 이용하여 분석하였다. 실험에 사용된 column은 DB-WAX (0.25 mm×30 mm)를 이용하였고, carrier gas는 N₂ gas를 이용하였으며, oven 온도는 50℃~180℃ (2℃/min)로 하였다. 주입구의 온도는 200℃, 검출기의 온도는 210℃ 조건하에서 flame ionization detector로 검출하였으며, 이온화는 70 eV에서 수행하였다. 오일의 구성성분은 GC-MS로부터 시료의 total ion chromatogram을 얻은 후, WILEY138 library의 자료(Hewlett Packard)와 비교하였다.

결과 및 고찰

유충에 대한 살충력

빨간집모기 유충에 대한 34종 식물오일의 살충력은 그림 1과 같다. 100 mg litre⁻¹의 농도에서 80% 이상의 살충효과를 나타낸 오일은 basil, caraway seed, fennel, lime, thyme red, thyme white 였다.

Basil과 fennel 오일의 LC₅₀ 값은 각각 13.2 mg litre⁻¹과 24.2 mg litre⁻¹의 높은 살충력을 보여(표 1), 살충독소의 작용기작을 갖는 Bt제(Charles & Nielsen-LeRoux, 2000)보다 살충력이 높았으며(표 3), 그 다음이 lime > caraway seed > thyme red > thyme white 오일 순으로 나타났다. 또한 fennel 오일은 처리 후 2시간 후에, basil 오일은 4시간 후에, caraway seed와 lime 오일은 처리 12시간 후에 100%의 살충력을 보였다(그림. 2).

Fennel 오일은 *Aedes aegypti* (숲모기 일종)에 대한 기피효과가 있는 것으로 보고된 바 있으며(Kim *et al.*, 2004), Palevitch & Craker (1994)는 basil 오일의 *Culex* spp. 유충에 대한 살충효과를 검증하였다. Neem 오일의 경우 작은빨간집모기(*Culex quinquefasciatus*) 유충에 대하여 성장 억제효과를 보이며, 1, 2, 4령 및 초기 번데기에 대하여 100 ppm 농도에서 100%의 살충효과를 나타내는 것으로 보고되었으나(Sagar & Sehgal, 1996), 빨간집모기 유충에 대한 살충효과는 매우 낮았

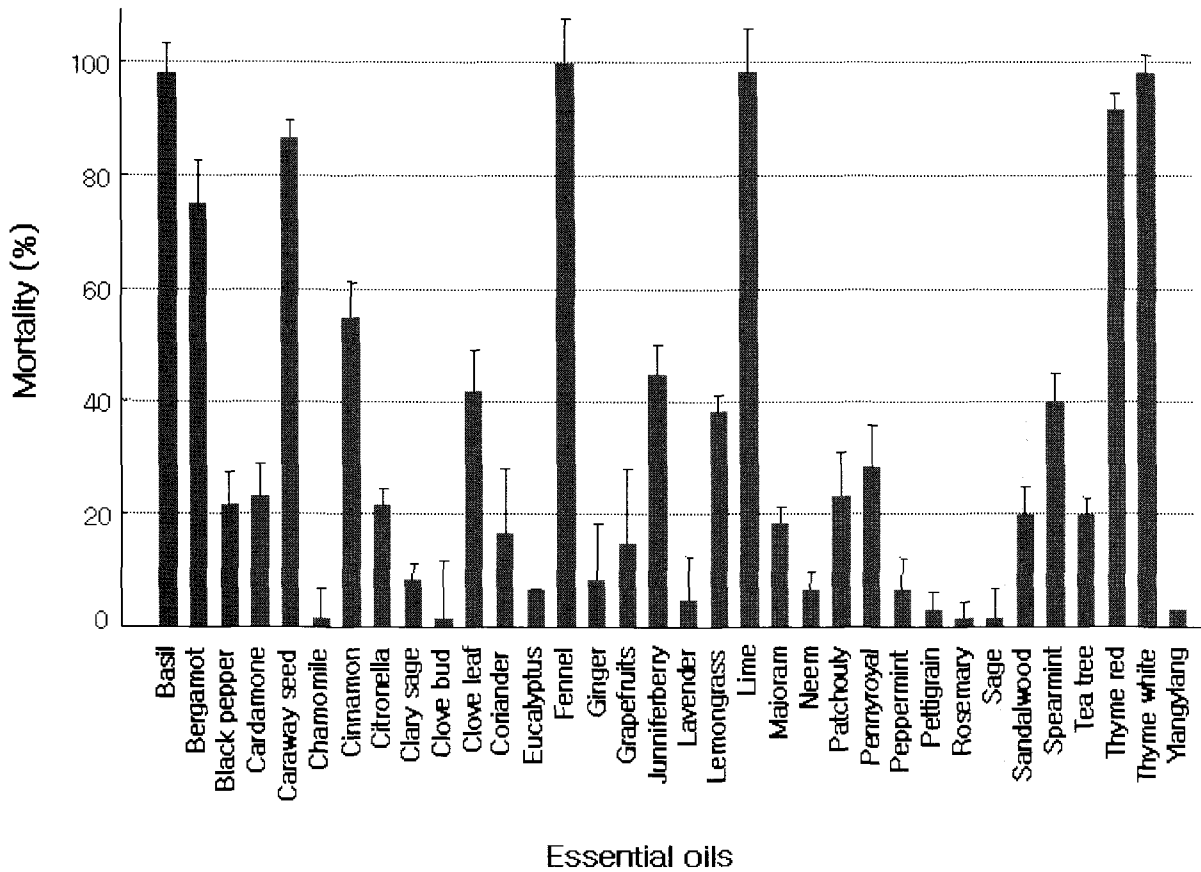


Fig. 1. Insecticidal activity of 34 essential oils at the concentration of 100 mg litre⁻¹ against the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens* at 24 h after treatments.

Table 1. Insecticidal activity of six plant oils against the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens*

Essential oil	LC ₅₀ (mg/L) (confidence limits)	LC ₉₅ (mg/L)	Slope
Basil	13.2 (9.83-16.5)	91.1	1.96
Caraway seed	29.0 (24.3-34.1)	133.5	2.48
Fennel	24.2 (20.8-27.8)	53.0	4.83
Lime	28.6 (24.2-33.3)	112.2	2.77
Thyme red	39.2 (32.8-46.6)	218.7	2.21
Thyme white	40.5 (34.5-47.2)	172.6	2.61

*The lethal concentrations were calculated by Probit analysis at 24 h after treatment.

으며(unpublished data), 이는 종(species)간의 차이로 여겨진다.

식물오일의 화학분석

빨간집모기 유충에 대해서 80% 이상의 살충력을 나타낸 6종 오일의 구성성분을 GC와 GC-MS 분석으로 확인한 결과(표. 2), fennel과 basil 오일은 anethole이 주요성분으로 나타났다. Fennel 오일의 경우 Ozbek et al. (2004)의 분석과 같이 anethole이 주성분으로 전체 구성성분의 86.13%를 차지하였다. 그러나 basil 오

일의 경우 Keita et al.(2000)은 linalool (70.36%)과 eugenol (9.69%)이, 그리고 Sartoratto et al. (2004)은 linalool (32.6%)과 thymol (64.5%)을 주성분이라고 보고하였으나 본 실험에서는 anethole이 76.34%로 대부분을 차지하였다.

Caraway seed 오일은 Bouwmeester et al.(1998)의 분석과 같이 (+)-limonene (39.24%)과 carvone (48.43%)이, lime 오일은 Chisholm et al.(2003)의 분석과 같이 (+)-limonene (49.99%)이, thyme red 와 thyme white 오일은 Pina-Vaz et al. (2004)과 Jukic & Milos(2005)의

Table 2. List of major components of six essential oils by GC and GC-MS analysis

Oil name	Plant species	Major components	Relative (%)
Basil	<i>Ocimum basilicum</i>	1,8-cineol	3.42
		α -terpinolene	5.11
		anethole	86.13
Caraway seed	<i>Carum carvi</i>	(+)-limonene	39.24
		carvone	48.43
Fennel	<i>Foeniculum vulgare</i>	α -phellandrene	5.40
		(+)-limonene	5.52
		fenchone	5.04
		anethole	76.34
Lime	<i>Citrus aurantifolia</i>	β -pinene	3.83
		(+)-limonene	49.99
		γ -terpinene	11.65
		ρ -cymene	4.57
		α -terpinolene	8.11
Thyme red	<i>Thymus vulgaris</i>	α -terpineol	8.38
		γ -terpinene	9.31
		ρ -cymene	18.19
		linalool	4.11
Thyme white	<i>Thymus giga</i>	thymol	49.12
		γ -terpinene	6.05
		ρ -cymene	24.05
		linalool	5.35
		thymol	49.52

Table 3. Insecticidal activity of the components of six essential oils against the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens*

Component	LC ₅₀ (mg/L) (confidence limits)	LC ₉₅ (mg/L)	Slope
Anethole	7.8 (7.2-8.4)	14.0	6.48
Carvone	108.3 (93.8-126.7)	534.2	2.37
1,8-cineol	517.5 (454.8-586.1)	1523.9	3.51
ρ -cymene	15.3 (13.1-21.2)	28.4	6.13
(+)-limonene	7.6 (6.6-8.9)	29.5	2.81
Linalool	71.8 (51.9-98.2)	1818.1	1.17
β -pinene	32.1 (27.0-39.2)	137.2	2.61
α -phellandrene	8.6 (7.8-9.8)	22.2	4.02
γ -terpinene	17.3 (15.1-20.3)	38.0	4.82
α -terpineol	131.1 (101.6-169.4)	1072.5	1.80
Thymol	51.9 (45.1-58.2)	137.8	3.88
Bt	106.7 (82.6-137.8)	875.0	1.80

분석과 같이 thymol (49.12~49.52%)과 ρ -cymene (18.19~24.05%)을 주성분으로 함유하고 있었다.

Terpene 화합물의 살충력

GC와 GC-MS 분석을 통하여 확인된 terpene 성분의 빨간집모기 유충에 대한 살충력을 비교한 결과(표 3), anethole, (+)-limonene, α -phellandrene이 7.6~8.6 mg

litre⁻¹의 LC₅₀ 값을 나타내어 가장 우수한 살충력을 보였으며, ρ -cymene, β -pinene, γ -terpinene은 15.3~32.1 mg litre⁻¹의 LC₅₀ 값으로 비교적 우수한 살충력을 나타냄으로써 살충독소의 작용기작을 갖는 Bt제(Charles & Nielsen-LeRoux, 2000)보다 높은 살충력을 보였다. 그러나 thymol, linalool, carvone, α -terpineol, 1,8-cineole 등의 살충력은 비교적 낮았다. Anethole은 basil 오일

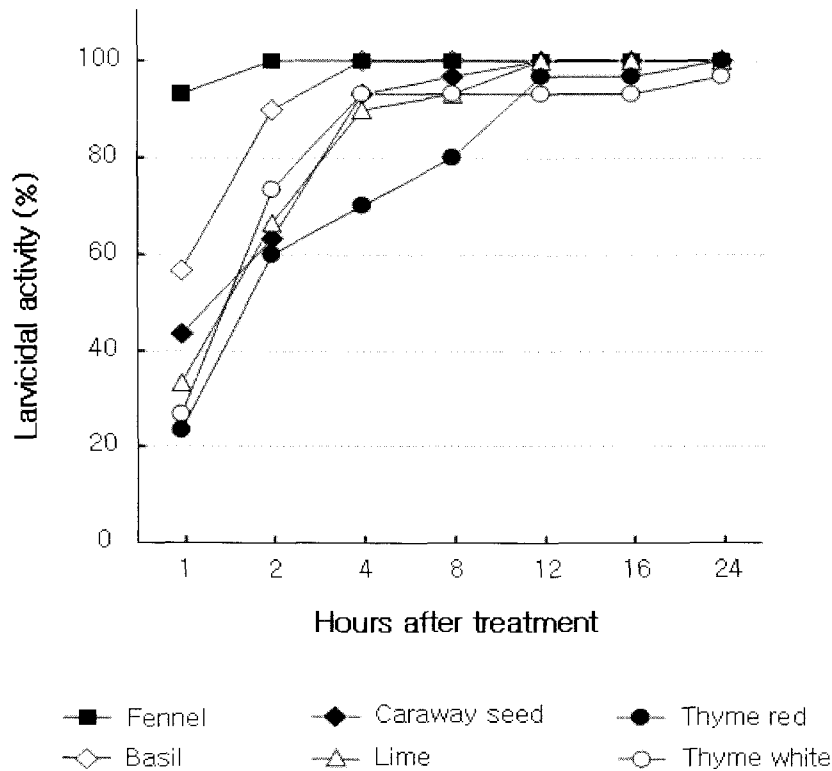


Fig. 2. Insecticidal activity of six plant oils by the time against the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens*.

과 fennel 오일의 주요성분으로, 그리고 (+)-limonene은 caraway seed 오일과 lime 오일의 주요성분으로 각 오일의 높은 살충력에 주 요인으로 작용함을 알 수 있다.

Traboulsi *et al.* (2002)은 *Culex pipiens molestus* 유충을 이용한 실험에서 carvacrol, α -pinene, thymol이 우수한 효과를 나타내며 대조적으로 linalool, 1,8-cineole, terpineol이 낮은 살충력을 보인다고 하였다. 또한 Chantraine *et al.* (1998)은 *Aedes aegypti* 유충에 대해서 anethol, limonene이 살충효과가 우수하며 α -pinene, linalool, 1,8-cineole은 효과가 낮았다고 보고하여, 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 특히 본 실험에서는 anethole, (+)-limonene, thymol 이외에 p -cymene, α -phellandrene, γ -terpinene의 살충력을 확인하였다.

합성 살충제는 오래 전부터 사용되어 왔으나, 잔류 등에 의한 환경오염과 더불어 인체에도 해가된다. 특히 모기와 같은 위생해충의 방제를 위하여 사용되는 살충제는 90% 이상이 주거공간에서 사용되므로 호흡 및 접촉에 의한 인체 위험성은 더욱 크다(Steinemann, 2004). 모기의 방제를 위하여 최근에는 종합적인 방제가 대두되고 있으며, 모기 유충의 방제가 그 하나이

다(Ohlendorf *et al.*, 1998). 하지만 모기 유충은 웅덩이나 고인 물 등이 주요 서식지가 되므로 부분별한 합성 살충제의 사용은 환경 및 인체에 더 큰 위협이 될 수 있다. 따라서 본 실험에서 제시된 천연 식물오일의 사용은 환경친화적 모기 유충 방제제 개발에 좋은 기초 자료가 될 것이라 판단된다. 향후 야외실험을 통하여 각 오일 및 terpene 화합물에 대한 최적 처방이 검토되어야 할 것이다.

인용문헌

Aliero, B. L. (2003) Larvaecidal effects of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) on the larvae of *Anopheles* mosquito. African J. Biotech. 2: 325~327.

Banerjee, S., S. Magdum, G. P. Kalena and A. Banerji (2001) Insect growth regulatory activity of naturally occurring quinones and their derivatives in *Dysdercus koenigii* Fabr. (Hem., Pyrrhocoridae). J. Appl. Entomol. 125:25~30.

Bouwmeester, H. J., J. Gershenzon, M. C. J. M. Konings and R. Croteau (1998) Biosynthesis of the monoterpenes limonene and carvone in the fruit of

- caraway. *Plant Physiol.* 117: 901~912.
- Bowers, W. S., T. Ohta, J. S. Cleere and P. A. Marsella (1976) Discovery of insect anti-juvenile hormones in plants. *Science.* 193: 542~547.
- Chantraine, J-M., D. Laurent, C. Ballivian, G. Saavedra, R. Ibanez and A. Vilaseca (1998) Insecticidal activity of essential oils on *Aedes aegypti* larvae. *Phytother. Res.* 12: 350~354.
- Chapagain, B. and Z. Wiesman (2005) Larvicidal effects of aqueous extracts of *Balanites aegyptiaca* (desert date) against the larvae of *Culex pipiens pallens* mosquitoes. *African J. Biotech.* 4: 1351~1354.
- Charles, J-F. and C. Nielsen-LeRoux (2000) Mosquitocidal bacterial toxins: Diversity, mode of action and resistance phenomena. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.* 95:201~206.
- Chisholm, M. G., M. A. Wilson and G. M. Gaskey (2003) Characterization of aroma volatiles in key lime essential oils (*Citrus aurantifolia* Swingle) *Flavour Fragr. J.* 18:106~115.
- Davidson, N. A. (2001) Least-toxic alternatives for argentine ants, fleas, and white grubs of lawns. California Environmental Protection Agency. Department of Pesticide Regulation. Report No. PM-01-02.
- Davis, M., B. Dinham and S. Williamson (1998) Pesticide residues in food. *Pest Management Notes.* No.8
- El Hag, E. A., A. H. Nadi and A. A. Zaitoon (1999) Toxic and growth retarding effects of there plant extracts on *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). *Phytother. Res.* 13:388~392.
- Finney, D. J. (1971) Probit analysis. Cambridge Univ. Press. London.
- Ganguly, N. K., N. Medappa, V. K. Srivastava, P. Singh, L. Kant. B. Shah, V. Muthuswamy and N. C. Saxena (2003) Prospects of using herbal products in the control of mosquito vectors. *ICMR bulletin.* 33: 1~10.
- Jacobson, M. (1975) Insecticides from plants: a review of the literature, 1954~1971. *Agricultural Handbook* 461, U.S Dept. Agri., Washington, D.C. p.138.
- Jukie, M. and M. Milos (2005) Catalytic oxidation and antioxidant properties of thyme essential oils (*Thymus vulgarae* L.). *Croatica Chemica ACTA.* 78:105~110.
- Kabaru, J. M. and L. Gichia (2001) Insecticidal activity of extracts derived from different parts of the mangrove tree *Rhizophora mucronata* (Rhizophoraceae) Lam. against three arthropods. *African J. Sci. and Technol.* 2:44~49.
- Keita, S. M., C. Vincent, J-P. Schmit and A. Belanger (2000) Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L., *O. gratissimum* L. and *O. suave* L. in the Republic of Guinea. *Flavour Fragr. J.* 15:339~341.
- Kim, S. I., K. S. Chang, Y. C. Yang, B. S. Kim and Y. J. Ahn (2004) Repellency of aerosol and cream products containing fennel oil to mosquitoes under laboratory and field conditions. *Pest Manag. Sci.* 60:1125~1130.
- Mitchell, M. J., S. L. Smith, S. Johnson and E. D. Morgan (1997) Effects of the neem tree compounds azadirachtin, salannin, nimbin, and 6-desacetylnimbin on ecdysone 20-monooxygenase activity. *Arch. Insect Bioch. and Physiol.* 35:199~209.
- Ohlendorf, B., M. L. Flint and M. Brush (1998) Mosquitoes. <http://www.ipm.ucdavis.edu/pdf/pestnotes/pnmosquitoes.pdf>
- Ozbek, H., S. Ugras, I. Bayram, I. Uygan, E. Erdogan, A. Ozturk and Z. Huyut (2004) Hepatoprotective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil: A carbon-tetrachloride induced liver fibrosis model in rats. *Scand. J. Lab. Anim. Sci.* 31:9~17.
- Palevitch, D. and L. E. Cracker (1994) Volatile oils as potential insecticides. The herb, Spice and medicinal plant digest. 12:1~8.
- Petersen, L. R. and A. A. Marfin (2002) West Nile virus: a primer for the clinician. *Annals of Internal Medicine* 137:173~179.
- Pina-Vaz. C., A. G. Rodrigues. E. Pinto. S. Costa-de-Oliveira, C. Tavares, L. Salgueiro, C. Cavaleiro and M. J. Goncalves (2004) Antifungal activity of *Thymus* oils and their major compounds. *JEADV.* 18:73~78.
- Pyrethrins & Pyrethroids (1998) National Pesticide Telecommunications Network Available; <http://npic.orst.edu/factsheets/pyrethrins.pdf>
- Redwane, A., H. B. Lazrek, S. Bouallam, M. Markouk, H. Amarouch and M. Jana (2002) Larvicidal activity of

- extracts from *Querus lusitania* var *infectoria* galls (oliv). *J. Ethnopharm.* 79:261~263.
- Russell, G. B. (1977) Plant chemicals affecting insect development. *The New Zealand Entomologist.* 6:229~234.
- Sagar, S. K. and S. S. Sehgal (1996) Effects of aqueous extract of deoiled neem (*Azadirachta indica* A. juss) seed kernel and karanja (*Pongamia glabra* vent) seed kernel against *Culex quinquefasciatus*. *J. Commun. Dis.* 28:260~269.
- Sartoratto, A., A. L. M. Machado, C. Delarmelina, G. M. Figueira, M. C. T. Duarte and V. L. G. Rehder (2004) Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. *Brazilian J. Microbiol.* 35:275~280.
- Spurr, E. B. and P. G. McGregor (2003) Potential invertebrate antifeedants for toxic baits used for vertebrate pest control. *New Zealand department of conservation. Science for Conservation* 232.
- Steinemann, A. (2004) Human exposure, health hazards, and environmental regulations. *Environmental Impact Assessment Review.* 24:695~710.
- Tao, L-M., Y. J-Z, Yang. P-J. Zhuang and Z-H. Tang (2006) Effect of a mixture of iprobenfos and malathion on the development of malathion resistance in the mosquito *Culex pipiens pallens* Coq. *Pest Manag. Sci.* 62:86~90.
- Traboulsi, A. F., K. Taoubi, S. El-Haj, J. M. Bessiere and S. Rammal (2002) Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag. Sci.* 58:491~495.

Insecticidal Activity of Essential Oils against Larvae of *Culex pipiens pallens*

Shin-Ho Kang, Min-Ki Kim, Dong-Kyu Seo, Gil-Hah Kim* (*Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*)

Abstract : Larvicidal activity of 34 plant essential oils were tested against the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens*. Among them, six oils (basil, fennel, caraway seed, lime, thyme red, and thyme white) showed more than 80% mortality at 100 mg litre⁻¹ concentration. GC and GC-MS analyses of the six essential oils and bioassay of their components revealed that anethole (a major component of fennel and basil oil) and (+)-limonene (a major component of caraway seed and lime oil) showed higher larvicidal activities than others. In addition to the above two components, α -phellandrene, ρ -cymene, γ -terpinene, β -pinene, and thymol showed higher larvicidal activity than Bt product

Key words : *Culex pipiens pallens*, essential oil, larvicide, terpene

*Corresponding author (Fax: +82-43-271-4414, E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr)