

밤바구미 방제를 위한 살충제의 탐색

김영재* · 한종빈¹ · 서동규¹ · 김연태 · 박병규 · 최광식² · 김철수² · 신상철² · 이상길³ · 김길하¹

충남산림환경연구소, ¹충북대학교 식물의학과, ²국립산림과학원 산림병해충과, ³남부산림연구소

요약 : 시판되고 있는 39종의 살충제 중 밤바구미 성충(*Curculio sikkimensis*)에 대한 우수 살충제를 탐색하고, 선발된 약제로 야외포장에서 잔효성과 방제효과를 조사하였다. 실내검정에서 39종의 살충제 중 100%의 살충율을 나타낸 약제는 chlorpyrifos, fenitrothion, phenthoate, benfuracarb, thiodicarb, carbosulfan, bifenthrin, cypermethrin, λ -cyhalothrin, deltamethrin, clothianidin, acetamiprid+bifenthrin, etofenprox+diazinon, esfenvalerate+fenitrothion, furathiocarb+diflubenzuron, fipronil 등 16종이었다. 잔효성 시험에서는 phenthoate, benfuracarb, thiodicarb가 1일째까지는 80% 이상을 나타내었으나 그 이후로는 급속히 떨어졌다. 그 외 약제들도 잔효성은 낮았다. 야외포장 방제효과 시험에서는 phenthoate, thiodicarb, fipronil, acetamiprid+bifenthrin, furathiocarb+diflubenzuron이 1일째부터 90% 이상의 높은 방제효과를 나타내었다.(2004년 11월 19일 접수, 2004년 12월 20일 수리)

서 론

밤나무(*Castanea crenata*)는 연평균 12℃의 등온선을 중심으로 아열대 중앙부에서 온대 북부까지 분포하고 있으며, 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등 아시아지역과 북미, 이탈리아, 프랑스, 호주 등에서 재배되고 있다(추 등, 2001). 우리나라 밤 생산 산업은 고부가가치 산업으로 생산액이 연간 약 2천 1백억원에 달하고 8,900만 달러의 수출 실적을 올리고 있다(임업통계연보, 2003).

밤을 재배하는 동안 직접 또는 간접적으로 피해를 주는 해충은 217종이며, 그 중 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)는 가장 중요한 해충으로 알려져 있다(김과 김, 1984; 박 등, 1984). 이 해충은 종피와 과육 사이에 산란하며 부화한 유충이 과육을 먹고 자라는데 배설물을 밖으로 배출하지 않으므로 밤을 잘라 보거나 유충이 탈출하기 전까지는 피해를 식별하기가 어렵기 때문에 상품성과 저장성을 크게 떨어뜨린다(강 등, 1978; 박 등, 1984; 이와 정, 1997). 최근 환경친화적방제와 친환경농산물이 시중에 차지하는 비율이 높아지면서 새로운 방제제 개발이 시도되고 있다(신 등, 1998; 추 등, 2001). 특히 밤은 농산물 중에서 수출품목 1위임에도 불구하고 밤바구미의 방제약제로 파프(phenthoate) 분제 1종만이 등록되어 있을 뿐이다(농약

사용지침서, 2004). 밤생산도 새로운 친환경적 생산체제를 갖추지 않으면 앞으로 국내외 시장에서의 경쟁력을 갖출 수 없을 것이다. 그러므로 환경친화적인 저독성 살충제의 선발과 등록이 시급히 요구된다.

이에 본 연구는 농업해충의 방제약으로 등록되어 있는 39종의 약제(농약사용지침서, 2004)에 대한 밤바구미 성충의 살충제 감수성을 조사하여 살충활성이 높은 살충제를 선발하고자 시도하였다. 소규모 실험으로 선발된 약제로 포장에서 잔효성과 방제효과를 조사하여 방제약제로 이용하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

실험에 사용된 밤바구미는 2003년 10월에 공주, 부여, 청양지역 만생종 밤에서 유충을 채집하여 사육상자(60×40×15cm) 100개를 만들어 산림토양을 넣고, 표면에 톱밥을 3cm정도 깔아 지피물 역할을 해주었다. 그 위에 한 상자당 유충 1,000마리를 방사하고, 가온되지 않는 창고에 넣어두었다가 이듬해 우화한 성충(2004. 7~8월)을 실험에 이용하였다.

실험약제

실험에 사용된 살충제는 유기인제 7종, 카바메이트제 4종, 피레스로이드제 6종, 네오니코티노이드제 5

*연락처

종, 향생제 4종, 혼합제 10종, 기타 3종으로 모두 39종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분 및 추천농도(ppm)는 표 1과 같다.

약제처리방법

살충활성 검정 : 실험약제를 추천농도로 증류수에 희석하여 밤바구미 성충을 약액에 5초간 침지한 후 밤나무 잎을 넣은 원통형 플라스틱용기 (Φ 10 × 5 cm)에 5마리씩 접종하였다. 무처리는 약제가 희석되지 않은 증류수에 처리하였다. 처리 24시간 후 살충률을 조사하였으며, 실험은 3-4반복으로 수행하였다.

잔효성 시험 : 잔효성 시험(2004년 8월, 공주시 반포면 밤재배원)은 살충활성 검정에서 선발된 약제를 추천농도(ppm)로 희석한 후 밤나무 가지에 분무하였다. 처리 1, 3, 7, 10일 후 가지를 절단하여 수분유지를 위해 물에 적신 솜을 절단면에 부착하고 비닐로 봉한 다음 아크릴 사육상자(Φ 10 × 높이 30 cm)에 넣고 성충을 접종하여 24시간 후에 살충률을 조사하였다. 시험은 3반복으로 수행하였다.

방제효과 시험 : 방제효과 시험(2004년 8월, 공주시 반포면 밤재배원)은 잔효성 시험과 같은 방법으로 나뭇가지에 분무하여 10분 동안 건조시킨 것에 성충을 접종하고 3면이 봉해진 나이론 망사(Φ 150 × 180 cm)를 씌운 후 끈으로 묶어 성충이 망 밖으로 이탈하는 것을 막았다. 1, 2, 3일 후 살충률을 조사하였고, 시험은 3반복으로 하였다.

자료분석 : 접촉독성실험에서 살충률에 대한 결과는 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991)로 비교하였다.

결과 및 고찰

성충에 대한 살충제별 치사효과

시판되고 있는 농업용 살충제를 추천농도(ppm)로 희석하여 밤바구미 성충을 5초간 침지한 후 살충률을 조사한 결과는 표 1과 같다. 밤바구미 성충에 대해 100%의 살충률을 보인 약제는 유기인계의 chlorpyrifos, fenitrothion, phenthoate, 카바메이트계 benfuracarb, carbosulfan, thiodicarb, 피레스로이드계 bifenthrin,

cypermethrin, λ-cyhalothrin, deltamethrin, 네오니코티노이드계 clothianidin, 합제 acetamiprid+bifenthrin, esfenvalerate+fenitrothion, etofenprox+diazinon, furathiocarb+diflubenzuron, 그리고 페닐피라졸계의 fipronil 이었다. 그리고 dichlorvos와 chlorfenapyr+bifenthrin은 각각 93.3%를 나타내었고, 그 외 약제들은 효과가 낮았다. 즉 밤바구미는 살충제의 종류에 따라 높은 감수성차이를 나타내었다. 현재 밤바구미 방제약으로 등록된 phenthoate와(농약사용지침서, 2004)에도 살충활성이 인정된 약제들도 적용이 가능할 것으로 생각된다.

잔효성

밤바구미 성충에 대한 잔효성 실험은 살충활성 검정에서 살충효과가 좋은 11종의 살충제에 대하여 추천농도로 밤나무 가지에 분무처리하고 10일까지 조사한 결과는 그림 1과 같다. 밤나무 가지에 대해서 처리 1일째에는 phenthoate가 95%로 가장 높은 살충율을 나타내었고, benfuracarb, thiodicarb는 80% 이상의 살충율을 나타내었으나, 다른 9종의 살충제는 살충률이 80% 이하로 낮은 효과를 나타내었다. 또한 처리 3일째에 phenthoate, thiodicarb, carbosulfan, esfenvalerate+fenitrothion, acetamiprid+bifenthrin, fipronil은 20%이하로 급속히 떨어졌으며, 단지 benfuracarb, λ-cyhalothrin, ethofenprox+diazinon, furathiocarb+diflubenzuron만이 40~70%의 잔효성을 나타내었다.

일반적으로 살충제들은 정도의 차이는 있으나 잔효성이 있는 것으로 보고되고 있다(김 등, 2001; 유 등, 2001, Athanassious 등, 2004). 밤바구미에 대한 연구보고는 아니지만, 김 등(2001)은 아메리카잎굴파리에 대한 7종약제의 잔효성 비교에서 abamectin, emamectin benzoate, milbemectin은 약제처리 후 10일째까지 90% 이상의 살충활성을 나타내었으며, 14일째에도 80% 이상의 잔효율을 나타내었다고 보고하였다. 또 유 등(2001) 털두꺼비하늘소에 대한 잔효성은 benfuracarb가 15일째까지, λ-cyhalothrin은 20일째까지 90% 이상의 살충활성을 나타내었다고 보고하였다. Athanassious 등(2004)은 쌀바구미성충에 대한 잔효성 deltamethrin, β-cyfluthrin은 3.5개월까지도 높은 살충활성을 보고하였다. 그러나 본 실험에 사용된 약제들은 잔효성이 낮았으며, 특히 3일째에는 급격히 떨어졌다. 잔효성이 급격히 떨어지는 원인에 대해서 정확히 알 수 없으나, 시험시기가 가장 더운 한 여름(2004. 8월)에 살충

Table 1. Comparative toxicities of 39 insecticides against *C. sikkimensis* adult by body dipping method

Common name	AI (%) & Formulation	Recommended Conc.(ppm)	n	Mortality (%) ^{a)}	
<i>Organophosphates</i>					
Acephate	50 WP	500	14	40.0±40.0	c-f
Chlorpyrifos	25 WP	250	14	100.0±0.0	a
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	321.5	14	73.3±30.6	a-c
Dichlorvos	50 EC	500	15	93.3±11.5	ab
Fenitrothion	50 EC	500	14	100.0±0.0	a
Flupyrzofos	10 EC	100	19	30.0±20.0	c-f
Phenthoate	47.5 EC	475	12	100.0±0.0	a
<i>Carbamates</i>					
Benfuracarb	30 EC	300	14	100.0±0.0	a
Carbosulfan	20 SC	200	15	100.0±0.0	a
Indoxacarb	10 WP	50	19	62.5±47.9	a-d
Thiodicarb	40 WP	200	18	100.0±0.0	a
<i>Pyrethroide</i>					
Bifenthrin	2 WP	10	15	100.0±0.0	a
Cypermethrin	5 EC	50	15	100.0±0.0	a
λ-cyhalothrin	1 EC	10	20	100.0±0.0	a
Deltamethrin	1 EC	10	15	100.0±0.0	a
Esfenvalerate	1.5 EC	15	15	80.0±38.3	ab
Etofenprox	20EC	200	15	67.5±10.6	a-d
<i>Neonicotinoids</i>					
Acetamiprid	8 WP	40	14	16.7±28.9	ef
Clothianidin	8 SC	40	13	100.0±0.0	a
Imidacloprid	10 WP	50	15	33.3±23.1	c-f
Thiamethoxam	10 WP	50	15	33.3±23.1	c-f
Thiacloprid	10 SC	50	15	33.3±23.1	c-f
<i>Antibiotics</i>					
Abamectin	1.8 EC	6.03	19	70.0±20.0	a-c
Emamectin benzoate	2.15 EC	10.75	15	33.3±11.5	c-f
Milbemectin	1 EC	10	20	10.0±11.5	ef
Spinosad	10 WG	50	13	15.0±13.2	ef
<i>Mixtures</i>					
Acetamiprid+bifenthrin	2+1.5 WP	20+15	15	100.0±0.0	a
Acetamiprid+etofenprox	25+8 WP	25+80	15	46.7±11.5	c-f
Chlorfenapyr+bifenthrin	20+7 WP	200+70	15	93.3±11.5	ab
Diflubenzuron+chlorpyrifos	7+20 WP	70+200	15	80.0±20.0	bc
Esfenvalerate+fenitrothion	1.25+15 WP	12.5+150	15	100.0±0.0	a
Etofenprox+diazinon	8+25 WP	80+250	15	100.0±0.0	a
Furathiocarb+diflubenzuron	9+7 WP	90+70	15	100.0±0.0	a
Imidacloprid+chlorpyrifos	2.5+15 WP	25+150	15	73.3±30.6	cd
Imidacloprid+methoxyfenozide	4+8 WP	20+40	15	66.7±11.5	a-d
Methiocarb+imidacloprid	20+3 WP	200+30	15	60.0±20.0	a-d
<i>Others</i>					
Chlorfenapyr	5 WP	50	13	8.3±14.4	f
Fipronil	5 SC	50	13	100.0±0.0	a
Thuricide	16 WP	20	13	0.0±0.0	f

^{a)}Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991).

제를 처리하였기 때문에 고온으로 빨리 분해되어 효과가 급격히 떨어진 것으로 생각된다. 잔효성이 우수한 살충제는 처리 후 상당기간 동안 재차 처리 없이도 지속적인 방제효과를 보이기 때문에 경제적이라 할 수 있지만 반대로 잔효성이 길어 잔류독성을 야기시킨다면 환경에 미치는 부작용이 크기 때문에 사회적인 문제가 될 수 있다. 그림 1의 결과에서 잔효성이 낮은 것은 환경친화형 농약개발의 필요성을 고려해 볼 때 적합하며, 또한 환경오염을 유발시킬 가능성이 적은 약제라 생각된다.

방제효과

표 1에서 효과가 좋았던 13종의 살충제에 대하여 추천농도로 밤나무림에서 시험한 결과는 표 2와 같다. 살충제 처리 1일째에는 밤바구미 성충에 대해 thiodicarb는 100%, fipronil, phenthoate, acetamiprid+bifenthrin, furathiocarb+diflubenzuron이 각각 93.0, 97.0, 95.0, 99.0%의 높은 방제효과를 나타내었고, 처리 2일째에는 clothianidin (81.0%)을 제외한 12종의 살충제에서 90% 이상의 방제효과를 나타내었으며, 3일째에는 시험약제 모두 94%이상의 방제효과를 나타내어 밤바

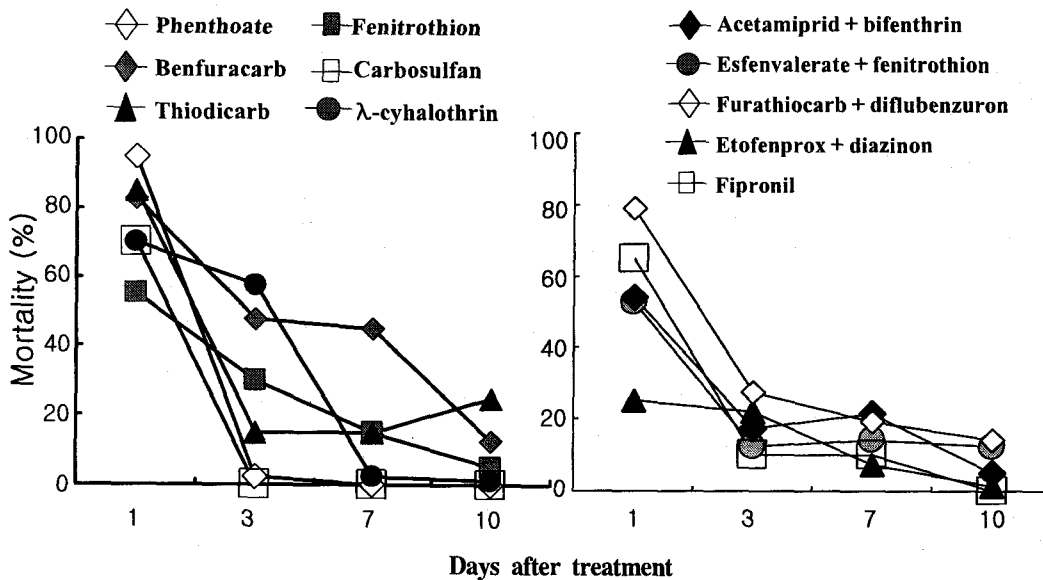


Fig. 1. Residual effects of 11 insecticides against *C. sikkimensis* adults under the field condition.

Table 2. Control effects of insecticides against *C. sikkimensis* adults under field condition

Insecticide	Conc. (ppm)	n	Control values (%) ^{a)}		
			1 DAT ^{b)}	2 DAT	3 DAT
Benfuracarb	200	60	70.0±15.4 a	94.0±4.2 a	95.0±5.0 a
Carbosulfan	200	40	80.0±7.0 a	90.0±7.1 a	97.5±3.5 a
Chlorpyrifos	250	40	83.0±11.5 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Clothianidin	40	40	27.0±20.8 a	81.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Fenitrothion	500	40	81.0±12.7 a	97.0±4.8 a	100.0±0.0 a
Fipronil	50	40	93.0±6.0 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Phenthoate	475	40	97.0±6.0 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Thiodicarb	300	40	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
λ-Cyhalothrin	10	40	25.0±22.0 b	94.0±4.8 a	100.0±0.0 a
Acetamiprid+bifenthrin	20+15	60	95.0±7.1 a	99.0±2.2 a	100.0±0.0 a
Esfenvalerate+fenitrothion	12.5+150	60	84.0±9.0 a	90.0±10.0 a	94.0±6.5 a
Etofenprox+diazinon	80+250	60	89.0±10.0 a	92.0±9.1 a	98.0±2.7 a
Furathiocarb+diflubenzuron	90+70	60	99.0±2.2 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a

^{a)}Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1991).

^{b)}Days after treatment.

구미의 방제약제로 유용할 것으로 생각된다. 밤바구미의 약제방제에 관한 연구보고가 거의 없기 때문에 비교하기가 어렵지만, 강 등(1978)은 밤재배원에서 13종의 살충제에 대한 밤바구미의 방제효과는 BHC 2% 분제, Dep 4%분제 그리고 NAC 50% 수화제가 효과적인 약제라고 했다. 하지만 BHC는 현재 사용이 중지된 농약이고, Dep 4%와 NAC 50%는 밤바구미 방제약이 아니다. 최근에 최 등(2001)이 곤충병원성 선충(*Steinernema carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora*)을 이용한 밤종실 해충인 밤바구미, 복숭아명나방, 밤애기잎말이나방 유충의 방제에 이용 가능성을 보고하였다. 특히 밤은 주요 수출농산물품목으로 고품질의 밤을 생산하여 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 다수의 친환경적 저독성 살충제의 등록이 필요하다.

이상의 결과를 종합해보면, 밤바구미의 방제시험에서 높은 효과를 나타낸 chlorpyrifos, fenitrothion, phenthoate, benfuracarb, carbosulfan, thiodicarb, λ-cyhalothrin, clothianidin, fipronil, acetamiprid+bifenthrin, esfenvalerate+fenitrothion, etofenprox+diazinon, furathiocarb+diflubenzuron이 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

Athanassios, C.G. A.S. Papagregorius, and C.Th. Buchelos (2004) Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored wheat cyfluthrin.

J. Stored Products Research. 40:289~297.
 SAS Institute (1991) SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.
 강정유, 임주빈, 이범영 (1978) 밤나무 종실해충 방제 시험. 임시연보. 25:99~110.
 김길하, 이영수, 박선영, 박용석, 김정화 (2001) 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)에 대한 살충활성과 방제효과. 한국농약과학회지. 5:46~54.
 김규진, 김종균 (1984) 전남지역에 있어서 밤바구미의 피해상황과 우화 및 활동에 관한 연구. 한식지. 23:132~136.
 농약사용지침서 (2004) 농약공업협회. p.530.
 박지두, 박기남, 고재호 (1984) 밤바구미의 산란시기 및 그 피해와 참나무림과의 관계. 임시연보. 31:152~159.
 신상철, 최광식, 이상명, 문일성, 부경생, 정진교, 한경식, 정천해, 박재우(1998) 밤바구미 유인제 개발. 농림부. p.81.
 이범영, 정영진 (1997) 한국수목해충. 성안당. pp.244~245.
 임업통계연보(2003) 산림청. 33호.
 유정수, 김길하, 이상길, 박지두 (2001) 표고원목해충인 털두꺼비하늘소에 대한 benfuracarb와 λ-cyhalothrin의 방제효과. 한국농약과학회지. 5:47~49.
 추호열, 김형환, 이동운, 이상명, 박선호, 추영무, 김종갑 (2001) 밤 종실해충 방제를 위한 곤충병원성 선충, *Steinernema carpocapsae* 포천계통과 *Heterorhabditis bacteriophora* 함양계통의 실용적 활용. 한응곤지. 40:69~76.

Selection of Insecticides for Controlling Chestnut Curculio (*Curculio sikkimensis*)

Young-Jae Kim*, Jong-Been Han¹, Dong-Kyu Seo¹, Yeon-Tae Kim, Byeong-Kyu Park, Kwang-Sik Choi², Chul-Su Kim, Sang-Chul Shin², Sang-Gil Lee³ and Gil-Hah Kim¹(*Chungnam Institute of Forest Environment Research, ¹Dept. of Plant Medicine, Chungbuk National University, ²Korea Forest Research Institute, ³Nambu Institute of Forest Research*)

Abstract : Susceptibility of *Curculio sikkimensis* adults to 39 commercial insecticides were evaluated by body dipping method. Among them sixteen insecticides of chlorpyrifos, fenitrothion, fipronil, phenthoate, benfuracarb, thiodicarb, carbosulfan, bifenthrin, cypermethrin, λ -cyhalothrin, deltamethrin, clothianidin, acetamiprid + diflubenzuron, etofenprox + diazinon, esfenvalerate + fenitrothion and furathiocarb + diflubenzuron showed 100% mortality. Insecticides with over 80% residual effect at 1 day after treatment were phenthoate, benfuracarb and thiodicarb (95.0, 82.5, and 85.0%, respectively). However, after that, it was dropped rapidly. Other insecticides showed low residual effect. In the control efficacy test on *C. sikkimensis*, insecticides with over 90% control values at 1 day after treatment were phenthoate, thiodicarb, fipronil, acetamiprid + bifenthrin and furathiocarb + diflubenzuron. However, all insecticides from 2 days after treatment were over 90%.

Key words : *Curculio sikkimensis*, body dipping method, insecticide, control efficacy.

*Corresponding author (E-mail : rornfl33@hanmail.net)