

## 털진드기 유충에 대한 유칼립투스 오일의 기피 및 살비활성

조형찬\* · 김광호<sup>1</sup> · 이상계<sup>1</sup> · 나영은<sup>1</sup> · 박형만<sup>1</sup>우석대학교 보건복지대학, <sup>1</sup>농촌진흥청 농업과학기술원Repellent and Acaricidal Activities against *Leptotrombidium pallidum* Larvae of Eucalyptus OilHyeong-Chan Jo\*, Kwang-Ho Kim<sup>1</sup>, Sang-Guei Lee<sup>1</sup>, Young-Eun Na<sup>1</sup> and Hyung-Man Park<sup>1</sup>

Department of Rehabilitation Welfare, College of Health &amp; Welfare, Woosuk University, Jeonbuk, 565-701

<sup>1</sup>Agricultural Biology Department, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon Gyeonggi, 441-707

**ABSTRACT** : Repellent and acaricidal activities of eucalyptus oil, permethrin, and DEET against *Leptotrombidium pallidum* larvae, which are a vector transmitting tsutsugamushi disease, were evaluated under laboratory conditions using a filter paper impregnated method. The LD<sub>50</sub> values of eucalyptus oil and DEET were 0.025 and 0.018 mg/cm<sup>2</sup>, respectively while that of permethrin was higher than 0.2 mg/cm<sup>2</sup>. In the repellency test of these materials at 6.14 mg/cm<sup>2</sup>, eucalyptus oil gave complete repellency, and the larvae crossed the treated zone killed. But permethrin showed 60% repellency at 9.20 mg/cm<sup>2</sup> and the mites crossed the zone were not killed. The percent repellency of DEET at 0.53 mg/cm<sup>2</sup> was 8.3 and 2.8 times higher than that of permethrin and eucalyptus oil, respectively. The acaricidal activities of emulsifiable concentrates-pump sprayers containing the eucalyptus oil as an active ingredient were assayed. The emulsifiable concentrates containing 1% and 3% eucalyptus oil showed weak mortality at 1 hour after treatment, while all ones containing more than 6% oil produced 100% activity against *L. pallidum* larvae. The mortality also increased as exposure time to the concentrates increase. These results suggest that the potential of eucalyptus oil highly expected to be used as a control or repellent agent against *L. pallidum* larvae may be very high.

**KEY WORDS** : Tsutsugamushi disease, *Leptotrombidium pallidum*, Repellency, Acaricidal activity, Eucalyptus oil

**초 록** : 찰진드기 유충을 매개하는 털진드기 유충을 대상으로 유칼립투스 정유, 페메스린 그리고 DEET의 기피력과 살비력을 실내에서 여지흡수법을 이용하여 확인하였다. 털진드기 유충에 대한 이들 물질들의 반수치사량(LD<sub>50</sub>)은 유칼립투스 정유와 DEET는 각각 0.025와 0.018 mg/cm<sup>2</sup>로 우수한 살비력을 보였으며, 페메스린의 경우는 조사한 최고 농도 수준인 0.2 mg/cm<sup>2</sup>이상인 것으로 나타났다. 또한 이들 물질을 6.14 mg/cm<sup>2</sup>으로 처리한 기피력 시험에서 유칼립투스 정유는 100% 기피력을 보였고, 그 처리된 지역에 들어온 개체들은 완전히 벗어나지 못하고 치사하였다. 그러나 페메스린의 경우는 가장 높은 시험농도 수준(9.20 mg/cm<sup>2</sup>)에서도 처리 지역을 통과한 개체들이 생존하였고, 기피력도 60% 정도로 낮게 나타났다. DEET는 1.53 mg/cm<sup>2</sup>처리 수준에서 페메스린에 비해 8.3배, 유칼립투스 정유에 대해서는 2.8배 더 강하게 나타났다. 털진드기 유충에 대한 기피력은 DEET, 유칼립투스 정유 그리고 페메스린 순이었다. 또 다른 실험에서는 털진드기 유충에 대한 천연 유칼립투스 정유를 유효성분으로 함유한 유제의 살비력이 평가되었다. 60분 간의 노출 시간 동안 1%와 3% 유제는 강한 살비력을 나타내지 못한 반면, 6% 이상의 유제들은 일정 시간이 지나면서 100%의 살비력을 보였다. 이와 같이 털진드기 유충들의 시험 유제들에

\*Corresponding author. E-mail: chan@ws.ac.kr

대한 반응은 유칼립투스 정유의 함유량 및 노출 시간 모두에 의존적이었다. 이상의 결과로 유칼립투스 정유는 털진드기 유충에 대한 천연 방제제 또는 기피제로서 활용될 수 있는 여지가 높음을 알 수 있었다.

**검색어** : 찌꺼가무시병, 털진드기, 기피력, 살비력, 유칼립투스 정유

리케치아성 질병인 찌꺼가무시병(*tsutsugamushi disease*)은 일본에서 처음 알려졌는데, 관목숲에서 발생하는 티푸스라는 뜻으로 밀립티푸스(*scrub typhus*)라는 병명으로 불리기도 한다. 이 병은 *Orientia tsutsugamushi* Hayashi (Rickettsiales: Rickettsiaceae)에 감염된 *Leptotrombidium deliense* Walch (Acarina: Trombiculidae)와 *L. akamushi* Brumpt와 같은 털진드기들이 사람을 흡혈해서 발생된다.

찌꺼가무시병은 우리나라를 비롯한 일본 동부, 인도 서부, 호주 남부 등에서 주로 발생한다(NICD, 1985). 인도에서는 밀립티푸스가 동부 지역에서의 전쟁 병으로 위세를 떨친 이후, 지속적인 대발생이 인도 전역에서 보고되기도 하였다(Singh *et al.*, 1992; Mehta *et al.*, 1993; Raghunath and Gokarn, 1993). 우리나라에서 보건당국에 보고된 찌꺼가무시병 발생 건수는 2002년 1919건, 2003년 1415건, 2004년 4693건 그리고 2005년 6780건 등으로 매년 증가추세를 보이고 있다(Gyeyang-Gu Health Center, 2006). 최근에는 찌꺼가무시병 발생을 감소시키기 위해 질병관리본부를 비롯한 일선 보건소들을 중심으로 활발한 예방 프로그램들이 가동되고 있는 중이다(Hwasung City Health Center, 2003).

털진드기는 유충기에만 숙주에 기생하고 자충과 성충은 자유 생활을 하면서 조그만 절지동물들의 알과 어린 유충들을 먹이로 취한다(Baker *et al.*, 1956). 이들 유충들은 숙주에 3-4일 정도 붙어 있는 채로 존재하지만, 일부 종들은 숙주에 30일 이상 붙어 있기도 한다(Wharton and Fuller, 1952; Clayton and Walther, 1997). 털진드기들은 척추동물들만 흡혈하기 때문에 경란전과가 찌꺼가무시병원균의 유지에 중요한 기작일 것으로 여겨지기도 하였다(Walker *et al.*, 1975; Takahashi *et al.*, 1994). 그러나 경란전과 이외의 방법에 의해서도 전파될 수 있다는 견해들이 나타나면서 Traub 등(1975)은 처음으로 찌꺼가무시병원균이 수평전이가 될 수 있음을 밝힌 바 있다.

이와 같이 리케치아에 감염된 털진드기 유충들로 인한 흡혈을 예방하기 위해서는 기피제와 같은 보호 수단을 활용하는 것이 중요할 수 있다(Kulkarni, 1990; Bertram *et al.*, 1967; Gupta and Rutledge, 1994). 2차 세계대전 발발로 일부 털진드기 기피제들이 개발되었는데, 가장

널리 이용된 것이 dimethyl phthalate였다(Madden *et al.*, 1944). 이후 개발된 benzyl benzoate, dibutyl phthalate (DBP) 그리고 N,N-diethyl-*m*-toluamide (DEET)의 효과가 입증되었고, 의복에 처리하거나 침지하면 그 지속력이 보다 더 잘 유지됨이 알려지면서 이들 화학제들을 활용하기 위한 연구들이 이루어졌다(Frances, 1994; Frances and Khlaimanee, 1996). 비록 DEET의 부작용들에 대한 보고가 많지 않더라도 노출된 피부에 반복적으로 처리하면 어린이들에게 심각한 뇌질환을 일으킬 수 있다(Sudakin and Trevathan, 2003). 따라서 많은 소비자들은 보다 안전하면서 효과도 우수한 약제를 필요로 하고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해 많은 연구자들은 화학합성 기피제들을 대체할 수 있는 효과적인 대체원들을 찾기 위한 노력을 하고 있다(Frances, 1994; Frances and Khlaimanee, 1996).

식물은 다양한 생리활성물질들을 함유하고 있기 때문에 전도 유망한 곤충 기피제들의 대체원이 될 수 있다. 식물체를 원료로 활용하기 위해서는 대량으로 공급이 이뤄질 수 있어야 하는데, 이런 점에서 이미 식품 및 화장품 산업에서 활용되고 있는 식물정유가 대체원으로 큰 장점을 갖고 있는 것이다. 이와 같이 원료의 대량 확보 용이성 외에도 식물체 정유는 흡혈곤충들에 대해 기피력과 살충력을 갖고 있다(Kim *et al.*, 2004; Panella *et al.*, 2005; Prajapati *et al.*, 2005; Amer and Mehlhorn, 2006).

이러한 식물체 정유의 특성에 기반하여 본 연구는 유칼립투스 정유(*eucalyptus oil*), 퍼메스린(*permethrin*) 그리고 DEET의 털진드기 유충에 대한 기피력 및 살비력을 실내에서 평가하여 천연 찌꺼가무시병 예방제를 개발할 수 있는 대체원으로서 제공하기 위해 실행되었다.

## 재료 및 방법

### 시험약제

털진드기에 대한 살비력 및 기피력을 비교하기 위해 유칼립투스 정유[(주)한솔, 퍼메스린(*permethrin* 98%, Aldrich)

그리고 DEET (99%, Aldrich)를 사용하였다. 또한 유칼립투스 정유 함량을 1, 3, 6, 10, 15, 20%로 한 유제를 조제하여 사용하였다. 예를 들어 10% 유칼립투스 정유를 함유한 유제는 MCT [medium chain triglyceride, (주)코비스식품] 30%, NK-NBT 40E[유화제, (주)코실] 10%, 증류수 50%를 함유하도록 부가 용제나 첨가제들을 조절하여 준비하였다.

## 대상생물

실험에 사용한 털진드기 유충(*Leptotrombidium pallidum* Nagayo, Mitamura et Tamiya)은 등줄쥐에 기생하고 있는 쫓쫓가무시병을 매개하는 종을 채집한 것들이었다. 즉, 샤먼트랩(Sharman trap)에 살서류 유인 먹이를 넣어 야산과 들판에 설치하고 하루 밤 동안 놓아둔 후, 트랩에 잡힌 등줄쥐들을 실험실로 가져왔다. 등줄쥐를 흉부압박하여 치사시키고 꼬리를 매달아 귀와 다리 등에 오염된 부위에서 떨어진 털진드기 유충들만을 분리하여 해부현미경(20배) 하에서 활력이 우수한 개체들을 선별한 후, 살비력 및 기피력을 검정하기 위한 대상으로 활용했다.

## 생물검정

### 살비력

시험원제인 유칼립투스 정유, DEET, 퍼메스린 등을 아세톤 100  $\mu$ l에 4.0, 2.0, 1.0, 0.5 mg 수준으로 녹여 검정색 천(직경 5 cm)에 처리하고 5분간 자연 건조시켰다. 처리된 각 천을 페트리디쉬(직경 5 cm)에 넣어 등줄쥐에서 채집해 둔 털진드기 유충을 20개체씩 방사하고 처리 1시간 후 녹다운 및 치사 개체수를 해부현미경 하에서 조사하였다. 치사 개체수의 판정은 부속자들 중 3개 이상을 움직이면 생충으로 간주했다. 모든 시험은 3반복으로 실시하였다.

또 다른 실험에서는 미리 준비해 둔 유칼립투스 정유를 유효성분으로 함유한 유제들의 유효성이 검정되었다. 직경 5 cm의 페트리디쉬에 천을 깔고 그 위에 털진드기 유충 20개체를 방사하고, 20-30 cm 높이에서 상기의 유칼

립투스 유제를 1회 분사하였다(1회 분사량은 100  $\mu$ l). 사충수 유무 판정은 5, 10, 15, 20, 30 그리고 60분으로 하였고, 모든 시험방법은 전술한 바와 동일하게 실시하였다.

### 기피력

털진드기에 대한 유칼립투스 정유의 기피력이 실내에서 조사되었다. 직경 10 cm 여지의 중앙에 2.5 cm의 외원을 그리고 그 안에 다시 1.5 cm의 원을 그렸다. 중앙의 두 원 사이(1 cm)에 적정 농도의 각 시험물질들을 에탄올 40  $\mu$ l에 녹여 5분간 자연 건조시킨 후 물질이 처리되지 않은 중앙 원에 털진드기 5개체씩을 방사하였다. 털진드기 유충 30개체를 매 농도마다 사용하였고, 4분 동안 진드기들의 행동을 관찰했다. 처리된 지역을 벗어나 원 밖으로 벗어난 개체에 대해서는 기피력이 없는 것으로 간주했고, 노출된 지역을 통과하다가 움직이지 못하는 개체는 사충으로 판별하였다. 기피율은 다음과 같은 식으로 산출하였다. 기피율(%) = [(전체 처리충수 - 처리구역을 벗어난 진드기 수) / 전체처리충수]  $\times$  100.

### 통계처리

시험 물질들에서 얻어진 살비율은 arcsine으로 전환하여 분산분석(analysis of variance)을 실시하였고, 각 실험군들의 평균간 비교는 본페로니법(Bonferoni's test)을 이용하였다(SAS Institute, 2001). 또한 시험 물질들의 반수 치사량인 LD<sub>50</sub>값들은 SAS 프로그램 내의 프라빗법(probit analysis)을 이용하여 산출하였다(SAS Institute, 2001).

## 결과 및 고찰

유칼립투스 정유는 털진드기 유충에 대해 여지흡수법을 이용한 실내검정에서 우수한 살비력을 보여 주었다(Table 1). DEET 역시 강한 살비력을 나타냈지만, 퍼메스린의 경우 시험한 가장 높은 농도(0.2 mg/cm<sup>2</sup>)에서도 털진드기 유충에 대해 50% 미만의 살비력을 보였다. 그런데 Frances (1994)가 DEET와 퍼메스린을 여지에 처리하여 또

**Table 1.** Acaricidal activity of eucalyptus oil, DEET and permethrin against *Leptotrombidium pallidum* larvae

Chemical	Slope ( $\pm$ SE)	LD <sub>50</sub> (mg/cm <sup>2</sup> )	90% CL
Eucalyptus oil	5.49 ( $\pm$ 0.890)	0.025	0.0213~0.0289
DEET	3.60 ( $\pm$ 0.496)	0.018	0.0145~0.0210
Permethrin	-	>0.2	-

다른 밀립열 매개 진드기인 *Eutrombicula hirsti* (Sambon) 유충들에 대한 반응을 조사한 시험에 따르면 DEET와 퍼메스린의 ED<sub>50</sub>값들이 각각 0.26과 0.24 mg/cm<sup>2</sup>로 우수하게 나타났다고 한다. 그리고 이 물질들을 옷에 처리한 경우, DEET의 독성이 강하게 나타났고 퍼메스린의 독성은 빨리 발현되지는 않았어도 유효성은 있었다고 하였다. 이와 같이 퍼메스린의 살비력에 있어서 본 실험 결과와 상이한 이유는 아마도 생물검정 대상 진드기의 차이에서 기인되었을 가능성이 매우 높다. 일반적으로 동일 화합물 일지라도 곤충 종 및 농도에 따라 각기 다른 살충력을 보일 수 있기 때문이다(Ahn, 2000). 비슷한 예로 29종의 기피제들의 기피력이 2종 흡혈성 진드기 종들인 *Amblyomma americanum* L.와 *Ixodes scapularis* Say의 자충들을 대상으로 한 검정에서 전자에 대해서는 효과가 우수했던 DEET를 포함한 7종 화합물들이 후자에 대해서는 전혀 효과를 보이지 못했다(Schreck *et al.*, 1995). DEET의 LD<sub>50</sub>값을 기준으로 하였을 때 유칼립투스 오일은 0.72배 수준에서 동일한 효과를 기대할 수 있었다.

털진드기에 대한 유칼립투스 정유의 살비력이 우수한 것으로 나타나(Table 1), 이것의 기피력을 실내에서 판단하기 위한 시험을 실시하였다. 유칼립투스 정유를 6.14 mg/cm<sup>2</sup>으로 처리하여 100% 기피력을 얻을 수 있었는데, 흥미로운 점은 그 처리 지역을 지나간 개체들이 완전히 통과하지 못한 채 치사하였다는 사실이다. 또한 3.07 mg/cm<sup>2</sup>수준에서 유칼립투스 정유는 57%의 기피력을 보였다(Table 2). 퍼메스린의 경우, 가장 높은 시험농도 수준(9.20 mg/cm<sup>2</sup>)에서도 처리 지역을 지나간 개체들에게 살

비력을 나타내지 못했고 60%의 기피력 만을 보였다. 그러나 이 기피력은 유칼립투스 정유나 DEET의 기피력에 월등히 미치지 못하는 결과였다. 이와 달리 Breeden 등(1982)은 0.125 mg/cm<sup>2</sup> 수준의 퍼메스린을 처리한 군복을 입고 3일 동안 야외 군사훈련에 참가한 사람들은 어떤 기피제도 사용하지 않거나 퍼메스린이 처리되지 않은 옷을 입은 사람들에 비해 *Trombicula* spp.의 흡혈을 74% 정도 예방한다는 사실을 확인하기도 하였다. 따라서 퍼메스린의 진드기에 대한 효과는 종이나 적용방법에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. 유칼립투스 오일의 기피력은 주로 모기를 대상으로 많은 연구가 이뤄졌다. 마우스를 이용한 실내시험에서 빨간집모기(*Culex pipiens pallens* L.) 성충에 대해 강한 기피력을 나타냈다(Choi *et al.*, 2002). 또한 유칼립투스 오일은 흰줄숲모기(*Aedes albopictus* Skuse)에 대해서도 기피력이 알려져 있는데, 15% 오일을 함유한 제형이 3시간 동안 완벽한 기피력을 보여 주었다(Yang and Ma, 2005).

한편, DEET는 유칼립투스 정유나 퍼메스린이 전혀 살비력을 나타내지 못한 3.07 mg/cm<sup>2</sup> 처리 수준에서도 100% 살비력을 나타냄으로 Table 1에서와 같이 매우 강한 살비력을 갖는 물질임을 알 수 있었다. 기피력 역시 1.53 mg/cm<sup>2</sup>처리 수준에서 퍼메스린에 비해 8.3배, 유칼립투스 정유에 대해서는 2.8배 더 강했다. El-Nahal 등(1989)은 석창포(*Acorus calamus* L.) 정유의 휘발성분들이 저장물 해충들에 영향을 미치는 정도는 농도 보다는 오히려 노출 시간이 더 중요한 요인일 수 있다고 하였다. 그러나 (E)-anethole, (+)-fenchone 그리고 estragole과 같은 휘발성 물

Table 2. Repellency of eucalyptus oil, permethrin and DEET against *Leptotrombidium pallidum* larvae (n = 30)

Chemical	Dose, mg/cm <sup>2</sup>	Mortality, %	Mean repellency, %
Eucalyptus oil	9.20	100	-
	6.14	63	100
	3.07	0	57
	1.53	0	30
	0.15	0	13
DEET	3.07	100	-
	1.53	17	83
	0.31	0	23
	0.15	0	7
Permethrin	9.20	0	60
	6.14	0	50
	3.07	0	30
	1.53	0	10
	0.15	0	0

**Table 3.** Acaricidal activity of emulsifiable concentrates containing eucalyptus oil against *Leptotrombidium pallidum* larvae

Conc. %	Minutes after treatment					
	Mortality (% mean±SE) <sup>a</sup>					
	5	10	15	20	30	60
1	0±0.0c	0±0.0d	5±2.9c	22±4.4b	27±3.3b	40±5.8b
3	0±0.0c	5±2.9d	5±2.9c	27±7.3b	30±2.9b	45±2.9b
6	45±2.9b	50±2.9c	50±2.9b	80±5.8a	95±2.9a	100±0.0a
10	50±2.9b	80±5.8b	100±0.0a			
15	98±1.7a	100±0.0a				
20	100±0.0a					

<sup>a</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different ( $P = 0.05$ , Bonferroni's test) (SAS, 2001). Mortalities were transformed to arcsine square-root before ANOVA. Means ( $\pm$ SE) of untransformed data are reported.

질들의 저장물해충들에 대한 살충력은 농도 및 노출시간 모두에 의존적이었다(Kim and Ahn, 2001). 이 연구에서는 유칼립투스 정유와 DEET의 털진드기 유충들에 대한 기피력은 노출 시간 보다는 농도 의존적인 경향을 보여 일정 농도 이하에서는 전혀 기피력을 발휘하지 못했다.

유칼립투스 정유를 각기 다른 함량으로 함유한 유제에 대한 털진드기 유충들의 반응은 농도 및 노출 시간 모두에 의존적이었다(Table 3). 더 높은 농도로 함유한 유제에 노출된 털진드기 유충들이 더 빠른 녹다운 또는 살비율을 나타냈고, 동일 농도에 노출된 유충들일지라도 시간이 경과함에 따라 더 높은 살비율을 보였다. 그런데 60분 동안의 노출 시간 동안 1%와 3% 유제는 강한 살비력을 나타내지 못한 반면, 6% 이상의 유칼립투스 정유를 함유한 유제들은 일정 시간이 지나면 100%의 살비력을 보였다. 이를 통해 털진드기 유충들을 효과적으로 제어할 수 있는 유칼립투스 정유의 이상적인 함량은 6% 이상은 되어야 함을 알 수 있었다.

이상의 결과와 향후 유칼립투스 정유를 함유한 제형을 이용한 야외시험을 통해 유칼립투스 정유가 쓰쓰가무시병을 매개하는 털진드기들을 방제하고 흡혈을 예방하는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 생각한다.

## Literature Cited

- Ahn, Y.J. 2000. Insecticidal activity of phenylpropene trans-anethole identified in *Illicium vernum* fruit against three medical insect pests. *Agric. Life Sci. Res.* 4: 181-184.
- Amer, A. and H. Mehlhorn. 2006. Repellency effect of forty-one essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* mosquitoes. *Parasitol. Res.* 99: 478-490.
- Baker, E.W., T.M. Evans, D.J. Gould, W.B. Hull and H.L. Keegan. 1956. A manual of parasitic mites of medical or economic importance. New York, NY: National Pest Control Association, Inc.
- Bertram, D.S., R.C. Page and A.J. Moss-Blundell. 1967. Laboratory tests of uniform fabric impregnated with mite repellents. *J. R. Army Med. Corps.* 113: 126-33.
- Breedon, G.C., C.E. Schreck and A.L. Sorensen. 1982. Permethrin as a clothing treatment for personal protection against chigger mites (Acarina: Trombiculidae). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 31: 589-592.
- Choi, W.S., B.S. Park, S.K. and S.E. Lee. 2002. Repellent activities of essential oils and monoterpenes against *Culex pipiens pallens*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 18: 348-351.
- Clayton, D.H. and B.A. Walther. 1997. Collection and quantification of arthropod parasites of birds. In: D. H. Clayton and J. Moore, editors. *Host-parasite evolution: general principles and avian models*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 419-440.
- El-Nahal, A.K.M., G.H. Schmidt and E.M. Risha. 1989. Vapours of *Acorus calamus* oil- a space treatment for stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 25: 211-216.
- Frances, S.P. 1994. Response of a chigger, *Eutrombicula hirsti* (Acari: Trombiculidae) to repellent and toxicant compounds in the laboratory. *J. Med. Entomol.* 31: 628-630.
- Frances, S.P. and N. Khaimanee. 1996. Laboratory tests of arthropod repellents against *Leptotrombidium deliense*- noninfected and infected with *Rickettsia tsutsugamushi* and non infected *L. fletcheri*. *J. Med. Entomol.* 33: 232-235.
- Gupta, R.K. and L.C. Rutledge. 1994. Role of repellents in vector control and disease prevention. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 50: 82-86.
- Gyeyang-Gu Health Center. 2006. Prevention of febrile diseases occurring in fall. <http://news.gyeyang.go.kr/upload/bansang/6-1-6.pdf>. September 25. Information for life livings; Gyeyangsan Meary.
- 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.
- Kim, D.H. and Y.J. Ahn. 2001. Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Manag. Sci.* 57: 301-306.
- Kulkarni, S.M. 1990. Progress in medical acarology in India. pp.

- 19-51. In Proceedings of the Symposium on Entomology for Defence Services, Gwalior: India.
- Madden, A.H., A.W. Lindquist and E.F. Knipling. 1944. Tests of repellents against chiggers. *J. Econ. Entomol.* 37: 283-286.
- Mehta, S.R., S.K. Dham, V. Jetley and A.G. Shahane. 1993. Scrub typhus-A report of six cases. *Med. J. Armed Forces India.* 49: 279-281.
- NICD (National Institute of Communicable Diseases). 1985. Manual on zoonosis. Delhi: National Institute of Communicable Diseases, Directorate General of Health Services, Govt. of India. pp. 106-110.
- Panella, N.A., M.C. Dolan, J.J. Karchesy, Y. Xiong, J. Peralta-Cruz, M. Khasawneh, J.A. Montenieri and G.O. Maupin. 2005. Use of novel compounds for pest control: insecticidal and acaricidal activity of essential oil components from heartwood of Alaska yellow cedar. *J. Med. Entomol.* 42: 352-358.
- Prajapati, V., A.K. Tripathi, K.K. Aggarwal and S.P. Khanuja. 2005. Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresource Technol.* 96: 1749-1757.
- Raghunath, D. and A.G. Gokarn. 1993. Have we forgotten scrub typhus? *Med. J. Armed Forces India.* 49: 225-226.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Schreck, C.E., D. Fish and T.P. McGovern. 1995. Activity of repellents applied to skin for protection against *Amblyomma americanum* and *Ixodes scapularis* ticks (Acari: Ixodidae). *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 1(1): 136-140.
- Singh, P., R. Singh and V.P. Dhand. 1992. Resurgence of scrub typhus. *Med. J. Armed Forces India.* 48: 84-87.
- Sudakin D.L. and W.R. Trevathan. 2003. DEET: a review and update of safety and risk in the general population. *J. Toxicol.* 41: 831-839.
- Takahashi, M., M. Murata, H. Misumi, E. Hori, A. Jr. Kawamura and H. Tanaka. 1994. Failed vertical transmission of *Rickettsia tsutsugamushi* (Rickettsiales: Rickettsiaceae) acquired from rickettsemic mice by *Leptotrombidium pallidum* (Acari: Trombiculidae). *J. Med. Entomol.* 31: 212-216.
- Traub, R., C.L. Wisseman, Jr.M.R. Jones and J.J. O'Keefe. 1975. The acquisition of *Rickettsia tsutsugamushi* by chiggers (trombiculid mites) during the feeding process. *Ann. NY. Acad. Sci.* 266: 91-114.
- Walker, J.S., C.T. Chan, C. Manikumaran and B.L. Elisberg. 1975. Attempts to infect and demonstrate transovarial transmission of *R. tsutsugamushi* in three species of *Leptotrombidium* mites. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 266: 80-90.
- Wharton, G.W. and H.S. Fuller. 1952. A manual of the chiggers. *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, No. 4. Washington D.C.
- Yang, P. and Y. Ma. 2005. Repellent effect of plant essential oils against *Aedes albopictus*. *J. Vector Ecol.* 30: 231-234.

(Received for publication August 5 2008;  
revised September 25 2008; accepted September 25 2008)