

흰줄숲모기에 대한 기피제의 지속성 평가

강신호 · 장선아 · 한종빈 · 서동규 · 송치훈 · 김민기 · 김영림¹ · 최선희¹ · 김인규¹ · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹식품의약품안전청 의약품평가부

Persistence Evaluation of Mosquito Repellents against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)

Shin-Ho Kang, Sun-Ah Jang, Jong-Been Han, Dong-Kyu Seo, Chi-Hun Song, Min-Ki Kim, Young-Lim Kim¹, Seon-Hee Choi¹, In-Kyu Kim¹ and Gil-Hah Kim*

Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

¹Drug Evaluation Department, Korea Food & Drug Administration, 5 Nokbun-dong, Eunpyung-ku, Seoul., 122-704, Korea

ABSTRACT : Four mosquito repellents, product A (aerosol), product B (liquid), product C (aerosol) and product D (lotion) were tested for their persistent repellency and quantity of DEET remained with the lapse was analyzed. In shirt term test with human for 8 hours, product A (aerosol), product B (liquid), product C (aerosol) and product D (lotion) appeared over 95% repellency for eight, five, six and six hours, respectively. In long-term tests with shirt piece for 16 days, product A (aerosol) and product C (aerosol) showed 100% repellency for 10 days. In the assay of quantity of DEET remained in shirt pieces with the lapse of time, two products was decreased to the same pattern.

KEY WORDS : *Aedes albopictus*, Mosquito repellent, Repellency, DEET (*N,N*-diethyl-*m*-toluamide)

초 록 : 본 연구는 장기간 지속효과가 강조된 미국 T사의 C 제품(에어로졸)과 D 제품(로션) 대비 국내 S사의 A 제품(에어로졸)과 B 제품(액제)에 대하여, 사람 손에 처리 시 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)의 기피지속성에 대한 생물검정을 평가하고 시간 경과에 따른 기피 주성분인 DEET의 잔존량을 분석하였다. 기피제 처리 후 8시간 조사에서 A 제품은 8시간까지 95%의 기피효과를 나타냈으며, B 제품, C 제품, D 제품은 각각 5, 6, 6시간까지 기피효과를 보였다. 그리고 면포를 이용한 16일까지의 장기간 지속성 평가에서, A 제품과 C 제품은 각각 10일까지 100%의 기피 지속성을 나타냈고, 시간 경과에 따른 기피 주성분인 DEET의 잔존량 분석에서도 동일한 양상으로 감소하였다.

검색어 : 흰줄숲모기, 지속성기피제, 기피효과, DEET(디에틸톨루아미드)

모기는 말라리아(malaria)나 뎅그열(dengue hemorrhagic fever), 뇌염(encephalitis)과 같은 질병의 주요 매개원이며 (Rozendaal, 1997), 지구의 온난화 및 엘니뇨(El Nino) 현상 등으로 인하여 전 세계적으로 발병지역이 더욱 확산되고 있다(Martens *et al.*, 1997; Partz, 2004; Epstein, 2000).

이러한 모기를 생활공간으로부터 방제하기 위하여 모기기피제를 사용해왔는데, 가장 일반적으로 사용되고 있는 성분은 DEET(*N,N*-diethyl-*m*-toluamide)이다. DEET는 1946년 미군(US army)에 의해 개발되었고, 진드기, 벼룩, 빈대 등까지 효과가 있는 범용기피제(broad-spectrum

*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

repellent)이다(Davis, 1985; Mark and Fradin, 1998; Mark *et al.*, 2002).

DEET를 이용한 기피제 제형으로는 로션, 펌프 스프레이, 에어로졸, 젤, 크림 등이 있으며(Frances and Cooper, 2002; Catangui and Wilson, 2003), 각 제형의 제품을 인체의 서로 다른 부위에 적용했을 때, 시간의 경과에 따라 유효 잔존량이 달라지고 기피 지속력의 차이를 나타낸다. 또한 옷에 분사했을 때 보다 피부에 직접 도포했을 경우 체온이나 땀의 분비 등에 의해 기피성분이 쉽게 휘산 또는 분해되어 기피력이 빠르게 감소된다(Rueda *et al.*, 1998; Marks *et al.*, 2002). 이와 같은 단점을 극복하기 위하여 DEET 성분을 polymer와 함께 처리하거나 DEET를 마이크로캡슐화하여 장기 지속효과나 인체 안전성 면에서 피부 침투를 줄이는 방법이 연구되었으며(Mehr *et al.*, 1985; Annis, 1991), vanillin을 DEET와 섞어서 기피효과를 증진시키는 방법이 보고되었다(Tawatsin *et al.*, 2001; Pitasawat *et al.*, 2003).

일반적으로 기피제의 모기에 대한 기피효과는 제품 내 기피 주성분인 DEET의 함량이 높을수록 오랜 시간 기피 지속효과를 보이지만 기피 지속시간은 DEET의 농도와 정비례하지는 않는다(Personal insect repellents containing DEET, 2002; Koren *et al.*, 2003; Miller, 2004; Kang *et al.*, 2005). 흡혈활동을 시작하는 초저녁의 모기를 방제하기 위하여 기피제품을 적용했을 때, 기피 지속시간이 오래 유지되는 것은 기피제의 매우 중요한 사항 중의 하나이다. 이와 같은 측면에서 장기간의 기피 지속효과를 특징으로 판매되고 있는 미국 T사의 두 제품은 에어로졸 제형인 C 제품에서 8시간을, 로션제형인 D 제품에서 12시간의 기피 지속성을 강조하고 있다. 또한 T사 제품은 기피성분의 대기중 휘산이나 피부의 침투 등을 억제하기 위하여 polymer를 함유하고 있는 것으로 보고되었다(How effective are DEET repellents?, 2004). 이와 반대로 국내의 모기기피제는 대부분 제품 표면에 기피 지속시간을 표기하지 않으므로(Kang *et al.*, 2005), 본 연구에서는 국내 S사의 모기기피제 A 제품(에어로졸)과 B 제품(액제)을 T사 제품과 비교하여 기피 지속성의 생물검정 및 시간 경과에 따른 기피 주성분의 잔존량을 분석하였다.

재료 및 방법

모기사육

실험에 사용된 흰줄숲모기(*Aedes albopictus*)는 충북 청

주 문의면에서 유충을 채집, 누대 사육하였다. 성충은 사육망(40×27×30 cm)에서 설탕물 (10%)을 공급해 주었으며, 흡혈 동물로 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 지하수로 하였고, 먹이(dog diet)를 갈아서 령기가 증가함에 따라 양을 증가시켜 공급해주었고, 번데기는 매일 건져 성충 사육망에서 우화시키며 나이별로 사육하였다.

모기 기피제 및 화합물

장기 지속성 모기 기피제인 미국 T사의 C 제품(에어로졸)과 D 제품(로션)은 국내 메디헬프라이머를 통하여 구입하였으며, T사의 제품과 비교 평가를 위한 국내 제품으로는 S사의 에어로졸인 A 제품과 액제인 B 제품을 시중에서 구입하여 실험에 사용하였다. 미국 C제품의 DEET 함량은 23.75%로 8시간을, D제품은 31.58%로 12시간의 기피 지속력을 제품 표면에 표기하고 있으며, 국내제품인 A 제품과 B 제품의 DEET함량은 각각 19.0 g(100 ml 중), 24.0 g(100 g 중)으로 기피 지속력에 대해서는 기피 효과 지속시간을 표기하지 않고 있다. 제품 내 기피주성분의 함량을 분석하기 위하여 standard로 DEET (*N,N*-diethyl-*m*-toluamide)와 diphenyl phthalate를 Aldrich에서 구입하여 사용했으며, 각각의 순도는 97%, 99%였다.

기피 검정법

가로 60×세로 30×높이 36 cm 규격의 기피실험 장치에 두 손을 상형장치 안으로 넣을 수 있도록 2개의 구멍을 두었고, 그 구멍으로부터 토시를 연결하여 손목과 앞 팔 부분을 모기의 공격으로부터 보호하도록 했다. 기피력 평가는 세 명의 성인 지원자 손을 이용했고, 한쪽 손은 처리구로, 다른 한쪽 손은 대조구로 했다. 처리구 손은 실험 전 0.12 g의 기피제를 손목부위까지 문질러 주었고, 각 시간대별로 5분씩 노출시켜 8시간까지 모기에 대한 각 제품의 기피력을 평가했다(Fig. 1A). 모기는 매 처리별 바꾸어 주었고 12시간 전부터 굶긴 후 적용하였으며, 실험 조건은 27±3℃, 80±10% RH로 유지시켰다.

장시간 경과에 따른 기피력 평가를 위하여 Fig. 1B와 같이 구멍을 뚫은 고무장갑 위에 기피제가 처리된 면포(shirt piece)를 올려 평가를 실시하였다. 이때 면포(Φ 5.5 cm)는 미리 모기기피제(5 mgcm⁻²)를 처리한 후 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 그리고 16일까지 시간이 경과되면서 직사

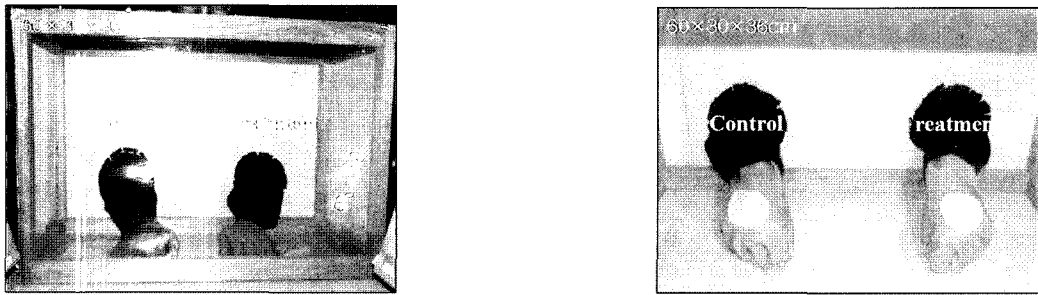


Fig. 1. Methods of repellency test using naked hands of volunteer (A) and shirt piece on rubber gloves worn over the hands (B).

광선이 들지 않는 상온에서 기피 주성분을 휘산시킨 샘플이며, 고무장갑의 손등면은 직경 5.5 cm로 오려서 준비하였다. 실험별 흰줄숲모기는 30마리씩 적용되었으며, 16일까지 각 날짜별로 나누어 5분씩 노출시키며 실시하였다. 이때 모기가 면포 위에 앉은 수와 흡혈한 수를 조사하였다. 모기의 기피효과는 t-test(SAS Institute, 1991)로 비교하였다.

기피주성분의 분석

각 제품의 제형별 기피 주성분인 DEET의 함량분석은 식품의약품안전청의 “기준 및 시험방법”에 준하여 GC 분석으로 실시하였으며(KFDA Bulletin), 분석 조건은 HP-1(0.25 mm×30 m) 컬럼으로 60~250°C(8°C/min)의 오븐 조건에서 FID로 검출하였다. 이때 에어로졸의 경우 -10°C의 냉동 조건에서 overnight한 후 작은 구멍을 뚫어 용기 내 분사제를 완전히 휘산시킨 후 남아있는 내용액을 분석 실험에 적용하였다.

또한 제품 적용 후 시간 경과에 따른 DEET의 잔존량 실험은 제품의 내용물과 반응이 일어나지 않는 면포를 구입하여 끓는 물에 세척 후 완전히 말려서 10×20 cm의 크기로 준비되었으며, 제품 1 g을 처리구 당 3반복으로 정확히 분사하여 직사광선이 들지 않는 실온에서 휘산시켰다. 각 날짜별, 0, 4, 8, 12, 16일까지 기피성분이 휘산된 면포는 수거하여 50 ml의 아세톤을 처리한 후 1분간 교반하고, 10 ml의 내부표준액(0.5% dephenyl phthalate)을 넣어주었으며, 다시 아세톤으로 100 ml까지 보정한 후 “기준 및 시험방법”의 GC 분석에 준하여 분석하였다.

결 과

기피력 비교평가

미국 T사의 C 제품(에어로졸)과 D 제품(로션)에 대하

여 국내 제품인 A 제품(에어로졸)과 B 제품(액제)을 비교 대상으로 기피 지속력을 평가하였다. 지원자의 손(naked hands)에 0.12 g의 기피제를 바른 후 8시간 동안 흰줄숲모기의 기피력을 검토한 결과(Table 1), C 제품은 6시간까지, D 제품은 4시간까지, 그리고 국내 제품인 A 제품과 B 제품은 각각 2시간대까지 100%의 기피율을 보임으로써 T사 제품이 우수하게 나타났다. 하지만 8시간까지의 평균 기피율에서 4종의 제품은 뚜렷한 차이가 없었다.

따라서 Fig. 2의 방법으로 5mgcm⁻²의 기피제가 처리되어 장시간(16일) 휘산 후 준비된 면포(shirt piece)를 구멍이 뚫린 고무장갑 위에 올려놓고, 흰줄숲모기의 landing 및 bites의 기피력 평가를 실시하였으며, 이때 제품은 국내 에어로졸 제형인 A 제품과 T사의 C 제품만을 적용하였다. 평가 결과(Table 2), 흰줄숲모기의 landing에서는 A 제품이 8일까지, C 제품은 10일까지 효과를 나타냈고, bites에서는 A 제품과 C 제품이 각각 10시간까지 기피력을 나타냄으로써 차이를 보이지 않았다.

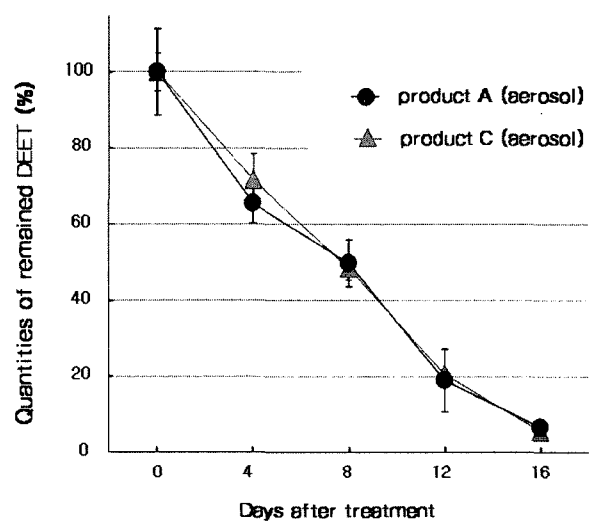


Fig. 2. The GC analysis of DEET quantities remained on shirt piece for 16 days after repellent treatment.

Table 1. Relative repellency of four mosquito repellents against *Ae. albopictus* for eight hours

HAT ^{a)}	Mean no. of mosquito landing±S.D (mean % repellent efficacy)							
	product A (aerosol)		product C (aerosol)		product B (lotion)		product D (liquid)	
	Control (C)	Treatment (T)	C	T	C	T	C	T
1	11.3±2.9a	0.0±0.0b (100)	3.7±5.5a	0.0±0.0b ^{b)} (100) ^{c)}	18.3±8.3a	0.0±0.0b (100)	3.7±5.5a	0.0±0.0b (100)
2	16.7±6.4a	0.0±0.0b (100)	8.7±10.3a	0.0±0.0b (100)	26.0±15.7a	0.0±0.0b (100)	8.7±10.3a	0.0±0.0b (100)
3	15.3±11.7a	0.3±0.6a (97.9)	16.7±14.0a	0.0±0.0b (100)	23.3±9.3a	0.3±0.6b (98.7)	16.7±14.0a	0.0±0.0b (100)
4	14.3±4.7a	0.7±0.6b (95.3)	9.0±9.2a	0.0±0.0b (100)	32.7±19.1a	1.3±1.5b (96.2)	9.0±9.2a	0.0±0.0b (100)
5	9.0±1.0a	0.0±0.0b (100)	20.3±8.4a	0.0±0.0b (100)	19.3±9.5a	0.3±0.6b (98.5)	20.3±8.4a	0.7±1.2b (92.2)
6	24.3±17.6a	0.7±0.6b (97.3)	9.3±11.0a	0.0±0.0b (100)	20.3±5.5a	3.0±2.6b (87.1)	9.3±11.0a	0.0±0.0b (100)
7	17.3±15.0a	0.3±0.6b (98.3)	9.0±2.6a	1.3±1.2b (87.4)	25.3±19.6a	3.7±4.7a (87.2)	9.0±2.6a	0.7±1.2b (89.1)
8	11.7±9.5a	0.3±0.6b (97.5)	10.0±10.5a	3.3±5.8b (75.2)	17.3±6.4a	1.3±1.5b (93.0)	10.0±10.5a	1.0±1.7b (88.9)
Mean	15.0±8.6a	0.3±0.4b (98.1±1.7)	10.8±8.9a	0.6±0.9b (94.9±9.3)	22.8±11.7a	1.2±1.4b (95.1±5.0)	10.8±8.9a	0.3±0.5b (96.3±4.9)

^{a)} HAT: Hours after treatment

^{b)} Means followed by same letter are not significantly different ($P=0.05$ t-test, SAS Institute, 1991)

^{c)} Repellency(%)=C/(T+C)×100.

Table 2. Relative repellency of product A (aerosol) and product C (aerosol) against *Ae. albopictus* for 16 days

DAT ^{a)}	Mean no. of mosquito landing±S.D (mean % repellent efficacy)				Mean no. of mosquito bites±S.D (mean % repellent efficacy)			
	product A		product C		product A		product C	
	Control (C)	Treatment(T)	C	T	C	T	C	T
1	19.7±24.9a	0.0±0.0b (100.0)	1.0±0.3a ^{b)}	0.0±0.0b (100.0) ^{c)}	11.3±7.1a	0.0±0.0b (100.0)	12.0±8.2a	0.0±0.0b (100.0)
2	7.3±6.0a	0.0±0.0b (100.0)	4.7±0.6a	0.0±0.0b (100.0)	10.0±0.0a	0.0±0.0b (100.0)	43.7±45.2a	0.0±0.0b (100.0)
4	19.7±24.9a	0.0±0.0b (100.0)	3.3±0.6a	0.0±0.0a (100.0)	31.7±41.8a	0.0±0.0b (100.0)	3.7±0.6a	0.0±0.0b (100.0)
6	14.3±8.1a	0.0±0.0b (100.0)	37.7±27.6a	0.0±0.0b (100.0)	8.0±7.2a	0.0±0.0a (100.0)	28.3±16.5a	0.0±0.0b (100.0)
8	23.3±9.0a	0.0±0.0b (100.0)	8.3±7.0a	0.0±0.0b (100.0)	38.7±47.1a	0.0±0.0b (100.0)	19.0±12.5a	0.0±0.0b (100.0)
10	4.0±1.0a	0.3±0.6a (93.0)	4.3±4.2a	0.0±0.0b (100.0)	9.3±2.1a	0.0±0.0b (100.0)	7.7±5.5a	0.0±0.0b (100.0)
12	22.7±12.7a	0.0±0.1b (100.0)	23.0±12.3a	1.3±1.3b (94.7)	57.7±19.7a	0.3±0.6b (97.0)	36.0±16.8a	1.0±1.7b (90.8)
14	17.7±4.5a	2.0±2.0b (89.8)	44.7±26.5a	1.7±1.2b (96.4)	16.7±3.2a	1.3±1.5b (92.6)	51.7±15.9a	1.3±1.5b (97.5)
16	9.0±5.6a	1.0±1.0b (90.0)	10.7±7.0a	3.0±2.6b (78.0)	18.3±6.1a	5.7±3.5b (76.4)	34.7±22.2a	5.0±2.0b (87.4)
Mean	15.3±10.8a	0.4±0.4b (97.6±4.8)	15.3±9.5a	0.7±0.6b (95.8±7.2)	22.4±14.9a	0.8±0.6b (96.5±7.8)	26.3±15.9a	0.8±0.6b (97.0±4.8)

^{a)} DAT: Days after treatment

^{b)} Means followed by same letter are not significantly different ($P=0.05$ t-test, SAS Institute, 1991)

^{c)} Repellency(%)=C/(T+C)×100.

DEET의 잔존량 분석

장기간 경과 시 면포에 남아있는 DEET의 잔존량을 control, 4일, 8일, 12일 그리고 16일 경과에 따라 평가한 결과, 장기간의 기피효력 평가와 같은 결과를 보였다(Fig. 2). 즉, A 제품(에어로졸)과 C 제품(에어로졸)의 시간경과 별 기피 주성분(DEET) 잔존량은 비슷한 양상을 보였다.

고 찰

DEET는 오랜 기간 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 범용기피제 성분이다. 높은 피부 침투성으로 임산부나 어린아이에게 아직 인체 안전성이 입증되지 않았고(Qiu et al., 1997; Koren et al., 2003), 사용 시 플라스틱이나 합성섬유가 변색되는 문제점 등을 안고 있으나 아직 국내 기피제의 대부분은 DEET를 주성분으로 사용하고 있다. DEET 주성분의 모기 기피제를 피부나 옷에 적용했을 때, DEET 성분은 체온이나 땀 등에 의하여 DEET 성분이 쉽게 휘산 또는 분해된다고 보고된 바 있다(Rueda et al., 1998; Mark et al., 2002). 이와 같은 DEET의 단점을 보완하기 위하여 DEET 처방에 polymer를 혼합 처방하거나 DEET 주성분 자체를 마이크로캡슐화하는 방법이 연구되었다(Annis, 1991; Mehr et al., 1985). 본 연구에서 검토된 미국 T사의 제품도 같은 목적으로 제품 내 polymer를 함유하고 있는 것으로 보고되었으며(How effective are DEET repellents?, 2004), C 제품은 8시간을, D 제품은 12시간의 기피지속성에 대한 특징을 강조하고 있다. 이와 반대로 국내 제품은 대부분 지속시간 표기를 하지 않고 있으므로 미국의 T사 두 제품과 기피효력을 비교 실시하였다. Fig. 1B의 방법으로 손(naked hands)을 이용했을 때는 T사 제품이 국내 제품에 비해 기피 지속력을 나타냈으나 평균 기피율에서는 차이가 없었으며, 또한 Fig. 1A의 방법으로 면포를 이용하여 장시간의 기피력 및 DEET 잔존량 분석에서도 전혀 차이가 없었다. Koren et al. (2003) 과 Miller(2004)는 기피 지속시간이 제품 내 기피 주성분인 DEET의 함량과 비례하지 않는다고 보고하였다. 그리고 본 실험에서 사용된 4종류 기피제의 내용물 100 g 중 DEET 함량은 국내 S사의 A제품(에어로졸)이 20.65 g(실제 분석값, 미발표), B제품(액제)이 24.00 g이고, T사의 C 제품(에어로졸)이 23.75 g, D 제품(로션)이 31.58 g이다. 즉, 본 결과에서도 단지 제품 내 DEET의 함량과 기피지속력은 정비례하지 않음을 확인할 수 있었다. “How effective are DEET repellents?”에서 T사 제품

은 내용물 내 기피주성분의 피부침투 보호 및 기피력의 장기간 지속을 위하여 polymer를 함유하고 있다고 보고하였다. 하지만 국내 제품과의 비교에서 사람 손(naked hands)에서의 100% 기피 시간을 제외하고는 뚜렷한 차이점을 보이지는 않았다(Table 2). 본 연구에서 미국의 T사 제품 내 함유된 polymer가 사람 손(naked hands)에서 기피 지속성을 나타낸 점에 대한 상관관계는 평가되지 않았으나 향후 기피력을 지속시키기 위한 방법과 함께 연구가 이어질 것이다.

사 사

이 논문은 2004년 식품의약품안전청의 지원에 의하여 수행되었다.

Literature Cited

- Annis, B. 1991. Comparison of the effectiveness of two Deet formulation against *Aedes albopictus* in the philippines. J. Am. Mosq. Control Assoc. 7: 543~546.
- Catangui, M.A. and J.A. Wilson. 2003. Personal mosquito repellents available in South Dakota-2003. College of Agriculture & Biological Sciences. South Dakota State University; Available: <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx8147.pdf>.
- Davis, E.E. 1985. Insect repellents: concepts of their mode of action relative to potential sensory mechanisms in mosquitoes (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 22: 237~243.
- Epstein, P.R. 2000. Is global warming harmful to health?. Scientific American. August. 50~57.
- Frances, S.P. and R.D. Cooper. 2002. Personal protection measures against mosquitoes. ADF Health. 3: 58~63.
- How effective are DEET repellents?. 2004. Available: <http://lancaster.un1.edu/neblinc/2004/aug04/page03.pdf>
- Koren, G., D. Matsui and B. Bailey. 2003. DEET-based insect repellents: safety implications for children and pregnant and lactating women. CMAJ. 169: 209~212.
- Mark, S. and M.D. Fradin. 1998. Mosquitoes and mosquito repellents: a clinician's guide. Annals of Internal Medicine. 128: 931~940.
- Mark, S., M.D. Fradin and F.D. John. 2002. Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. N. Engl. J. Med. 347: 13~18.
- Martens, W.M., T.H. Jetten and D.A. Focks. 1997. Sensitivity of malaria, schistosomiasis and dengue to global warming. Climatic Change. 35: 145~156.
- Mehr, Z.A., L.C. Rutledge, E.L. Morales, V.E. Meixsell and D.W. Korte. 1985. Laboratory evaluation of controlled-release insect repellent formulation. J. Am. Mosq. Control Assoc. 1: 143~147.
- Miller, P. 2004. Avoiding the bite: update on DEET. Canadian Pharmaceutical Journal/Revue Pharmaceutique Canadienne (CPJ

- /RPC). 2004: 44~47.
- Partz, J.A. 2004. Global warming. *BMJ* 328: 1269~1270.
- Personal insect repellents containing DEET(*N,N*-diethyl-*m*-toluamide and related compounds) [Re-evaluation decision document RRD2002-01]. Ottawa: Pest Management Regulatory Agency. Health Canada; 2002. Apr. 15. Available: www.pmr-arla.ca/english/pdf/rrd/rrd2002-01-e.pdf
- Pitasawat, B., W. Choochote, B. Tuetun, P. Tippawangkosol, D. Kanjanapothi, A. Jitpakdi and D. Riyong. 2003. Repellency of aromatic turmeric *Curcuma aromatica* under laboratory and field conditions. *J. Vec. Ecol.* 28: 234~240.
- Qiu, H., H. Won Jun and J. Tao. 1997. Pharmacokinetics of insect repellent *N,N*-diethyl-*m*-toluamide in Beagle Dogs following intravenous and topical routes of administration. *J. of Pharmaceutical Sciences.* April. 514~516.
- Rozendaal, J.A. 1997. Vector control. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Rueda, L.M., L.C. Rutledge and R.K. Gupta. 1998. Effect of skin abrasions on the efficacy of the repellent DEET against *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14: 178~182.
- Tawatsin, A., S.D. Wratten, R.R. Scott, U. Thavara and Y. Techedamrongsin. 2001. Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. *J. Vec. Ecol.* 26: 76~82.

(Received for publication 7 November 2005;
accepted 12 December 2005)