

식물정유와 파라핀오일이 검거세미나방에 미치는 영향

이동운^{1*} · D.A. Potter²

¹경북대학교 생태환경관광학부 생물응용전공, ²Department of Entomology, University of Kentucky

Effect of Essential Oils and Paraffin Oil on Black Cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae)

Dong Woon Lee^{1*} and D.A. Potter²

¹Major of Applied Biology, School of Environmental Ecology and Tourism, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongbuk, 742-711, Republic of Korea

²Department of Entomology, University of Kentucky, Lexington, KY 40546, USA.

(Received on January 25, 2013; Revised on February 20, 2013; Accepted on March 15, 2013)

ABSTRACT. The black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), damages various cultivated crops and it can also be a serious pest of turfgrass, especially on golf courses. Essential oils have potential as alternative control agents for insect pests. Sixteen essential oils (anise, camphor, cinnamon, citronella, clove, fennel, geranium, lavender, lemongrass, linseed, neem, peppermint, pine, thyme, turpentine and tea saponin) and paraffin oil were assessed in the laboratory, the green house and field trials for their efficacy against black cutworms in turf. Treatment of potted cores of perennial ryegrass turf with anise, cinnamon, neem, paraffin or turpentine reduced black cutworm damage in a greenhouse trial, and in a similar trial, applying neem oil at 4000, 2000 and 1000 ppm resulted in 100, 100 and 64% mortality, respectively, of black cutworms. Weight of survivors at the 1000 ppm rate was 5- fold less than weight of comparably-aged controls. Neem oil (2000 ppm) reduced growth of black cutworms feeding on treated clippings. A high rate of neem oil followed by irrigation (0.1 L of 20000 ppm neem oil with 0.9 L watering/m²) was more effective than a lower concentration (1 L of 2000 ppm neem oil/m²) against 2nd and 3rd instars in potted turf cores and field plots, respectively. However, not even the aforementioned higher rate effectively controlled 4th instars in the field.

Key words: *Agrotis ipsilon*, Environmental friendly control, Essential oil, Neem oil, Turfgrass

서 론

잔디는 조경소재로서 다양하게 활용 될 뿐만 아니라 지표면을 피복시켜 물의 유실과 토양침식을 방지해 주며, 먼지와 소음의 감소, 공기정화, 기온조절, 산소순환 등 다양한 기능을 가지고 있다(Kim, 1991). 또한 도심이나 주택가 주변, 공장지대 및 건물 주변의 잔디는 다양한 토양서식 동물들과 곤충류 등에 서식 공간을 제공하여 도심지의 생태계 다양성을 제공하는 역할을 하기도 한다. 아울러 공원지나 축구장, 야구장 등의 경기장에 조성된 잔디는 레크레이션 활동의 편안함과 경기력 향상 및 부상 방지의

역할도 한다(Potter, 1998).

잔디는 소비지의 형태에 따라 집약적 관리와 일반적 관리, 그리고 방치적 관리로 구분할 수 있는데 경기장이나 골프장 등은 집약적 관리가 필요한 곳이고, 묘지 잔디나 비탈면의 사방 목적 잔디는 방치형이 되며 잔디 재배지나 공원은 일반적인 관리가 이루어지는 곳이다.

잔디의 재배나 이용 면적이 증가함에 따라 잔디를 가해하는 해충의 종류도 증가하고 있는데 우리나라에서는 6목 10과 28종이 기록되어 있다(Choo et al., 2000). 해충에 의한 잔디의 주요 피해로는 풍뎡이 유충에 의한 뿌리 피해와 밤나방이나 포충나방류 등의 유충에 의한 엽 피해가 있다.

나방류 해충들 중 검거세미나방(*Agrotis ipsilon*)은 비경제작물은 물론이고, 잔디나 옥수수(*Zea mays*), 목화(*Gossypium hirsutum*), 담배(*Nicotiana tabacum*), 밀(*Triticum aestivum*)이나 각종 채소작물 등 경제작물에 피해를 일으키고 있다

*Corresponding author.

Phone) +82-54-530-1212, FAX) +82-54-530-1218

E-mail) whitegrub@knu.ac.kr

(Showers, 1997).

검거세미나방 유충은 유묘를 비롯하여 식물줄기, 잎, 구근, 괴경 등을 가해하며 골프장에서는 티나 그린, 페어웨이의 잔디를 가해한다. 특히 피해를 받은 그린잔디는 높이가 달라 골프공의 구름이나 방향을 빗나가게 하고, 심하게 피해를 받은 잔디는 고사하기도 한다(Potter, 1998; Showers, 1997). 검거세미나방의 피해는 벤트그라스나 라이그라스, 베티다그라스, 오차드그라스 등 한지형 잔디에서 피해가 심한 편이다. 그러나 난지형 잔디인 들잔디와 금잔디에도 피해를 주고 있다. 우리나라를 비롯한 일본, 중국 등의 아시아 국가와 북아프리카, 유럽, 호주, 뉴질랜드, 하와이, 캐나다, 미국, 멕시코 등 전세계적으로 잔디에 피해를 입히고 있다(Showers, 1997).

골프장에서는 검거세미나방에 의한 피해가 크기 때문에 주로 살충제에 의한 방제방법을 택하고 있다. 그러나 살충제에 대해서는 골퍼들의 거부감이 강하여 골프장과 공원, 주택지 주변의 경우 대체 방법이 요구되고 있지만 환경친화적 관리법에 관한 연구는 많지가 않은 편이다.

Lopez와 Potter (2000)는 개미가 검거세미나방 1령충에 높은 포식율을 보여 골프장에서 잠재적인 천적으로 평가한 바 있고, Williamson과 Potter (1997a)는 퍼팅 그린의 반복적인 깎기 작업도 검거세미나방 유충 밀도를 낮춘다고 하였다. 그리고 잔디의 종류에 따라 검거세미나방의 발육은 차이가 있기도 하는데, 크리핑벤트그라스 ‘Pennncross’에 비해 Kentucky bluegrass ‘Adelphi’, ‘Kenblue’, ‘Midnight’ 등에서는 그 발육이 현저히 떨어진다(Williamson and Potter, 1997b). Prater et al. (2006)은 *Agrotis ipsilon* multiple nucleopolyhedrovirus를 이용하여 검거세미나방의 미생물적 방제 가능성을 보고하였고, Buhler와 Gibb (1994), Capinera et al. (1988), Georgis et al. (1989), West와 Vrain (1997)은 곤충병원성선충을 이용한 검거세미나방 방제 가능성을 연구하였다.

최근에는 화학농약의 문제점을 극복하면서 효과적으로 해충을 방제하기 위한 대체 방법의 하나로 식물체 추출물을 이용한 해충방제 연구가 활성화 되고 있다. 식물체 추출물들 중 식물정유는 식물체의 일부나 전체로부터 증류·추출한 물질로서 의약품 원료물질 뿐만아니라 각종 식품의 첨가물이나 향수, 화장품 및 생활용품의 재료로 활용되고 있다. 또한 일부는 유해미생물이나 해충, 잡초 등에 대한 활성을 가지고 있다 (Buchbauer, 2010; Franz and Novak, 2010; Noma and Asakawa, 2010; Tworokski, 2002). 식물정유를 포함한 식물유래 살충제들은 비표적 생물이나 환경에 대해서는 유해성이 적고, 개발이나 제조 비용이 화학농약에 비하여 낮다. 또한 사용이 용이하여 화학농약을 대체할 방제제로 활용되거나 곤충 섭식저해제로 이용되고

있다(Koul, 2008; Kumar et al., 2000; Regnault-Roger et al., 2012).

우리나라에서도 환경친화적 방제인자를 이용한 해충방제의 요구가 높아지면서 식물유래 물질을 이용한 해충방제 연구와 관련 산업이 1990년대 후반부터 증가하여 다양한 제품들이 해충 방제용 자재로 이용되고 있다(Ha et al., 2010; Lee et al., 2011). 그러나 잔디 해충의 방제와 관련된 연구들은 드문 편이다.

따라서 본 연구는 잔디관리에서 가장 문제가 되는 검거세미나방의 환경친화적 방제제로 식물정유의 가능성을 알아보기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

검거세미나방

실험에 이용한 검거세미나방은 Banzon Research(Carlisle, PA, USA)에서 실험에 필요한 생육단계별로 구입하여 사용하였다. 공급받은 검거세미나방 유충은 4°C 냉장고에 보관하면서 실험 때마다 실온에 순화시켜 사용하였다.

식물정유

식물정유는 Samyoung Food & Chemical Co. LTD (Seoul, Korea)에서 구입하여 이용하였는데, anise, camphor, cinnamon, citronella, clove, fennel, geranium, lavender, lemongrass, linseed, neem, peppermint, pine, tea tree, thyme, turpentine이었다. 또한 들잔디에 녹색기간 연장효과가 있으면서 갈색피짐병 방제 효과도 가지고 있는 paraffin oil (Lee et al., 2012a, b)도 실험에 이용하였다. 이들 중 tea saponin과 neem oil을 제외하고, 물에 희석되지 않는 것들은 계면활성제를 0.1% 첨가하여 유화시킨 뒤 물에 혼합하여 처리하였다. Paraffin oil은 (주)지코스(Ulsan, Korea)에서 생산된 고도 수첨 분해 윤활기유를 사용하였다.

온실 내 pot 실험

실험은 University of Kentucky의 온실에서 수행하였다. 온실은 25°C 내외로 관리되고 있었으며 광은 자연 채광에 의존하면서 보조적으로 전구를 이용하고 있었다. 실험을 위하여 직경 16 cm 플라스틱 화분에 흙을 채우고, perennial ryegrass ‘Palmer III’ 품종(Fayette Seed, Lexington, KY, USA)을 4 g/pot씩 파종하였다. 그리고 흙을 얇게 덮은 후, 플라스틱 tray에 넣고, tray에는 3 cm 높이로 물을 채워 pot에 물이 완전히 스며들도록 하였다. 21일간 관리한 pot의 잔디를 0.5 cm 높이로 가위를 이용하여 자른 뒤 검거세미나방 2령충 10마리씩을 방사하였다. 방사 한 시간 후 활동성이 없는 개체는 제거하고, 다시 건강한 유충으로 교

체하였다. 여기에 2,000 ppm으로 희석한 식물 정유를 가정용 스프레이를 이용하여 10 ml 씩 살포하였다. Neem을 제외한 정유들은 유화제를 0.1% 첨가하여 물과 희석하였기 때문에 유화제의 영향을 검토하기 위해 유화제 1,000 ppm 처리도 수행하였고, 무처리구는 물만 처리하였다. 효과는 7일 후에 잔디의 피해도와 생충수를 조사하였다. 피해도는 피해 잔디가 없을 경우 0, 피해도 20% 이하일 경우 1, 20-40%일 경우 2, 40-60%일 경우 3, 60-80%일 경우 4, 80% 이상일 경우 5로 하였다.

처리 후 관수는 tray 바닥에 물을 2-3 cm 채우는 방법으로 하였으며 표면 관수는 하지 않았다. 한 개의 pot를 한 반복으로 5반복 처리하였다.

검거세미나방 인공사료 배지에서 식물정유의 직접살포 효과

검거세미나방 인공사료가 1 cm가 분주되어 있는 200 cc 사육용기를 이용하여 실험을 수행하였다. 각각의 용기에 검거세미나방 3령충 10마리를 방사한 후, 2,000 ppm으로 희석한 anise, cinnamon, neem, terpenine oil과 paraffin oil을 가정용 분무기를 이용하여 10 ml씩 약액이 충분히 묻도록 살포하였다. 살포 후 뚜껑을 덮고, 휘발성 물질에 의한 질식을 방지하기 위하여 1 cm 길이의 흙을 메스로 뚜껑의 네 곳에 내었다. 25°C 항온기에 보관하면서 7일 동안 치사충수를 조사하였다. 하나의 용기를 한 반복으로 4 반복 처리하였다.

식물정유의 농도별 효과

실험은 직경 22 cm 플라스틱 화분에 흙을 채우고, perennial ryegrass 'Palmer III' 품종(Fayette Seed, Lexington, KY, USA)을 5 g/pot 씩 파종하였다. 그리고 pot실험과 같이 흙을 덮고 관수하였다. 1개월 동안 관리한 pot의 잔디를 0.5 cm 높이로 가위를 이용하여 자른 뒤, 검거세미나방 2령충 10마리씩을 방사하였다. 여기에 1차 실험에서 선발한 anise, cinnamon, neem, paraffin, terpenine oil을 1,000 ppm과 2,000 ppm, 4,000 ppm으로 희석하여 처리를 하였는데, neem을 제외한 식물정유들은 유화제를 0.1% 첨가하여 물과 희석하였다. 유화제의 영향은 1,000 ppm으로 처리를 하였고, 무처리구는 물만 처리하였다. 처리는 가정용 스프레이를 이용하여 20 ml 씩 살포하였다. 살포 후 검거세미나방의 탈출을 막기 위하여 바셀린을 pot의 끝 부분에 도포하였다. 효과는 13일 후 생충수를 결정하였다. 살아있는 유충들은 개체별로 체중을 측정하였다. 처리 후 관수는 표면 관수를 하였으며 한 개의 pot를 한 반복으로 5반복 처리하였다.

식물정유가 검거세미나방의 섭식에 미치는 영향

직경 22 cm 플라스틱 화분에 흙을 채우고, perennial

ryegrass 'Palmer III' 품종(Fayette Seed, Lexington, KY, USA)을 파종한 후 17일 동안 관리한 뒤 가위로 잔디의 지재부 부분을 잘랐다. 자른 잔디는 cinnamon, neem, terpenine 및 paraffin oil을 2,000 ppm 농도로 희석한 용액에 2분간 침지시킨 뒤 신문지 위에 올려 놓고, 오일이 마른 것을 확인한 뒤, 물에 적신 여과지 1장(Whatman #2, 9 cm)을 간 직경 9 cm 페트리디쉬에 검거세미나방 유충 평균무게보다 많은 양을 무게를 재고 넣었다. 여기에 체중을 측정 한 2령충 한 마리씩을 방사하였다. 매일 잔디의 섭식량과 거세미나방의 체중을 측정하였는데, 각각의 oil이 처리된 잔디의 무게를 측정 후 새로운 먹이로 넣어 주면서 5일 동안 조사하였다. 각각의 페트리디쉬는 25°C 항온기(L:D=14:10)에 보관하였고, 하나의 페트리디쉬를 한 반복으로 30반복 처리하였다. 무처리구는 물만처리하였고, 실험 도중 페트리디쉬에서 이탈 한 처리구는 제외하고 조사하였다.

잔디의 예고와 살포방법에 따른 neem oil의 살충 효과

검거세미나방에 대한 살충 효과가 가장 우수하였던 neem oil을 이용하여 잔디의 예고와 살포 방법에 따른 살충효과를 알아보았다. 직경 22 cm 플라스틱 화분에 흙을 채우고, perennial ryegrass 'Palmer III' 품종(Fayette Seed, Lexington, KY, USA)을 4 g/pot 씩 파종하였다. 2주 동안 관리한 pot의 잔디를 2 cm와 5 cm 높이로 가위를 이용하여 자른 뒤 2령충 10마리씩을 방사하였다. 3시간 후 neem oil을 처리하였는데 1) 2,000 ppm 10 ml (1L/m² 처리량), 2) 4,000 ppm 5 ml 살포 후 물 5 ml 추가, 3) 20,000 ppm 1.86 ml 살포 후 물 8.14 ml 추가의 방법으로 처리하였다. 각각의 최종처리 neem oil의 농도는 2,000 ppm으로 동일하였으나 2)와 3)의 방법은 약제 살포 후 추가의 관수 방법을 고려하여 설정하였다. 처리는 가정용 스프레이를 이용 살포하였다. 살포 후 유충의 탈출을 막기 위하여 바셀린을 pot의 끝 부분에 도포하였다. 처리 후 매일 동일시간에 동일 한 양의 물을 표면 관수하였으며 효과는 7일 후 생충수로 결정하였다. 한 개의 pot를 한 반복으로 5반복 처리하였으며 무처리구는 물만 처리하였다.

야외실험

야외실험은 University of Kentucky의 실험농장에서 2012년 8월 16일과 8월 20일 두 차례 수행하였는데 검거세미나방은 실험 당시 발생하지 않는 곳이었다. 첫 번째 실험은 8월 16일 creeping bentgrass 포장에 1 m² 크기의 시험구를 난괴법 3반복으로 수행하였다. 각 시험구의 중앙에 직경 38 cm, 높이 15 cm 크기의 양철 링을 5 cm 깊이로 박은 다음, 검거세미나방 3령충을 15마리씩 접종하였다. 접종 후 가정용 스프레이와 물뿌리개로 neem oil과 물을

처리하였는데, neem oil을 1) 2,000 ppm 1L/m², 2) 10,000 ppm 0.2 L 살포 후 물 0.8 L 추가, 3) 20,000 ppm 0.1 L 살포 후 물 0.9 L 추가의 방법으로 처리하였다. 무처리구는 물만 1 L 살포하였고, 처리 후 양철 링의 안쪽 끝 부분을 바셀린으로 도포하여 유충이 외부로 탈출하지 못하게 하였다. 또한 새들이 유충을 잡아먹지 못하게 철망을 양철 링의 윗부분에 놓고, 못으로 고정시켰다. 처리 4일 후 각 구에 주방제제 10 ml를 물 4 L에 희석하여 관주한 뒤 잔디로부터 탈출해 나오는 유충수를 조사하였다.

2차 실험은 동일한 장소의 다른 구역에서 8월 20일 수행하였는데 10,000 ppm 농도 0.2 L 살포 후 물 0.8 L 추가 살포 처리만 하였고, 검거세미나방 4령충을 15마리씩 방사하여 8일 후에 생충수를 조사하였다.

통계처리

각각의 실험자료들 중 백분율 자료는 arcsin% 변환하여 Tukey test로 분산분석하였으며 백분율이 아닌 자료는 자료값을 직접 Tukey test로 통계분석하였다(Statistix 8, 2003). 결과는 변환전의 값을 표기하였으며 평균±표준오차로 표기하였다.

결 과

Pot실험

식물체 정유들은 검거세미나방에 대하여 다양한 효과를 나타내었다(Table 1). Anise와 geranium, neem, paraffin oil 처리 pot에 생존 한 유충의 수는 무처리에 비하여 유의하게 적었으며(df= 18, 76, $F = 5.82, p < 0.0001$) 잔디의 피해도는 cinnamon과 anise, neem paraffin oil 등의 처리에서 낮게 나타났다(df= 18, 76, $F = 21.1, p < 0.0001$).

검거세미나방 인공사료 배지에서 식물정유의 직접살포 효과

인공사료의 표면과 검거세미나방 유충에 식물정유를 직접 처리한 결과, 1일 후에도 neem oil 처리에서는 84.6%의 보정사충율을 보였으며(df= 5, 18, $F = 13.3, p < 0.0001$) 처리 5일째에는 neem oil을 제외하고는 1일 후에 비하여 사충율이 증가하였다(df= 5, 18, $F = 5.02, p < 0.005$)(Fig. 1). 처리 1일후 무처리구의 치사율은 35%였으며 5일후에는 52.5%였다.

식물정유의 농도별 효과

검거세미나방 유충에 의한 섭식피해가 낮게 나타났던 anise와 cinnamon, neem, paraffin, terpentine oil을 이용하여 농도별로 처리 한 결과, neem oil을 제외하고는 치사율(df= 16, 68, $F = 11.3, p < 0.0001$)이나 생존 유충의 체

Table 1. Effect of 2000 ppm of essential oils and paraffin oil on survival and feeding damage by black cutworm evaluated 6 d after treatment in potted cores of perennial ryegrass turf.

Treatment	Survival (% , mean ± SE)	Damage index (1-5)* ± SE
Anise	12.0±4.9e**	0.0f
Camphor	40.0±3.2a-d	3.2±0.2abc
Cinnamon	34.0±6.8a-e	0.0f
Citronella	42.0±6.6a-d	4.0±0.4ab
Clove	28.0±7.3b-e	3.8±0.4ab
Fennel	52.0±7.3abc	3.8±0.4ab
Geranium	20.0±5.5de	3.8±0.2ab
Lavender	48.0±3.7a-d	4.8±0.2a
Lemongrass	34.0±4.0a-e	3.8±0.4ab
Linseed	26.0±4.0b-e	3.2±0.4abc
Neem	24.0±4.0cde	0.4±0.2ef
Paraffin	26.0±5.1cde	0.4±0.2ef
Peppermint	54.0±6.8abc	2.8±0.6bcd
Pine	60.0±7.1a	3.0±0.0bc
Tea tree	30.0±5.5b-e	4.0±0.3ab
Thyme	30.0±1.5a-e	3.4±0.2abc
Turpentine	38.0±5.8a-d	1.2±0.5def
Emulsifier check	46.0±4.0a-d	2.0±0.4cde
Untreated check	56.0±5.1ab	2.8±0.4bcd

Ten 2nd instars were introduced in each pot 12 h before treatment. *0: no damage; 1; 1-20% damage; 2: 21-40% damage; 3: 41-60% damage; 4: 61-80% damage; 5: >80% damage of ryegrass by black cutworm.

**Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's test ($P < 0.05$).

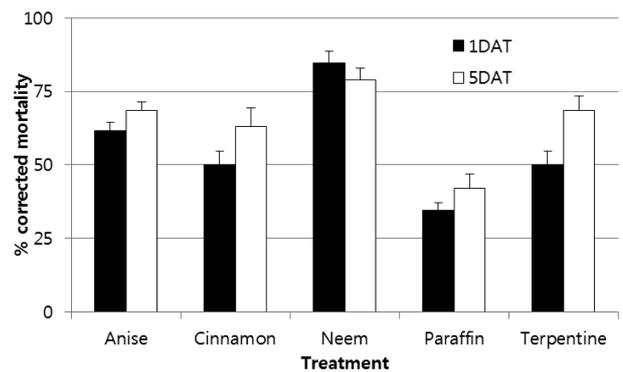


Fig. 1. Mean (±SE) corrected mortality of 2nd instar black cutworms sprayed with 2000 ppm of essential oils and paraffin oil at 1 or 5 days after treatment (DAT). Larvae were treated while feeding in cups of artificial diet.

중(df= 14, 122, $F = 7.78, p < 0.0001$)이 농도간에 차이를 보이지 않았다(Table 2).

Table 2. Effect of essential oils and paraffin oil on mean number of dead cadaver and weight of 2nd instar black cutworms in potted cores of perennial ryegrass turf.

Treatment	Concentration (ppm)	Mean (\pm SE) no. of dead cadaver/pot	Mean (\pm SE) wt of live larvae (mg)
Anise	1000	8.8 \pm 0.2b**	298 \pm 38ab
	2000	8.6 \pm 0.2b	248 \pm 33abc
	4000	8.4 \pm 0.2ab	238 \pm 35abc
Cinnamon	1000	8.4 \pm 0.6ab	226 \pm 33abc
	2000	7.6 \pm 0.5ab	126 \pm 27bc
	4000	7.8 \pm 0.5ab	241 \pm 28abc
Neem	1000	6.4 \pm 0.5a	42 \pm 23d
	2000	10.0c	-
	4000	10.0c	-
Paraffin	1000	8.0 \pm 0.5ab	179 \pm 29bc
	2000	7.8 \pm 0.6ab	199 \pm 28bc
	4000	8.4 \pm 0.4ab	247 \pm 33abc
Terfentine	1000	8.6 \pm 0.2b	292 \pm 38ab
	2000	8.8 \pm 0.2b	311 \pm 38ab
	4000	8.8 \pm 0.2b	380 \pm 38a
Emulsifier check	1000	8.2 \pm 0.4ab	226 \pm 31abc
Untreated check	-	7.4 \pm 0.6ab	193 \pm 27bc

*Released to larvae in each pot.

**Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's test ($P < 0.05$).

Neem oil 처리에서는 2,000 ppm 이상 농도에서 100% 치사되었으며, 1,000 ppm 처리에서는 64%의 치사율을 보였지만 생존한 유충들의 체중이 41.8 mg으로 무처리의 193 mg에 비하여 5배 가량 적었다.

식물정유가 검거세미나방의 섭식에 미치는 영향

식물 정유를 처리 한 ryegrass를 섭식한 검거세미나방 유충은 발육이나 잔디 섭식량에서 차이를 보였다(Table 3). 유충의 체중은 처리 3일($df = 5, 171, F = 5.25, p < 0.0002$)과 5일($df = 5, 168, F = 6.59, p < 0.0001$) 후 무처리에 비하여 neem oil 처리에서 2배 가량 적었으며 잔디의 섭식량은 처리 3일 후($df = 5, 173, F = 5.4, p < 0.0001$) neem과 anise oil처리에서 적었고, 처리 5일 후($df = 5, 168, F = 39.5, p < 0.0001$)에는 neem과 paraffin oil처리구에서 적었다.

잔디의 예고와 살포방법에 따른 neem oil의 검거세미나방 살충 효과

고농도로 소량 처리 후 추가적으로 물을 살포하였을 때 검거세미나방 치사율이 높게 나타났다(Table 4). 또한 예고별에서도 차이를 보여 예고가 높을수록 치사율이 낮게 나타났다.

야외실험

Neem oil을 이용하여 야외에서 검거세미나방 3령충에 대한 방제효과를 조사한 결과, pot 실험에서와 같이 고농도로 살포한 후 추가로 관수 처리를 하였을 때 효과가 높았다(Table 5) ($df = 3, 8, F = 13.9, p < 0.002$).

4령충을 대상으로 neem oil 10,000 ppm 농도 0.2 L 처리 후 물 0.8 L를 추가 관수하였던 2차 실험에서는 보정사충율이 18.1 \pm 18.6%로 무처리와 통계적 차이가 없었다.

고찰

실험에 이용한 16종의 정유와 paraffin oil 중 검거세미나방에 대해 실질적인 살충 활성을 나타낸 것은 neem oil 뿐이었다. Pot에서 유충이 자유롭게 이탈할 수 있는 처리를 한 실험에서는 anise와 geranium, neem, paraffin oil 처

Table 3. Effect of 2000 ppm essential oils and paraffin oil on black cutworm weight and consumption of treated grass clippings in Petri dishes.

Treatment	Weight (mean \pm SE, mg)		Consumption of ryegrass (mean \pm SE, mg)	
	3 DAT	5 DAT	3 DAT	5 DAT
Anise oil	3.31 \pm 0.38 a	7.93 \pm 0.35 a	25.2 \pm 1.2 bc	44.0 \pm 2.0 a
Cinnamon oil	4.07 \pm 0.45 a	8.67 \pm 0.56 a	32.1 \pm 1.9 a	30.4 \pm 1.7 bc
Neem oil	1.60 \pm 0.29 b	4.80 \pm 0.46 b	22.9 \pm 1.1 c	27.2 \pm 1.3 cd
Paraffin oil	2.83 \pm 0.52 ab	8.48 \pm 0.82 a	30.5 \pm 1.5 ab	22.8 \pm 1.1 d
Terfentine oil	2.57 \pm 0.41 ab	6.21 \pm 0.53 ab	27.5 \pm 1.5 abc	46.0 \pm 1.4 a
Control	4.14 \pm 0.45 a	8.67 \pm 0.72 a	29.8 \pm 1.6 ab	34.2 \pm 1.7 b

Larvae were 3rd instar at the start of the trial.

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's test ($P < 0.05$).

Table 4. Effect of neem oil concentration, with or without post-treatment irrigation, on mortality of 2nd instar black cutworms in potted cores of perennial ryegrass turf at two cutting heights.

Neem treatment/m ²	% corrected mortality (mean±SE)	
	2 cm turf height	7 cm turf height
2000 ppm in 1 L	73.1±9.8a*	53.8±11.2b
4000 ppm in 0.5 L with 0.5 L watering	84.6±9.8a	69.2±7.7b
20000 ppm in 0.1 L with 0.9 L watering	100a	100a

*Means followed by the same letter in each column are not significantly different by Tukey's test ($P < 0.05$).

Table 5. Effect of neem oil concentration, with or without post-treatment irrigation, on mortality of 3rd instar black cutworms in creeping bentgrass turf field plots.

Neem treatment/m ²	% corrected mortality (mean±SE)
2000 ppm in 1 L	26.3±10.5b*
4000 ppm in 0.5 L with 0.5 L watering	73.7±5.3a
20000 ppm in 0.1 L with 0.9 L watering	68.4±9.1a

*Means followed by the same letter in each column are not significantly different by Tukey's test ($P < 0.05$).

리에서 pot에 잔존하는 생충수가 가장 적었다. 그러나 pot 내에서 이탈을 하지 못하게 처리 한 실험에서는 neem oil 1,000 ppm 처리를 제외하고는 무처리와 비하여 치사율이 높았으나 통계적 차이가 있는 것은 neem oil 2,000 ppm과 4,000 ppm 처리뿐이었다. Anise나 paraffin oil은 회피 효과가 있기 때문에 탈출이 가능한 곳에서는 회피를 하여 생존수나 잔디 피해가 적게 나타났지만, 정유 자체의 살충 효과는 낮아 탈출을 차단한 pot에서는 지속적인 섭식활동을 하였기 때문에 피해가 나타났던 것으로 생각된다. 한편 2령충을 대상으로 실험하였음에도 불구하고, 탈출이 가능하게 하였던 실험에 비하여 탈출을 차단한 실험에서 치사율이 높게 나타났는데 이는 3령부터 동종포식(cannibalism)이 강하게 나타나는 검거세미나방의 특성으로 생각된다 (Hong and Williamson, 2006). 실제로 인공사료가 들어있는 용기내에서 검거세미나방 3령충의 동종포식율은 처리 1일후에도 35%에 달하였다.

인공사료 배지가 들어있는 사육용기에 3령충을 대상으로 식물정유를 살포 한 경우가 pot에서 2령충을 대상으로 처리한 것에 비하여 검거세미나방의 치사율이 neem oil처리를 제외하고 높게 나타났다. 이는 3령충이 2령충에 비하여 섭식량이 많기때문에 상대적으로 많은 oil을 섭식하였기 때문으로 생각된다. Neem의 주성분인 azadirachtin이 강한 섭식저해 작용과 성장억제 효과가 있다(Isman, 1999). 따라서 두 조건 3령충은 2령충에 비하여 상대적으로

azadirachtin의 해독 능력이 높았기 때문에 낮은 치사율을 나타내었을 것으로 생각된다. Abo El-Ghar et al. (1996)은 neem의 에탄올 추출물을 섭식한 검거세미나방 6령충에서 amylase와 invertase와 같은 효소들이 감소한다고 하였는데 이러한 효소활성은 생육단계에 따라 다르게 나타날 수 있다.

Neem oil만이 검거세미나방 2령충에 대하여 농도의존적 효과를 보였는데 1,000 ppm 처리에서는 무처리와 치사율에서 차이가 없었으나 2,000 ppm과 4,000 ppm 처리에서는 100%가 치사되었다. 1000 ppm 처리는 치사율에서 무처리와 차이가 없었어도 생존한 유충들의 체중은 무처리에 비하여 5배정도 적어 neem 섭취에 의한 발육부진이 명확히 관찰되었다.

잔디의 예고는 방제제의 효과에 영향을 미치는 인자중의 하나이다. 지하부 가해 해충인 주황긴다리풍뎠이(*Ectinohoplia rufipes*) 유충이나 지상부 가해 해충인 잔디밤나방(*Spodoptera depravata*) 모두 예고가 높을수록 방제 효과는 감소한다 (Kang et al., 2004; Lee et al., 2006). Neem oil도 같은 경향을 보였다. 잔디의 초장이 길면 표면적이 넓어지고, 잔디의 밀도가 높아지기 때문에 동일한 양이라도 방제제의 확산과 부착에서 차이가 있기 때문이다. 따라서 실제 잔디밭에서 neem oil과 같은 방제제는 깎기작업을 한 후에 처리하는 것이 방제 효율을 높일 수 있을 것이다. 또한 검거세미나방은 주로 잔디 잎 끝부분에 하나씩 산란하기 때문에 짧게 잔디를 깎을 경우 알들이 제거되기도 한다 (Williamson and Potter, 1997a). 짧게 깎은 잔디에 방제제를 처리하는 것은 산란된 검거세미나방 알의 제거와 함께 부화하여 섭식하는 유충의 방제효과를 높일 수 있는 이중의 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

Pot와 야외실험 모두에서 neem oil은 고농도의 적은 량을 살포하고, 2차로 관수한 것이 효과적인 것으로 나타났다. 골프장을 비롯한 대규모 잔디 관리지역에서 인력을 이용한 방제제 처리는 처리량을 최대한 줄이는 것이 인력과 시간활용, 경제적 비용 측면 모두에서 유리하다. 특히 골프장과 같이 스프링클러 등 관수 시스템이 갖추어져 있는

곳에서는 적은 양의 방제제를 처리한 후 추가로 관수하는 것이 효율적이다. 따라서 골프장에서 검거세미나방 방제를 위하여 neem oil을 처리 할 때는 고농도로 단 시간에 처리하고, 스프링클러를 이용하여 추가 관수를 하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

Bentgrass의 야외포장 실험에서는 검거세미나방 3령충은 neem oil 4,000 ppm 0.5 L 살포 후 물 0.5 L m² 처리(최종 농도 2,000 ppm) 시 73.7%의 치사율을 보였으나 4령충은 동일 처리 농도에서 18.1%의 낮은 치사율을 나타내었다. Kang et al. (2008)은 파밤나방(*Spodoptera exigua*)에 대한 몇 가지 살충제의 효과검정에서 일부 약제들의 경우 유충이 노령화 될 수록 약제 감수성이 감소됨을 보고하고 있고, 곤충병원성선충도 4령 이후의 잔디밤나방에는 감수성이 감소한다(Kang et al., 2004). 해충의 령기별 감수성 차이는 발육에 따른 행동학적 변화나 체내 효소활성의 변화 및 생리적 변화 등에 기인하는데 neem oil에 대한 검거세미나방의 감수성 차이도 이러한 요인으로 생각된다. 특히 검거세미나방은 3령이후부터는 야행성으로 바뀌어 주간에는 잔디 뗏취층이나 토양에 숨어있다가 주로 야간에 섭식 활동을 한다. 그리고 어린 유충들은 잔디 잎 표면을 갉아 먹지만 노령화 되면 잔디의 기부를 자른 후 섭식을 한다 (Potter, 1998; Williamson and Shetlar, 1995) 이러한 섭식 행동의 변화도 감수성 차이에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 본 실험들의 결과를 고려할 때 잔디밭에서 식물정유를 이용한 검거세미나방 방제는 neem oil이 가장 효과적이며 3령 이전 유충 발생 초기에 잔디깎기 작업을 한 후에 10,000 ppm 이상의 농도로 처리하고는 추가적인 관수를 하는 것이 효율적이라 생각된다.

요 약

검거세미나방(*Agrotis ipsilon*)은 다양한 작물에 피해를 주며 특히 골프장 잔디에 심각한 피해를 주는 해충이다. 식물정유는 해충방제를 위한 대체방제제의 하나이다. 본 연구는 16종의 식물정유(anise, camphor, cinnamon, citronella, clove, fennel, geranium, lavender, lemongrass, linseed, neem, peppermint, pine, thyme, turpentine and tea saponin)와 파라핀오일의 검거세미나방에 대한 방제효과를 실내와 온실, 야외에서 검정하였다. 온실의 퍼레니얼라이그라스 pot에 각각의 정유를 처리한 결과 anis, cinnamon, neem, paraffin, turpentine 처리에서 잔디피해가 적었으며 neem oil (4,000, 2,000, 1,000 ppm) 처리시 검거세미나방 치사율은 각각 100, 100, 64%였다. 2,000 ppm neem oil처리 퍼레니얼라이그라스 잎을 섭식한 검거세미나방 유충의 체중은 무처리에 비해 5배정도 낮았다. 2~3령충 검거세미나방에 대하여 pot

와 야외에서 고농도 neem oil 처리 후 관수가(20,000 ppm 0.1 L 처리 후 물 0.9 L m² 살포) 저농도의 다량살포 (2,000 ppm 1 L m²)에 비하여 효과가 높았으나 4령충에 대해서는 효과가 없었다.

주요어: 검거세미나방, 환경친화적 방제, 정유, 닝오일, 잔디

Acknowledgements

This research was supported by the Kyungpook National University Research Fund, 2012. Paper no. 13-08-006 of the Kentucky Agricultural Experiment Station.

References

- Abo El-Ghar, G.E.S., Khalil, M.E., and Eid, T.M. 1996. Some biochemical effects of plant extracts in the black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lep., Noctuidae). *J. Applied Entomol.* 120:477-482.
- Buchbauer, G. 2010. Biological activities of essential oils. pp. 235-280, In: Baser, K. H. C. and Buchbauer, G. (Eds.). *Handbook of essential oils science, technology, and applications*, CRC Press, USA.
- Buhler, W.G., and Gibb, T.J. 1994. Persistence of *Steinernema carpocapsae* and *S. glaseri* (Rhabditida: Steinernematidae) as measured by their control of black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in bentgrass. *J. Econ. Entomol.* 87: 638-642.
- Capinera, J.L., Pelissier, D.G., Menout, S. and Epsky, N.D. 1988. Control of black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae), with entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *J. Invertebr. Pathol.* 52:427-435.
- Choo, H.Y., Lee, D.W., Lee, S.M., Lee, T.W., Choi, W.G., Chung, Y.K., et al. 2000. Turfgrass insect pests and natural enemies in golf courses. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 171-179. (In Korean)
- Franz, C. and Novak, J. 2010. Sources of essential oils. pp. 39-82, In: Baser, K. H. C. and Buchbauer, G. (Eds.). *Handbook of essential oils science, technology, and applications*. CRC Press, USA.
- Georgis, R., Wojcik, W.F. and Shetlar, D.J. 1989. Use of *Steinernema feltiae* in a bait for the control of black cutworms (*Agrotis ipsilon*) and tawny mole crickets (*Scapteriscus vicinus*). *Fla. Entomol.* 72:203-204.
- Ha, P.J., Kim, T.S., Lee, S.H., Choo, H.Y., Choi, S.H., Kim, Y.S., et al. 2010. Effect of neem and mustard oils on entomopathogenic nematodes and silkworm. *Korean J. Pestic. Sci.* 14:54-64. (In

- Korean)
- Hong, S.C., and Williamson, R.C. 2006. Suitability of various turfgrass species and cultivars for development and survival of black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 99: 850-857.
- Isman, M.B. 1999. Neem and related natural products. pp. 139-154, In: Hall, F.R. and Menn, J.J.(Eds.). *Biopesticides use and delivery*. Humana Press, USA.
- Kang, E.J., Kang, M.G., Seo, M.J., Park, S.N., Kim, C.U., Yu, Y.M., et al. 2008. Toxicological effects of some insecticides against Welsh onion beet armyworm (*Spodoptera exigua*). *Korean J. Appl. Entomol.* 47:155-162. (In Korean)
- Kang, Y.J., Lee, D.W., Choo, H.Y., Lee, S.M., Kweon, T.W., et al. 2004. Biological control of *Spodoptera depravata* (Butler)(Lepidoptera: Noctuidae) using entomopathogenic nematodes. *Korean J. Appl. Entomol.* 43: 61-70. (In Korean)
- Kim, H.K. 1991. Turfgrass science. pp. 545. Sunjinmunhwasa. Seoul. Korea. (In Korean)
- Koul, O. 2008. Phytochemical and insect control: an antifeedant approach. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27:1-24
- Kumar, A., Dunkel, F.V., Broughton, M.J., and Sriharan, S. 2000. Effect of root extracts of Mexican marigold, *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae), on six nontarget aquatic macroinvertebrates. *Environ. Entomol.* 29:140-149.
- Lee, D.W., Lee, S.J., Lee, C.M., Choi, T.H., Lee, S.H., et al. 2012a. Effect of paraffin oil on prolongation of green period in Zoysiagrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26:35-43. (In Korean)
- Lee, D.W., Lee, S.M., Kim, D.S., Choi, T.H., and Chang, T.H. 2012b. Application of paraffin oil for control of large patch on *Zoysia japonica*. *Asian J. Turfgrass Sci.* 26:17-23. (In Korean)
- Lee, D.W., Choi, W.G., Lee, S.M., Choo, H.Y., and Kweon, T.W. 2006. Effect of turfgrass height and aeration on pathogenicity of entomopathogenic nematodes to white grubs in golf courses. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45:67-74. (In Korean)
- Lee, J.S., Ham, E.H., Choo, H.Y., Lee, S.J., and Lee, D.W. 2011. Acaricidal efficacy of herbal extracts against *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *J. Agric. Life Sci.* 45:151-162. (In Korean)
- Lopez, R., and Potter, D.A. 2000. Ant predation on eggs and larvae of the black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) and Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in turfgrass. *Environ. Entomol.* 29:116-125.
- Noma, Y. and Asakawa, Y. 2010. Biotransformation of monoterpenoids by microorganisms, insects, and mammals. pp.585-736, In: Baser, K. H. C. and Buchbauer, G (Eds.). *Handbook of essential oils science, technology, and applications*. CRC Press, USA.
- Workoski, T. 2002. Herbicidal effects of essential oils. *Weed Sci.* 50:425-431.
- Potter, D.A. 1998. *Destructive turfgrass insects biology, diagnosis, and control*. Ann Arbor Press, Michigan, USA.
- Prater, C.A., Redmond, C.T., Barney, W., Bonning, B.C. and Potter, D.A. 2006. Microbial control of black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) in turfgrass using *Agrotis ipsilon* multiple nucleopolyhedrovirus. *J. Econ. Entomol.* 99:1129-1137.
- Regnault-Roger, C., Vincent, C., and Arnason, J.T. 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.* 57:405-424.
- Showers, W.B. 1997. Migratory ecology of the black cutworm. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 393-425.
- Statistix 8. 2003. User's manual. pp. 396. Analytical Software. Tallahassee, USA.
- West, R.J., and Vrain, T.C. 1997. Nematode control of black army cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory and field conditions. *Can. Entomol.* 129:229-239.
- Williamson, R.C. and Potter, D.A. 1997a. Oviposition of black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) on creeping bentgrass putting greens and removal of eggs by mowing. *J. Econ. Entomol.* 90:590-594.
- Williamson, R.C. and Potter, D.A. 1997b. Turfgrass species and endophyte effects on survival, development, and feeding preference of black cutworms (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 90:1290-1299.
- Williamson, R.C. and Shetlar, D.J. 1995. Oviposition, egg location, and diel periodicity of feeding by black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) on bentgrass maintained at golf course cutting heights. *J. Econ. Entomol.* 88:1292-1295.