Weed Turf. Sci. 9(3):299-308
https://doi.org/10.5660/WTS.2020.9.3.299

Print ISSN 2287-7924
Online ISSN 2288-3312

RESEARCH ARTICLE

골프장 잔디에서 클로란트라닐리프롤의 등얼룩풍뎅이에 대한 살충활성과 검거세미밤나방에 대한 약효 지속성

신종창[1] · 권오경[2,3] · 김정회[4] · 김종경[5] · 이동운[3*]

[1]레이크사이드컨트리클럽, [2]신젠타코리아㈜, [3]경북대학교 질병매개곤충학과, [4]안양컨트리클럽, [5]동래베네스트골프클럽

Insecticidal Activity of Chloranthraniliprole against Oriental Beetle, *Blitopertha orientalis* (Coleoptera: Rutelidae) and Persistence of Efficacy against Black Cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) in Turfgrasses of Golf Courses

Chong Chang Shin[1], Oh-Gyeong Kwon[2,3], Joung Hoi Kim[4], Jong Kyung Kim[5], and DongWoon Lee[3,*]

[1]Lakeside Country Club, Yongin 16887, Korea

[2]Syngenta Korea Ltd., Seoul 41934, Korea

[3]Department of Vector Entomology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

[4]Anyang Country Club, Gunpo 15877, Korea

[5]Dongrae Benest Golf Club, Busan 46212, Korea

Abstract

Chloranthraniliprole is a diamide pesticide having a new functional group and is applied to various pests including the Lepidoptera. A study was conducted to obtain basic data for efficient application of chloranthraniliprole, which is also registered as a turfgrass pest control agent, in golf courses. The effect on whitegrub of oriental beetle, *Blitopertha orientalis* was investigated in bentgrass and zoysiagrass, and the persistence of efficacy against black cutworm, *Agrotis ipsilon*, which is one of the most problematic moth pests in golf course turf, was investigated. In the greenhouse test, chlorantraniliprole did not show any difference in efficacy between bentgrass and zoysiagrass species, and when treated with 2,000 times (=after additional irrigation treatment, the final dilution is 10,000 times) the amount of chlorantraniliprole showed corrected mortality of 90% or more in both greenhouse and field tests. As a result of investigating the persistence of the efficacy by using the rate of increase in the rate of feeding damage from the black cutworm, the efficacy continued until 42 days after treatment with both 4,000 times (=after additional irrigation treatment, the final dilution is 20,000 times) and 8,000 times (=after additional irrigation treatment, the final dilution is 40,000 times) chlorantraniliprole. In the case of mixed whitegrub and black cutworm, simultaneous control with chlorantraniliprole treatment is possible, and consideration of various systematic treatment methods is considered necessary.

Keywords: Bioassay, Black cutworm, Clorantraniliprole, Damage trace, Oriental beetle

Check for updates

OPEN ACCESS

***Corresponding Author:**
Tel) +82-54-530-1212
Fax) +82-54-530-1218
E-mail) whitegrub@knu.ac.kr

Received: August 25, 2020
Revised: September 09, 2020
Accepted: September 11, 2020

ⓒ 2020 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

클로란트라닐리프롤(clorantraniliprole)은 다이아마이드 계열의 새로운 살충제로 이 계열의 살충제들은 새로운 표적 부위인 ryanodine수용체에 결합하여 sarcoendoplasmic reticulum으로부터 저장된 칼슘의 통제되지 않은 방출을 유도하여 수유중단, 무기력, 마비 및 치사 등의 증상을 유발한다(Lahm et al., 2005; Lahm et al., 2007). 클로란트라닐리프롤은 배추좀나방(*Plutella xylostella*), 열대거세미나방(*Spodoptera frugiperda*), *Heliothis virescens*, *Helicoverpa zea*등과 같은 나방류 해충(Lahm et al., 2005; Hardke et al., 2011)은 물론 각다귀류(Peck et al., 2008), 잔디왕바구미(Dupuy and Ramirez, 2016), 사탕수수 바구미류(Douressamy et al., 2018)와 같은 파리목이나 딱정벌레목 해충에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 반면 포유동물에 대한 낮은 독성과 표적 해충에 대한 높은 활성, 강한 산란 및 살충 특성, 오랫동안 유지되는 작물보호 지속성, 기존 살충제에 대한 교차 저항성이 없는 등의 장점을 가지고 있다(Dinter et al., 2008).

우리나라에 기록된 잔디해충은 거미강과 갑각강을 포함하여 8목 15과 35종이 기록되어 있는데 잔디의 지상부인 잎과 줄기에 피해를 주는 주요해충은 나비목 해충들로 특히 밤나방과(Noctuidae)가 주류를 이루고 있고, 지하부 해충으로는 딱정벌레목의 풍뎅이류 유충들이 보편적이다(Choo and Lee, 2017). 풍뎅이류 유충인 굼벵이는 다양한 종류들이 골프장 잔디에서 피해를 주고 있는데 등얼룩풍뎅이의 발생과 피해가 많은 편이다(Choo and Lee, 2017; Choo et al., 1998). 이들 굼벵이류는 잔디의 뿌리를 직접 가해하여 잔디의 활력을 저하시키거나 고사시키는 직접적인 피해를 유발시키기도 하지만 두더지나 조류와 같은 야생동물들이 굼벵이를 잡아먹기 위해 잔디를 파헤치는 2차적 피해를 유발시킨다(Choo et al., 1998; Potter, 1998).

잔디에 피해를 주는 나방류 해충들 중 밤나방과 해충들은 검거세미밤나방(*Agrotis ipsilon*)과 거세미나방(*A. segetum*), 잔디밤나방(*Spodoptera depravata*), 멸강나방(*Pseudaletia separate*) 등이 알려져 있는데(Choo and Lee, 2017) 골프장에서는 거세미나방류의 피해가 많고, 잔디 재배지에서는 잔디밤나방의 피해가 많은 것으로 알려져 있는데 거세미나방류 중에서는 검거세미밤나방이 페로몬 트랩에서 보편적으로 발생하고 있다(Choo et al., 2000; Lee et al., 2014). 검거세미밤나방은 1-2령충의 경우 잔디 잎에서 엽면을 식해하는 미미한 피해를 일으키지만 3령 이상이 되면 낮에는 지제부에 숨어 있다가 저녁이 되면 섭식 활동을 시작하여 줄기부분을 잘라먹는 피해를 주고, 이들의 이동 경로를 따라 식흔이 발생하는데 이들 식흔이 잔디면을 불규칙하게 하여 골프공의 구름에 장해를 일으키는 간접적 피해를 유발한다(Potter, 1998).

굼벵이류와 밤나방류 특히 거세미나방류에 의한 잔디 피해가 심각함으로 인해 골프장에서는 이들 두 해충군이 주요 방제 대상으로 인식되고 있고, 잔디 해충에 등록되어 있는 살충제들의 대부분이 이들을 대상으로 하고 있는데 굼벵이류 15품목, 등얼룩풍뎅이 23품목, 풍뎅이 5품목, 참콩풍뎅이 2품목, 검거세미나방 3품목, 거세미나방 19품목이 등록되어 있다(KCPA, 2020).

클로란트라닐리프롤은 우리나라에서 다양한 작물의 나방류 해충을 대상으로 등록되어 있는 살충제로 잔디에서도 검거세미밤나방과 등얼룩풍뎅이 방제용으로 등록되어있다(KCPA, 2020). 그러나 우리나라의 살충제 약효 시험 세부지침에 의하면 잔디에서 검거세미밤나방을 포함한 거세미나방류의 효과 검정은 약제 처리 7일 후 1회 조사하게 되어 있고, 굼벵이류의 경우 약제 처리 40-60일 후 생충수를 1회 조사하게 되어 있다(NAIS, 2017). 그러나 등록된 살충제들의 처리 농도별 효과나 약효 지속성에 관한 정보는 제공되지 못하고 있는데 실제 골프장에서는 등록 약제라 하더라도 약효의 지속성이나 약효에 대한 구체적 정보를 대상 해충의 효율적 관리를 위해서 필요로 하고 있다. 따라서 본 연구는 새로운 작용 기작을 가지는 다이아마이드 계통의 살충제인 클로란트라닐리프롤의 잔디 주요 해충인 등얼룩풍뎅이에 대한 효과를 한지형 잔디와 난지형 잔디로 구분하여 비교하였고, 검거세미밤나방을 대상으로 약효 지속성을 검정하여 골프장이나 잔디재배지에서 이들 해충들의 방제 시 체계처리와 같은 방제의 기초 자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시농약

실험에 사용한 농약은 굼벵이 방제 시험에는 클로란트라닐리프롤 13.35% 액상수화제와 이미다클로프리드(imidacloprid) 20% 분산성액제, 티아메톡삼(thiamethoxam) 24.49% 입상수화제를 사용하였으며 검거세미밤나방 방제 시험에는 비펜트린(bifenthrin) 17.15% 액상수화제, 페니트로티온(fenitrothion) 50% 유제, 클로란트라닐리프롤 13.35% 액상수화제를 사용하였다. 비펜트린은 합성피레스로이드계, 클로란트라닐리프롤은 다이아마이드계이며 이미다클로프리드와 티아메톡삼은 네오니코티노이드계, 페니트로티온은 유기인계 살충제(KCPA, 2020)로 약제는 시중의 농약방에서 구입하여 사용하거나 농약 회사에서 공급받아 사용하였다.

등얼룩풍뎅이에 대한 효과 검증

온실시험

시험 화분 준비

등얼룩풍뎅이이에 대한 온실시험을 위하여 25×50×20 cm 크기의 사각 화분에 골프장 양식장에서 3.2 mm 예고로 관리되고 있는 크리핑벤트그래스(*Agrostis stolonifera*, 'Shark')와 20 mm로 관리되고 있는 중지계통 들잔디(*Zoysia japonica*)를 이식하고, 잔디가 건조하지 않도록 관수하였다.

등얼룩풍뎅이 유충 채집 및 접종

안양컨트리클럽 내 등얼룩풍뎅이 굼벵이 다발생지역의 잔디를 삽으로 20×20 cm^2 들어내어 뿌리 주변에 서식하고 있는 굼벵이를 채집하였다. 채집한 굼벵이는 상기에 준비된 화분에 10마리 내외씩을 방사한 후, 화분의 생육환경에 적응하도록 4주간 온실 내에 두면서 잔디와 토양이 건조되지 않도록 물 관리를 하였다. 4주 후 각각의 화분에서 살아있는 굼벵이를 채집하여 굼벵이가 접종되어 있지 않는 화분의 잔디 표면에 10마리씩 방사 후 잔디 내로 들어가게 하였다. 굼벵이의 잔디 내 이동을 원활하게 하기 위하여 화분과 접한 가장자리 잔디 1 cm를 칼로 잘라 잔디를 제거한 후 접종하였다. 굼벵이가 접종 한 화분에 정착이 될 수 있도록 4일 후 약제를 처리하였다.

농약 살포와 사충률 조사

위에서 준비 된 각 초종별 화분 3개씩을 임의로 선정하여 1×1 m^2 공간에 배치시켰다. 여기에 pump up spray (Master Ergo, Marolex, Poland)를 이용하여 골프장 코스에 처리하는 방법과 동일하게 희석된 농약 200 mL를 살포하고, 추가로 물 800 mL를 관수하였다. 이와 같은 방법은 골프장 잔디에서 엽면살포가 아닌 관주 처리시 희석한 약제를 분무장치를 이용하여 관주처리 할 경우 많은 시간과 노동력이 필요하기 때문에 고농도의 약제를 살포하고, 관수 시스템을 이용하여 추가적인 관수를 통해 처리 약제의 최종 희석 배수를 맞추는 방법이 효과적이다(Lee and Potter, 2013). 따라서 본 연구에서도 이러한 현실을 고려하여 최종 농도보다 5배 높은 약량을 5배 적은 물량으로 살포 후, 관수 시스템을 이용하여 5배량의 물을 추가 관수하여 최종적인 희석 농도를 맞추는 방법으로 실험을 수행하였다. 이미다클로프리드 분산성액제는 200배로 희석하여 처리하였고(관수 후 최종 희석배수: 1,000배), 티아메톡삼은 1,000배(관수 후 최종 희석배수: 5,000배)로 희석하여 처리하였으며 클로란트라닐리프롤은 2,000배(관수 후 최종 희석배수: 10,000배)와 4,000배(관수 후 최종 희석배수: 20,000배)로 희석하여 처리하였다. 무처리구는 물만 200 mL 살포하였다. 살포 후 각각의 화분들은 완전임의배치하여 온실 내에 두면서 매일 잔디와 토양의 건조유무를 조사하여 필요 시 마다 관수처리 하였다. 하나의 화분을 한 반복으로 3반복 처리하였으며 처리 56일 후 각각의 화분에서 잔디를 들어 내어 잔디 뿌리와 토양에 생존하고 있는 굼벵이 수를 조사하여 치사율을 구하였다.

야외시험

야외시험은 2017년 8월 24일 안양컨트리클럽 4번홀 그린 주변의 켄터키블루그래스(*Poa pratensis*)가 식재 된 러프지역에서 수행하였다. 1 m^2 크기의 시험구를 설정하였는데 시험구와 시험구 사이는 0.5 m 간격의 이격거리를 두어 처리 간 처리 약제의 혼입을 방지하였다. 사전밀도 조사는 직경 108 mm 홀커터를 이용하여 시험구 3곳의 잔디를 들어내어 토양에 서식하는 굼벵이의 수를 조사 하였다. 약제 살포는 골프카 밧데리에 전원을 연결하여 사용하는 100 L sprayer (AG Spray, Farm Implement & Supply, Plainville, USA)를 이용하여 m^2당 200 mL를 살포하였다. 처리는 클로란트라닐리프롤 2,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 10,000배)와 4,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 20,000배)를 처리하였다. 무처리구는 물만 200 mL 살포 후 시험구 전체를 골프장에 설치되어 있는 스프링클러를 이용하여 m^2당 800 mL씩이 관수되도록 하였다. 약제 처리 56일 후 사전밀도 조사와 동일한 방법으로 각각의 시험구에서 직경 108 mm 홀커터를 이용하여 세 지점의 굼벵이 밀도를 조사하였다. 약제 처리 전 대비 생충수를 이용하여 사충률을 산정하였다. 3반복 수행하였다.

검거세미밤나방에 대한 효과 검정

검거세미밤나방에 대한 효과시험은 검거세미밤나방 유충의 피해가 발생하고 있는 골프장 그린에서 수행하였다. 시험은 2017년 7월 5일 동래베네스트골프클럽 파3골프장 3번과 5번, 7번홀 그린에서 수행하였는데 크리핑벤트그래스(*Agrostis stolonifera*, 'CY-2')로 조성된 그린이었다. 3번 그린에서의 시험은 비펜트린 17.15% 액상수화제 2,000배액(관수 처리 후 최종 희석배수: 10,000배), 페니트로티온 50% 유제 200배액(관수 처리 후 최종 희석배수: 1,000배), 클로란트라닐리프롤 13.35% 액상수화제 6,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 30,000배)와 4,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 20,000배)를 m^2당 200 mL처리하였다. 1 m^2크기의 시험구를 설정였는데 시험구와 시험구 사이는 0.5 m 간격의 이격거리를 두어 처리 간 약제의 혼입을 방지하였다. 약제 처리는 100 L sprayer (AG Spray, Farm Implement & Supply, Plainville, USA)를 이용하여 처리하였고, 무처리구는 물만 살포하였으면 3반복 수행하였다. 약제 처리 후 m^2당 800 mL의 물을 스프링클러로 추가 관수하였다. 검거세미밤나방에 의한 잔디 피해는 Fig. 1과 같이 지제부 서식지를 중심으로 불규칙적인 원형모양의 피해 흔적이 발생하고, 이동 경로를 따라 식해 부분들이 연결되어 나타난다. 생물의 밀도 조사 방법들에는 활동 흔적과 같은 종적을 조사하는 상대밀도 조사방법이 있는데(Hyun, 2009) 본 조사에서도 이러한 검거세미밤나방의 잔디에 대한 가해 식흔을 활동 종적으로 간주하여 약효를 평가하였다. 즉 Fig. 1과 같이 잔디에 나타난 불규칙한 원형 모양의 식흔 수를 처리 구역 내에서 처리 전과 처리 후로 구분하여 조사하여 상대적 수의 증감을 계산하였다. 조사는 처리 전과 처리 7, 14, 21, 28일 후에 수행하였다.

5번 그린과 7번 그린에서의 시험은 실증시험의 개념으로 시험을 수행하였다. 5번 그린에서는 전체 그린을 3부분으로 구분한 뒤 페니트로티온 50% 유제 200배액(관수 처리 후 최종 희석배수: 1,000배)과 클로란트라닐리프롤 13.35% 액상수화제 4,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 20,000배), 무처리구로 구분하여 100 L sprayer (AG Spray, Farm Implement & Supply, Plainville, USA)를 이용하여 m^2당 200 mL씩 7월 5일 살포하였다. 약제 처리 후 m^2당 800 mL의 물을 스프링클러로 추가 관수하였다. 7번 그린에서도 동일한 날짜에 5번 그린과 동일한 방법으로 처리하였는데 클로란트라닐리프롤 13.35% 액상수화제만 6,000배(관수 처리 후 최종 희석배수: 30,000배)로 다르게 처리하였다. 두 그린 모두 단구제로 시험구를 설정한 뒤 각 시험구를 네 등분하고, 각각의 등분한 곳에서 가로×세로 1 m크기의 방향구를 임의로 5곳에 투척하여 3번 그린에서 검거세미밤나방의 상대밀도 조사방법과 동일한 방법으로 피해 식흔 수를 조사하였다. 조사는 처리 전과 처리 7, 14, 21, 42일 후에 수행하였다.

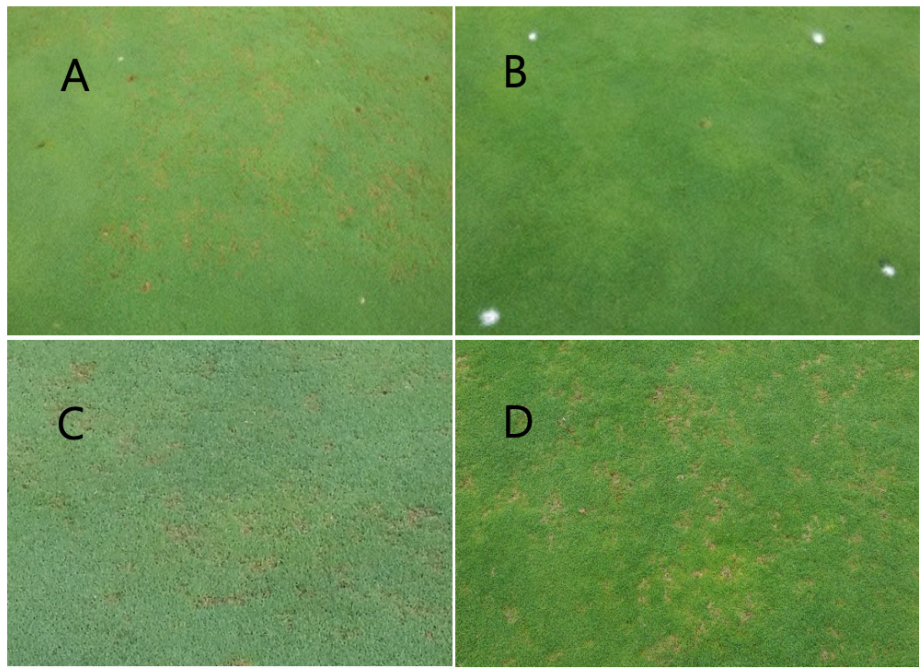

Fig. 1. Photo of damage caused by black cutworm feeding on turfgrass. A: Before treatment of clorantraniliprole; B: After treatment of clorantraniliprole; C: Before treatment of untreated control; D: After treatment of untreated control.

통계분석

등얼룩풍뎅이 치사율과 검거세미나방에 식흔 증가율 자료는 SAS프로그램을 이용하여 처리 평균간 차이를 Tukey test로 분산분석하였다(SAS Institute, 2011). 모든 자료는 평균±표준편차로 표시하였다.

결과 및 고찰

온실 화분에서 등얼룩풍뎅이에 대한 처리 살충제들의 효과는 약종별에 따라 살충률에 차이를 보였다(df=7, 16, F=3.44, P<0.0192)(Fig. 2). 두 잔디 초종 모두에서 클로란트라닐리프롤 4,000배 처리의 살충률이 가장 높았으며 이미다클로프리드의 약효가 가장 낮았다(Fig. 2). 초종 간 약효는 전체적으로 들잔디에서 등얼룩풍뎅이 치사효과가 높았으나 통계적 유의성은 없었다(Fig. 2).

온실에서 등얼룩풍뎅이 유충에 대한 살충력이 가장 높았던 클로란트라닐리프롤을 골프장에 처리한 결과 처리 56일 후 치사율은 4,000배(최종 희석배수 20,000배) 처리에서는 96.3±6.5%, 6,000배(최종 희석배수 30,000배) 처리에서는 87.8±10.7%로 무처리구의 42.6±17.95에 비하여 통계적으로 유의하게 높았는데(df=2, 6, F=15.75, P<0.0041) 보정사충율은 각각 93.6%와 78.7%를 나타내었다.

검거세미밤나방에 대한 섭식량의 증감을 이용하여 살충제 처리별 효과를 조사한 결과 약제별로 차이가 있었는데 클로란트라닐리프롤 처리에서는 4,000배(최종 희석배수 20,000배) 처리나 6,000배(최종 희석배수 30,000배) 처리 모두 4주 후까지 피해흔적이 100% 감소하였고, 비펜트린 2,000배액(최종 희석배수 10,000배) 처리에서도 처리 4주 후까지 88.9%의 감소율을 보였다(df=4, 10, F=148.6, P<0.0001)(Table 1). 페니트로티온 200배액(최종 희석배수 1,000배) 처리에서는 처리 2주후까지는 피해흔적 감소율이 77.8%를 보였으며(df=4, 10, F=4.71, P<0.0214) 처리 3주 후부터는 22.3%이상 증가하는 양상을 보였으나 무처리구에서 283.3%이상 증가한 것에 비해서는 통계적 차이를 보였다(df=4, 10, F=16.35, P<0.0002)(Table 1).

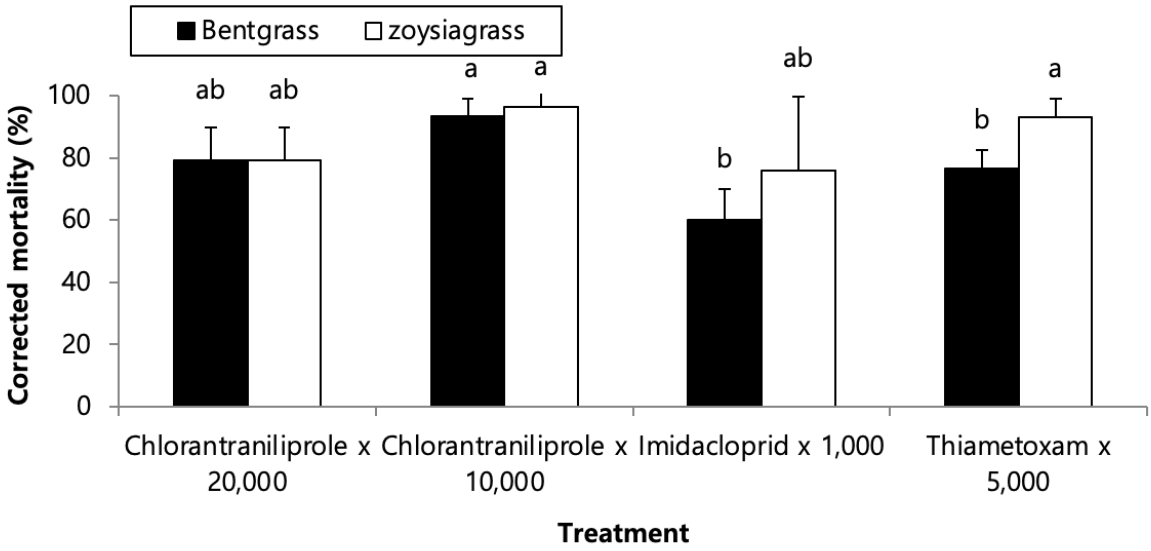

Fig. 2. Corrected mortality of 3rd instar *Blitopertha orientalis* after 56 days of insecticide treatment in bentgrass and zoysiagrass planting pot. a, b: The same lowercase letter on the bars indicate that there is no significant difference among means based on Tukey's Test (P<0.05). Bar was standard deviation.

Table 1. Changes in the rate of increase in black cut worm damage traces according to each treated insecticides in bentgrass green of the 3rd hole of Dongrae Benest Par 3 Golf Club.

Treatment[x]	Application rate (mL·m^{-2})	Mean no. of damage traces before treatment/m^2±SD	Increasing rate of damage trace (%)±SD			
			7 DAT[y]	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Bifenthrin SC	0.2	2.0±1.0	-100±0b[z]	-88.9±19.2b	-88.9±19.2b	-88.9±19.2b
Chlorantraniliprole SC	0.03	4.3±3.2	-100±0b	-100±0b	-100±0b	-100±0b
Chlorantraniliprole SC	0.05	4.0±1.7	-100±0b	-100±0b	-100±0b	-100±0b
Fenitrothion EC	1.0	3.7±0.6	-91.7±14.4b	-77.8±38.5ab	22.2±45.9b	52.8±89.1b
Control	-	4.7±0.6	-40.0±40.0a	51.7±107.3a	283.3±149.8a	2066.7±288.7a

On July 5th, spraying insecticides on the green.

[x] SC: Suspension concentrate;.EC: Emulsifiable concentrate.

[y] DAT: Days after treatment.

[z] a, b: Means followed by same lowercase letters within the column are not significantly different (Tukey's Test, P<0.05).

클로란트라닐리프롤 6,000배 처리 실증시험 결과 처리 6주후까지 100%의 피해흔적 감소율을 보였다(df=2, 9, F=36.02, P<0.0001)(Table 2). 대조약제로 사용한 페니트로티온 200배액(최종 희석배수 1,000배) 처리에서는 처리 2주 후까지 83.2%의 피해 흔적 감소율을 보였으나(df=2, 9, F=101.66, P<0.0001), 3주후에는 39.3%의 감소율을 보였고(df=2, 9, F=46.66, P<0.0001), 6주차에는 461.9% 증가하였으나 무처리구의 4227.0%에 비해서는 9배이상 증가율이 적었다(df=2, 9, F=36.02, P<0.0001)(Table 2).

클로란트라닐리프롤 4,000배(최종 희석배수 20,000배) 처리 실증시험 결과도 처리 6주후까지 100%의 피해 흔적 감소율을 보였다(df=2, 9, F=20.48, P<0.0004)(Table 3). 대조약제로 사용한 페니트로티온 200배액(최종 희석배수 1,000배) 처리에서는 이전 시험과 유사한 경향을 보여 처리 2주 후까지 93.9%의 피해 흔적 감소율을 보였으나(df=2, 9, F=70.92, P<0.0001), 3주 후에는 57.4%의 감소율을 보였고(df=2, 9, F=67.95, P<0.0001), 6주차에는 1134.7% 증가하였으나 무처리구에 비해서는 6.9배이상 증가율이 적었다(df=2, 9, F=20.48, P<0.0001)(Table 3).

Table 2. Changes in the rate of increase in black cut worm damage traces according to each treated insecticides in bentgrass green of the 5th hole of Dongrae Benest Par 3 Golf Club.

Treatment[x]	Application rate (mL·m^{-2})	Mean no. of damage traces before treatment/m^2±SD	Increasing rate of damage trace (%)±SD			
			7 DAT[y]	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Chlorantraniliprole SC	0.05	9.8±2.9	-100±0b[z]	-100±0b	-100±0b	-100±0b
Fenitrothion EC	1.0	22.8±4.6	-98.0±2.3b	-83.2±9.6a	-39.3±31.1b	461.8±122.8b
Control	-	12.5±3.9	104.0±95.9a	267.7±70.7a	580.8±188.5a	4227.0±1441.9a

On July 5th, spraying insecticides on the green.

[x] SC: Suspension concentrate; EC: Emulsifiable concentrate.

[y] DAT: Days after treatment.

[z] a, b: Means followed by same lowercase letters within the column are not significantly different (Tukey's Test, P<0.05).

Table 3. Changes in the rate of increase in black cut worm damage traces according to each treated insecticides in bentgrass green of the 6th hole of Dongrae Benest Par 3 Golf Club.

Treatment[x]	Application rate (mL·m^{-2})	Mean no. of damage traces before treatment/m^2±SD	Increasing rate of damage trace (%)±SD			
			7 DAT[y]	14 DAT	21 DAT	28 DAT
Chlorantraniliprole SC	0.03	3.8±1.5	-100±0b[z]	-100±0b	-100±0b	-100±0b
Fenitrothion EC	1.0	12.3±1.3	-100±0b	-93.9±4.1a	-57.4±33.5b	1134.7±240.5b
Control	-	7.0±2.4	97.2±84.8a	664.6±180.8a	1847.2±466.2a	7886.1±3281.8a

On July 5th, spraying insecticides on the green.

[x] SC: Suspension concentrate; EC: Emulsifiable concentrate.

[y] DAT: Days after treatment.

[z] a, b: Means followed by same lowercase letters within the column are not significantly different (Tukey's Test, P<0.05).

클로란트라닐리프롤은 등얼룩풍뎅이나 검거세미밤나방 모두에 효과가 높았지만 약효를 보이는 처리 약량은 차이가 있어 검거세미밤나방 식흔 증가율은 6,000배(최종 희석배수 30,000배) 처리까지 42일간 약효가 지속된 반면에 굼벵이에 대해서는 4,000배(최종 희석배수 20,000배) 처리에서는 70%대의 보정사충율을 보였고, 2,000배(최종 희석배수 10,000배) 처리에서 90%이상의 효과를 보여 나방류에 대한 감수성이 2배이상 높게 나타났다. 우리나라에서 잔디에 피해를 주로 주는 대표적인 굼벵이류인 등얼룩풍뎅이와 녹색콩풍뎅이의 성충활동 최성기는 7월 중순이고, 이 시기를 전후하여 산란을 개시하는데 등얼룩풍뎅이는 7월 하순에 알과 1, 2령충이 혼재하여 발생하고, 8월 하순에는 2령충과 3령충이 혼재하여 발생하였다(Choo et al., 2002; Lee et al., 2007). 검거세미밤나방은 수원지역 특작포장에서 유아등 조사한 결과에 의하면 성충발생 최성기가 6월 중순, 8월 중순, 9월 하순이고, 알기간은 4.2일, 유충기간은 29.6일이었고(Kim et al., 1980), Lee et al. (2014)이 잔디재배지에서 페로몬 트랩을 이용한 성충발생 조사에서는 지역에 따라 차이는 있지만 5월에서 10월까지 채집되었고, 진주와 합천지역애서는 6월 하순과 9월 초순, 남해지역에서는 6월 초순과 9월 초순에 유인수가 많았다. 따라서 검거세미밤나방이나 굼벵이류의 발생시기가 지역간에 차이가 있지만 굼벵이를 대상으로 하는 방제는 클로란트라닐리프롤과 같은 침투이행력이 있는 약제의 경우 굼벵이류의 섭식이 왕성해지는 3령기를 대상으로 8월 중 · 하순경이 적절할 것으로 생각되며 검거세미밤나방의 경우 성충발생 최성기 5일 이후나 피해 흔적이 나타나는 초기시기가 방제적기로 생각되는데 본 연구에서는 등얼룩풍뎅이의 경우 8월 하순에 야외시험을 수행하였고, 검거세미밤나방의 경우 7월 초순에 시험을 수행하여 효과적인 방제결과가 도출되었다. 골프장에서 굼벵이 방제는 피해가 발생하기 전에 살충제를 처리하여 예방적 차원의 관리를 하는 방법과 9월 이후에 굼벵이 피해에 의한 잔디 피해가 나타날 때 방제하는 방법을 적용하는데 후자의 경우 잔디의 생육저하나 고사라는 직접적 피해 뿐 만 아니라 조류나 멧돼지와 같은 야생동물에 의한 잔디 파헤침 피해가 발생한 이후에 방제가 진행되는 경우들이 있어 방제의 실용성 부분에서는

부적절한 방법이다. 따라서 클로란트라닐리프롤과 같은 침투이행성을 가지며 약효 지속기간이 비교적 긴 약제를 해충에 의한 피해 표징이 나타나기 전에 처리하는 것이 효과적인 방법이다. 클로란트라닐리프롤은 검거세미밤나방 섭식피해 억제를 6주까지 유지하였는데 열대거세미나방 유충에 대해서도 28일차까지 53.1%의 치사율을 보여 동일 디아마이드 계열의 cyantraniliprole이나 flubendiamide에 비하여 약효 지속성이 높았다(Hardke et al., 2011). 이러한 약효 지속성은 낮은 농도에서도 생리활성에 영향을 미치기 때문으로 생각되는데 검거세미밤나방에 대하여 클로란트라닐리프롤은 낮은 농도에서도 정상적인 소화나 섭식, 효소활성, 호르몬 수준이나 생식, 발육 등을 저해하는 것으로 알려져 있다(He et al., 2019). 따라서 8월 중순경에 발생하는 검거세미밤나방 개체군의 경우 풍뎅이류와 동시방제가 가능할 것으로 생각되며 9월 초순에 발생하는 검거세미밤나방 개체군의 경우도 8월 중・하순에 굼벵이 방제용으로 처리한 클로란트라닐리프롤에 의해 피해 억제가 가능할 것으로 생각된다. 굼벵이류와 나방류 해충이 혼재하여 발생하는 곳에서는 대상 해충의 발생생태를 고려하여 효율적인 체계처리 방법을 강구해야 할 것으로 판단된다. 한편 클로란트라닐리프롤은 들잔디와 벤트그래스 모두에서 풍뎅이 방제효과의 차이가 없었는데 우리나라 대부분의 골프장이 그린의 경우 벤트그래스로 조성하고, 페어웨이나 러프의 경우 난지형 잔디를 식재하여 두 초종이 혼재하는 상황에서 두 초종 간 약효 차이를 보이지 않아 적용의 효용성이 높을 것으로 생각된다. 1년 1세대를 경과하는 대부분의 풍뎅이류(Potter, 1998)와는 달리 검거세미밤나방이나 거세미나방은 1년 2-3세대를 경과하고(Kim et al., 1980), 기주의 종류에 따라 선호성과 섭식량, 성장에 차이를 보여 개체군별로 혼재된 생활사를 가질 수 있다(Lee et al., 2019). 또한 유충기간이 30일 내외로 긴 생활사를 갖는 것(Kim et al., 1980)도 방제시기와 횟수를 결정하는데 제약이 되고 있는데 속효적으로 약효가 짧은 약제의 경우 살포횟수의 증가를 가져와 더 많은 노동력의 투입이 필요하게 된다. 따라서 이런 여러 가지 관리적 요인들을 종합적으로 고려한 체계적 병해충 관리가 골프장 잔디 관리에 필요할 것으로 판단되는데 클로란트라닐리프롤과 같이 약효 지속기간이 상대적으로 긴 약제의 경우 적용 범위가 높을 것으로 생각된다. 그러나 클로란트라닐리프롤과 같은 살충제그룹28에 속하는 약제들은 대상 해충이 여러 세대에 노출되면 저항성 발달의 우려가 있기 때문에 한 세대에 2회 이내의 살포가 이루어지도록 관리가 필요하다(KCPA, 2020). 한편 전체적으로 약제 처리 방법을 대면적의 골프장에 관주 처리 시 활용할 수 있는 실용적인 방법인 고농도의 적은 살포물량 처리 후 추가 관수를 통해 잔디에 투입되는 최종적인 희석 배수를 맞추는 방법으로 처리(Lee and Potter, 2015)하였는데 약해는 발생하지 않고, 효과는 우수하게 나타나 골프장 잔디관리에 실용적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

클로란트라닐리프롤은 새로운 작용기를 가지는 디아마이드계 농약으로 나비목을 비롯한 다양한 해충에 적용되고 있다. 잔디 해충 방제제로도 등록되어 있는 클로란트라닐리프롤의 골프장에서 효율적인 적용을 위한 기초자료를 얻기 위하여 등얼룩풍뎅이에 대한 약효를 한지형 잔디와 난지형 잔디로 구분하여 조사하였고, 골프장 잔디에서 가장 문제시되는 나방류 해충의 하나인 검거세미밤나방에 대한 약효 지속성을 조사하였다. 온실 시험에서 클로란트라닐리프롤은 들잔디와 벤트그래스 초종간에 약효 차이가 없었으며 2,000배(추가 관수 후 최종 희석 배수 10,000배 처리) 처리 시 온실과 야외시험 모두 90%이상의 보정사충률을 보였다. 검거세미밤나방 피해 식흔 증가율을 이용하여 약효의 지속성을 조사한 결과 클로란트라닐리프롤 4,000배(추가 관수 후 최종 희석 배수 20,000배 처리) 와 8,000배(추가 관수 후 최종 희석 배수 40,000배 처리) 처리 모두에서 42일 후까지 약효가 지속되었다. 굼벵이류와 나방류가 혼재하여 발생 할 경우 클로란트라닐리프롤 처리로 동시방제가 가능 할 것으로 생각되며 다양한 체계처리 방법에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

주요어: 검거세미나방, 등얼룩풍뎅이, 생물검정, 섭식 흔적, 클로란트라닐리프롤

Acknowledgements

This research was carry out with the support of the Syngenta Korea's funding.

Authors Information

Chong Chang Shin, Lakeside Country Club, Ph.D.

Oh-Gyeong Kwon, Syngenta Korea Ltd., and Kyungpook National University, Ph.D. student.

Jeong Hoi Kim, Anyang Country Club, Bachelor.

Jong Gyung Kim, Dongrae Benest Golf Club, Master.

DongWoon Lee, https://orcid.org/0000-0001-9751-5390.

References

Choo, H.Y. and Lee, D.W. 2017. Research review on turfgrass insect pests in Korea. Weed Turf. Sci. 6:77-85. (In Korean)

Choo, H.Y., Lee, D.W., Lee, S.M., Kweon, T.W., Sung, Y.T., et al. 1998. White grubs in turfgrasses of golf courses and their seasonal density. Kor. Turfgrass Sci. 12:225-236. (In Korean)

Choo, H.Y., Lee, D.W., Lee, S.M., Lee, T.W., Choi, W.G., et al. 2000. Turfgrass insect pests and natural enemies in golf courses. Korean J. Appl. Entomol. 39:225-236. (In Korean)

Choo, H.Y., Lee, D.W., Park, J.W., Kaya, H.K., Smitley, D.R., et al. 2002. Life history and spatial distribution of oriental beetle (Coleoptera: scarabaeidae) in golf courses in Korea. J. Econ. Entomol. 95:72-80.

Dinter, A., Brugger, K., Bassi, A., Frost, N.M. and Woodward, M.D. 2008. Chlorantraniliprole (DPX-E2Y45, Rynaxypyr®) (Coragen® 20SC and Altacor® 35WG) - a novel DuPont anthranilic diamide insecticide - demonstrating low toxicity and low risk for beneficial insects and predatory mites. IOBC WPRS Bulletin 35:128-135.

Douressamy, S., Vinothkumar, B. and Kuttalam, S. 2018. Efficacy of chlorantrniliprole 35 WG against borers of sugarcane. J. sugarcane Res. 8:185-194.

Dupuy, M.M. and Ramirez, R.A. 2016. Biology and management of billbugs (Coleoptera: Curculionidae) in turfgrass. J. Integrated Pest Manag. 7:1-10.

Hardke, J.T., Temple, J.H., Leonard, D.R. and Jackson, R.E. 2011. Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist 94:272-278.

He, F., Sun, S., Tan, H., Sun, X., Qin, C., et al. 2019. Chlorantraniliprole against the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae): From biochemical/physiological to demographic responses. Scientific Report 9:10328. https://doi.org/10.1038/s41598-019-46915-0

Hyun, J.S. 2009. General ecology. pp. 204-212. Jiphyunsa, Seoul, Korea. (In Korean)

Kim, H.S., Kim, S.H. and Choi, K.M. 1980. Studies on bionomics and control of cutworms. Korean J. Pl. Prot. 19:244-250. (In Korean)

KCPA (Korea Crop Protection Association). 2020. Crop protection agent guidelines. KCPA, Seoul, Korea. https://www.koreacpa.org (Accessed on 17 Aug. 2020). (In Korean)

Lahm, G.P., Selby, T.P., Freudenberger, J.H., Stevenson, T.M., Myers, B.J., et al. 2005. Insecticidal anthranilic diamides: A new class of potent ryanodine receptor activators. Bioorg. Med. Chem. Lett. 15:4898-4906.

Lahm, G.P., Stevenson, T.M., Selby, T.P., Freudenberger, J.H., Cordova, D., et al. 2007. Rynaxypyr™: A new insecticidal anthrannilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. Bioorg. Med. Chem. Lett. 17:6274-6279.

Lee, C.M., Kwon, O., Lee, K., Lee, S., Choi, S., et al., 2014. Insect pests in turf sod production areas in Korea. Weed Turf. Sci. 3:114-120. (In Korean)

Lee, D.G., Na, H.B., Kim, D.S. and Lee, D.W. 2019. Comparison of development and feeding amount of the black cutworm (*Agrotis ipsilon*) on zoysiagrass (*Zoysia japonica*) and creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). Weed Turf. Sci. 8:75-81.

Lee, D.W., Choo, H.Y., Smitley, D.R., Lee, S.M., Shin, H.K., et al. 2007. Distribution and adult activity of *Popillia quadriguttata* (Coleoptera: Scarabaeidae) on golf courses in Korea. J. Econ. Entomol. 100:103-109.

Lee, D.W. and Potter, D.A. 2015. Effect of essential oils and paraffin oil on black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). Weed Turf. Sci. 2:62-69. (In Korean)

NIAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2017. Detailed guidelines for the pesticide registration test, efficacy and phytotoxicity-Insecticides. p. 318. NIAS, Wanju, Korea. (In Korean)

Peck, D.C., Olmstead, D. and Morales, A. 2008. Application timing and efficacy of alternatives for the insecticidal control of *Tipula paludosa* Meigen (Diptera: Tipulidae), a new invasive pest of turf in the northeastern United States. Pest Manag. Sci. 64:989-1000.

Potter, D.A. 1998. Destructive turfgrass insects biology, diagnosis, and control. Ann Arbor Press, Michigan, USA.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 user's guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.