

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

국내 자생 억새를 가해하는 이화명나방의 방제 처리 효과

유경단* · 이지은 · 장윤희 · 문윤호 · 차영록 · 송연상 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소

Control Effect of Insecticides against *Chilo suppressalis* Walker of Native *Miscanthus* in Korea

Gyeong-Dan Yu*, Ji-Eun Lee, Yun-Hui Jang, Youn-Ho Moon, Young-Lok Cha, Yeon-Sang Song, and Kyeong-Bo Lee

Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 58545, Korea

ABSTRACT. *Miscanthus* are perennial rhizomatous grasses and considered as an ideal cellulosic bioenergy crop. Recently, it was reported that *Miscanthus* was damaged by the larvae of rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker, one of the most destructive pests of rice in Korea since the 1960s. This study was thus conducted to evaluate the insecticidal effects against rice stem borer in the *Miscanthus* cultivation fields for two years. The experiment consisted of four chemical agent plots, one environment-friendly agent plot, and untreated plot. Untreated plot showed significantly high damage of 50%, while Buprofezin·Tebufenozide and Carbosulfan-Methoxyfenozide treatment plots showed low damage rate of 2% with low larvae density of 1 and 2.3 larvae m⁻², respectively. Damage rates of Tebufenozide, ChlorantraniliproleIndoxacarb, and environment-friendly agent (MatrineWood vinegar solution) were 15, 26, and 18%, respectively, which were lower than that of untreated plot but higher than those of Buprofezin·Tebufenozide and Carbosulfan-Methoxyfenozide. In conclusion, rice insecticides were effective against rice stem borer in *Miscanthus* field. In particular, the treatments with Buprofezin·Tebufenozide and Carbosulfan-Methoxyfenozide showed excellent control effects with control value of 93.3 and 95.2. However, further studies with different types of insecticides should be carried out for the selection of insecticides with more effective control of rice stem borer.

Key words: Bioenergy crop, *Chilo suppressalis*, Insecticide, *Miscanthus*, Rice stem borer

Received on October 29, 2016; Revised on November 15, 2016; Accepted on December 7, 2016

*Corresponding author: Phone) +82-61-450-0138, Fax) +82-61-453-0085; E-mail) gyeongdan@korea.kr

© 2016 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/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

억새는 화본과(Poaceae) 중 C4 식물 군인 기장아과(Panicoideae)의 억새속(*Miscanthus*)에 속하는 식물로 세계적으로 17여 종이 자생한다고 알려져 있다. 억새는 우리나라 전 지역에 걸쳐 널리 분포하고 있는 다년생 들풀로서 주로 산지, 제방 등에서 군락 형태로 번식하여 예부터 소나 말의 주요한 조사료로 이용되었으며, 억센 뿌리와 건조한 환경에서의 적응성 때문에 산지의 토양 유실 방지 등에 이용되어왔다(Lee, 1985). 자생 잡초로 여겨지던 억새는 최근 사면녹화, 지역관광자원, 바이오에너지 소재 등의 이용 방안이 대두되고 있으며, 그 중에서도 최근 화석 에너지 고

갈과 기후변화 대응을 위한 비식량 바이오에너지 원료작물로 주목받고 있다(Lewandowski et al., 2000; Koonin, 2006; Atkinson, 2009; Chris et al., 2010). 억새는 지하경으로 번식하는 영년생 식물로서 광합성 효율이 높고 투입 노력 대비 생산 에너지가 많으며 질소 이용효율이 높아 무비재배가 가능하다는 장점을 가지고 있어 바이오에너지작물로서 활용성이 높다(Lewandowski and Schimidt, 2006; Moon et al., 2010). 국내에서는 원산지 국가의 장점을 활용하여 전국적으로 분포되어 있는 다양한 자생 억새 유전자원을 확보하고 야생 잡초인 억새의 바이오에너지작물 전환을 위해 노력해왔으며 그 결과, 2009년 농촌진흥청에서 ‘거대1호’(*M.sacchariflorus* cv. Geodae 1)를 개발하였다(Moon et

al., 2010). ‘거대1호’는 초장이 크고 경태가 굵어 바이오매스 수량이 일반 물억새에 비해 50% 이상 많아 국내 유전 자원을 이용한 바이오매스 생산을 위해 수변구역 및 유희 농경지를 대상으로 재배면적을 확대해 나가고 있다(Moon et al., 2010).

이화명나방(*Chilo suppressalis* Walker, Rice stem borer)은 유충이 벼과 식물을 가해하는 대표적인 해충으로 주로 동남아시아 각국 및 호주 북부 등에 분포하며 국내에서 월동하는 대표적인 벼의 해충이다(Atapour and Moharrampour, 2009; Lee and Park, 1991; Song et al., 1982; Choi et al., 1976). 우리나라에서는 과거 1960년대에 벼에 다수 발생하여 그 피해가 심각한 제 1 해충이었으나 1970년대 초반부터 보급된 다수성 품종과 이에 따른 재배법 변화, 특히 조기 이앙, 조기 수확 등으로 인한 월동율 저하, 집중약제방제 및 기계수확 등의 복합적 요인으로 인하여 유충 발생량이 감소하였다. 이 후 1980년대 후반, 발생량이 다시 증가하는 추세를 보였으나 낮은 밀도를 유지하고 있으며 일부 지역에서 문제가 되는 국지적 해충으로 보고되었다(Uhm et al., 1986; Park and Hyun, 1990; Lee and Park, 1991; Lee, 1999).

최근 ‘거대1호’ 억새를 재배하는 시험포장에서 억새 줄기를 뚫고 들어가 속대를 가해하는 이화명나방 유충이 발견되었고 이로 인해 줄기가 부러지는 등 피해가 발생하고 있다. 그 동안 3배체 억새(*M. × giganteus*)에서 진딧물과의 해충 발견과 거대억새 재배 단지 내에서 멸구류 등이 관찰되었다고 보고된 바 있으나 이화명나방 피해에 대한 보고는 없었다(Kang et al., 2014; Jeffrey et al., 2010). 이후 억새밭에 발생하는 이화명나방 유충의 월동 양상에 대한 연구결과가 보고되었으나(An et al., 2014) 이화명나방의 방제 방법에 대한 자료는 전무한 실정이다. 국내에서도 억새를 바이오에너지작물로서 이용하기 위하여 대규모로 재배가 이루어짐에 따라 억새 포장에 발생하여 줄기 부러짐 피해를 주는 이화명나방의 효과적인 방제법 개발이 절실하다. 본 연구는 벼에 사용되었던 이화명나방의 방제 약제 처리가

억새에 발생하는 이화명나방 방제에 미치는 효과를 조사하고 최적 방제제 선발을 통해 바이오에너지작물 관리에 적용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소에서 개발한 ‘거대1호’ 억새의 재배 포장인 무안, 화순, 산청 세 지역에서 월동 유충밀도를 조사하고 살충제 처리는 이화명나방 밀도가 가장 높게 나타난 화순 포장에서 2014-2015년 2년간 수행하였다.

‘거대1호’의 이화명나방 유충 발생 밀도는 매년 3월에 조사하였으며, 무안, 화순, 산청 세 지역의 포장을 대상으로 하였다. 거대 1호 억새의 맹아가 출현하기 전 1×1 m 구역에서 전년도 생육 지상부의 지제부를 절단하여 수확하고 지하경은 굴취하였다. 수확된 지상부와 지하경을 세로방향으로 쪼개어 지상부 줄기와 지하경 내부의 이화명나방 유충 유무를 조사하였다. 밀도 조사는 조사 지점별 편차를 줄이기 위하여 세 개 지점에서 각각 샘플을 채취하여 수행되었다.

또한 월동 유충 밀도조사 후 이화명나방이 발생한 포장에서 거대억새 1호의 생육 상태를 알아보기 위하여 억새 맹아 출현 시기인 3월부터 1화기 이화명나방 유충이 발생하는 7월까지 월별로 지상부 생육 조사를 실시하였다. 생육 조사는 5개의 줄기를 지제부에서 절단하여 초장 및 줄기 굵기 등을 측정하였다. 초장은 절단한 지제부로부터 가장 긴 잎 끝까지를 측정하였으며 줄기 굵기는 버니어캘리퍼스를 이용하여 두 번째 마디를 측정하였다.

억새 포장에 발생하는 이화명나방 방제 효과 조사를 위해 1화기 이화명나방 발생 최성기 9-12일 이후 포장 내 10×30 m 면적으로 구획을 나누어 벼용 이화명나방 방제 약제를 처리하였다. 이 시험에 사용된 살충제는 시판제로서 혼합제 3종, 벤조일하이드라진계 1종, 기타 1종으로 총 5종이며, 이들의 일반명, 상품명, 제형, 유효성분량 및 추천 농도는 Table 1과 같다. 약제 처리 이후 약제 처리 효과는

Table 1. List of insecticides used for controlling *Chilo suppressalis* Walker.

Abbreviation	Common name	Trade name	Manufacturer	Recommended conc. (ppm)	Formulation ^y and AI (%) ^z
BT	Buprofezin + Tebufenozide	Onnuri	Kyungnong	1000	WP 12+5
CM	Carbiosulfan + Methoxyfenozide	Hongmyeongtan	Nonghyup chemical	1000	WP 5+3
TF	Tebufenozide	Mimik	Kyungnong	1000	WP 8
CI	Chlorantraniliprole + Indoxacarb	Allise	Dongbangagro	335	WG 3+4
MW	Matrine + Wood vinegar solution	Myeolchungdaejang	Nature&Fuure	1000	PE 91+5

^yWP: wettable powder; WG: water dispersible granule; PE: plant extract.

^zActive Ingredient.

지상부의 1화기 유충의 밀도와 흡입공을 조사하여 비교하였다. 줄기 피해율과 유충밀도 조사를 위하여 무처리구와 약제 처리구별로 1×1 m 크기의 3개 지점을 무작위로 선정하여 조사지점별로 50개의 역새 줄기를 채취하였으며, 줄기 피해율은 이화명나방에 의하여 구멍이 뚫린 줄기 (wormhole)수를 조사하였고 유충 밀도는 줄기 최하단부부터 세로 방향으로 쪼개어 조사하였다. 약제의 방제효과를 나타내는 수치인 방제가는 [(무처리구의 발생정도-처리구의 발생정도)/무처리구의 발생정도]×100으로 산출하였다.

통계분석은 R (version 3.3.1)을 이용하여 분산분석(analysis of variance)을 하였고 이화명나방 유충에 대한 약제 방제 효과는 P<0.05 수준에서 Duncan의 다중범위 검정으로 처리간의 유의성을 검정하였으며, 약제 처리 후 유충 밀도는 무처리구와 약제처리구간 two sample t-test 방법으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

역새 맹아가 출현하기 이전인 3월에 역새 재배 지역 3곳에서 역새 지하경에 월동하고 있는 이화명나방 월동 유충 밀도를 조사한 결과, 조사 시점인 3월의 이화명나방은 대부분 지하경이나 지제부 근처에서 발견되었으며 이는 앞서 보고된 An et al. (2014)과 같은 결과를 보였다(Fig. 1D). 화순 포장에서 월동 유충 발생량은 2014년 세 지점의 합

이 지상부 7마리, 지하경 9마리로 나타났고 지상부의 경우 거의 대부분의 유충이 줄기가 아닌 지제부에서 발견되었다. 산청 포장에서는 세 지점에서 총 32마리의 유충이 발견되었고 그 중 26마리가 지상부에서 6마리가 지하경에서 발견되었다. 지역별 조사 줄기수에 따른 월동 유충 밀도는 2014년의 경우 화순 포장 6%, 산청 5%, 무안 0%로 나타났고 2015년 화순 3%, 산청 3%, 무안 1%로 전년에 비해 감소하였다(Table 2). 각 재배 지역별로 월동 유충 밀도는 차이가 있었으며 화순 지역의 경우 2014-2015년 모두 다른 지역에 비해 유충 밀도가 높게 나타났다. 2014년도 조사 결과를 토대로 이화명나방의 발생이 가장 많았던 화순 포장을 방제 시험 장소로 선정하고 이후 실험을 수행하였다.

이화명나방 월동 유충 밀도가 역새 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 유충 밀도가 높았던 화순지역을 대상으로 역새의 생육을 조사한 결과, 2014년 1화기 이화명나방 발생 시기인 6월에는 평균 초장 208 cm, 1화기 이화명나방 방제 약제 처리 이후인 7-8월 조사에서도 초장은 263 cm, 300 cm로 성장하였으며, 2화기 이화명나방 발생 및 역새 출수가 완료된 11월 생육조사에서 332.6 cm의 초장을 나타냈다(Fig. 2A). 경태 조사에서도 6월 8.6 mm, 8월 9.4 mm, 10월 10.8 mm로 생육이 이루어졌으며 11월 엽수 평균은 17.8개로 생육은 정상적으로 이루어진 것으로 고려되었다. 2015년 생육조사 결과에서도 초장, 줄기 굵기 등에서 이화명나방 발생으로 인한 생육 피해는 보이지 않았다(Fig. 2B,

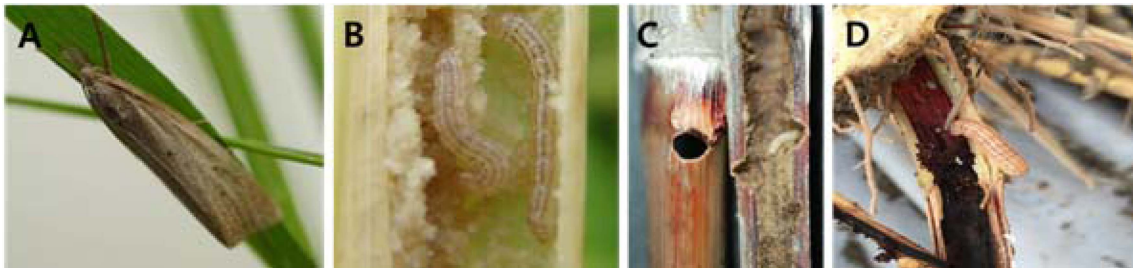


Fig. 1. *Chilo suppressalis* Walker occurred in the bioenergy crop *Miscanthus*. (A: adults; B: larvae in stem; C: wormhole; D: overwintering larvae in rhizome).

Table 2. Overwintering rice stem borer larvae density observed in stems and rhizomes of *Miscanthus*.

Region	Year	The number of stems investigated	Number of stems or rhizomes infected with larvae		Larvae infection (%)
			Stems	Rhizomes	
Muan	2014	191	0	0	0
	2015	141	0	1	1
Hwasun	2014	99	7	9	6
	2015	115	2	1	3
Sancheong	2014	154	26	6	5
	2015	152	3	1	3

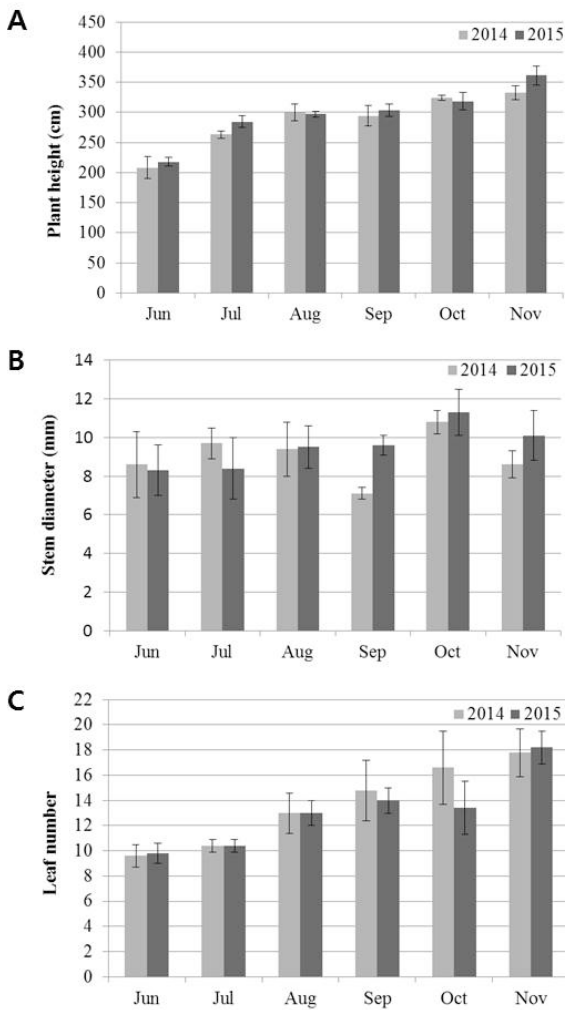


Fig. 2. Growth characteristics in plant height (A), stem diameter (B), and leaf number (C) of *Miscanthus* during occurrence of the first and the second generation of moth in Hwasun area. The vertical bars indicate standard deviation of five replications.

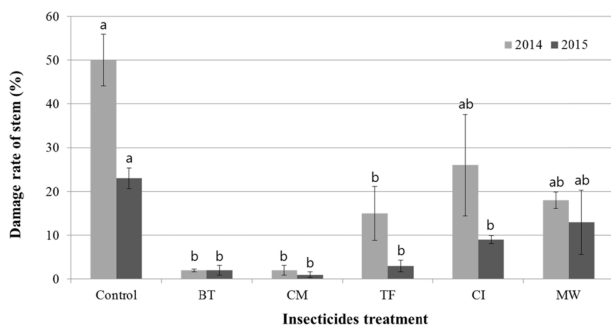


Fig. 3. Damage (%) by rice stem borer in *Miscanthus* stem after insecticide treatment during 2 years. BT: Buprofezin + Tebufenozide; CM: Carbosulfan + Methoxyfenozide; TF: Tebufenozide; CI: Chlorantraniliprole + Indoxacarb; MW: Matrine + Wood vinegar solution. The vertical bars indicate standard error of three replications. Different letters above the bars indicate significantly different value ($P < 0.05$) calculated using one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a DMRT test ($P < 0.05$).

C). 이러한 결과는 앞서 보고된 이화명나방으로 인한 억새 쓰러짐 현상은 강풍 등 외부환경이 동반된 결과에 의한 것이며 억새의 초장 등 생육 정도에는 영향을 미치지 않음을 나타내는 것으로 사료된다.

이화명나방 유충의 가해로 인한 피해정도 및 방제 처리 효과를 조사하기 위하여 1화기 발생 최성기 9-12일 이후 벼용 살충제 4종과 친환경제 1종을 살포하고 2화기 이화명나방 발생 이전인 7월 말경에 처리 효과를 조사하였다. 약제처리에 따른 이화명나방에 의한 줄기 피해율을 조사한 결과 2014년에는 무처리구에서 50%의 줄기 피해율이 나타났고 BT 처리구 2%, CM 처리구 2%, TF 처리구 15%, CI 처리구 26%, MW 처리구 18%의 피해율을 보였다(Fig. 3). 2015년에는 무처리구에서 23%의 줄기 피해율이 나타났고 BT 처리구 2%, CM 처리구 1%, TF 처리구 3%, CI 처리구 26%, MW 처리구 18%의 피해율을 보였다. 2014년과 2015년 모두 약제 처리구가 무처리구보다 줄기 피해율이 유의적으로 낮아 약제처리에 의한 줄기 피해 억제 효과가 인정되었으며 2014년에는 BT, CM, TF 처리구가 CI, MW 처리구보다 줄기 피해율이 낮았고, 2015년에는 BT, CM, TF, CI 처리구가 MW 처리구보다 줄기 피해율이 낮았다. 2년간의 살충제 처리별 방제기는 BT 93.3, CM 95.2, TF 79.7, CI 54.4, MW 53.8로 BT 처리와 CM 처리의 방제기가 높았다.

이화명나방의 유충 밀도는 무처리구에서 2014년에 m^2 당 7.7마리, 2015년에는 3.3마리였으며 BT 처리구에서는 2014년과 2015년에 각각 1.0, 0.3마리, CM 처리구에서는 각각 2.3, 0.3마리로 무처리구에 비해 유충 밀도가 유의적으로 낮았다(Fig. 4). TF 처리구는 2014년에는 2.7개로 무처리구와 차이가 없었으나, 2015년에는 0.3마리로 무처리구보다 낮았으며 CI 처리구와 MW 처리구는 각각 2014년에 1.7, 2.7마리, 2015년에 0.3, 1.7마리로 무처리구와 이화명나방 유충 밀도에 차이가 없었다. 2015년 월동 유충 밀도 조사에서 전년도에 비해 유충 밀도가 50% 감소한 결과를 보인

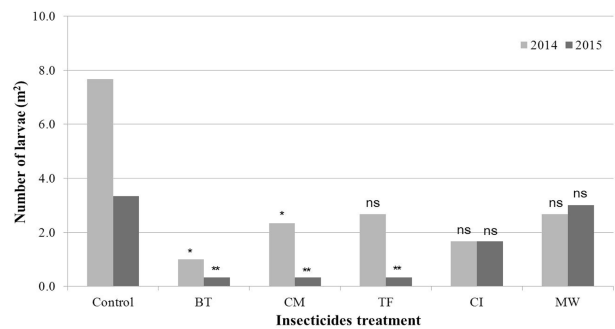


Fig. 4. Rice stem borer larvae density of *Miscanthus* after insecticide treatment. BT: Buprofezin + Tebufenozide; CM: Carbosulfan + Methoxyfenozide; TF: Tebufenozide; CI: Chlorantraniliprole + Indoxacarb; MW: Matrine + Wood vinegar solution.*ns: not significant; *, $P < 0.05$, **, $P < 0.01$.

것과 유사하게 1화기 유충밀도 조사에서도 2014년도에 비해 무처리구의 유충 밀도가 50%이상 감소하여 전체적인 밀도가 매우 낮게 조사되었다.

2년간 약제처리에 따른 이화명나방에 의한 줄기피해율과 이화명나방 유충 밀도를 종합적으로 고려한 결과 BT와 CM 처리가 줄기피해율 및 유충밀도 억제에 가장 효과적인 것으로 고려되었다. 친환경 약제인 MW도 무처리구에 비해서 이화명나방에 의한 줄기 피해의 억제 효과가 있어 수변 구역과 같은 지역에서 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

본 연구 결과, 역사 포장에 발생하는 이화명나방 유충은 역사 지상부 수확시기인 3월경 지하경이나 지제부에서 주로 발견되며 월동 유충이 발견된 포장에서의 당해 역사 생육은 큰 영향을 받지 않는 것을 알 수 있었다. 선행 연구 결과로 보고된 역사 포장에서 발생하는 이화명나방의 피해는 유충으로 인한 역사 생육 저하, 고사 등의 피해가 아닌 유충의 줄기 속대 가해로 인해 줄기 내부가 비어있게 되면서 태풍 등 강풍으로 인한 부러짐 피해가 큰 것으로 판단된다. 또한 벼용 살충제는 역사 발생 이화명나방에도 효과가 있었으며 그 중에서도 뷰프로페진·테부페노자이드수화제(BT)와 카보설판·메톡시페노자이드수화제(CM) 처리가 줄기피해율 및 유충밀도 억제에 가장 효과적인 것으로 고려되었으며 방제가가 93.3, 95.2로 방제 효과가 뛰어난 것을 알 수 있었다. 그 동안의 이화명나방은 주로 벼에서 발생과 방제 연구가 수행되어 테부페노자이드(경농), 다이아지논(Geigy Co. Ltd), 펜토에이트(한국삼공) 등의 시판되는 다양한 살충제의 방제 효과 및 약해를 조사하였고 공식약제 대부분이 방제가 90 이상의 우수한 방제효과를 나타냈다. 그 중 이 연구에서 역사 포장에 처리한 살충제인 테부페노자이드수화제는 벼에서 94.1의 방제가를 나타내 본 연구에서보다 높은 방제 효과를 보였다(Choi, 1994; Kim and Lee, 1994). 이는 벼와 역사의 생태특성 차이에서 기인하는 것으로 생각되며, 이에 대해 두 작물에서 이화명나방 유충의 산란, 서식 등의 생태 환경 차이에 대한 연구 및 더 많은 살충제를 대상으로 하는 방제 시험이 수행되어야 할 것으로 생각된다. 친환경살충제(MW)는 이화명나방 피해정률이 구당 4.3%인 벼 포장에서 약제 처리시험결과 60.5%의 방제율을 나타냈다고 보고되었는데(Park, 2014) 본 시험결과와 방제가인 53.8과 유사한 결과를 보였다. 또한 바이오매스작물로서 역사는 주로 수변구역과 같은 유희지를 대상으로 재배면적이 확대되고 있기 때문에 이화명나방에 의한 줄기 피해의 억제 효과가 있는 친환경 약제인 MW는 살충제의 처리가 금지된 상수원보호 구역의 역사 포장에도 적용이 가능할 것으로 판단되었으며 추후 보다 방제가가 높은 친환경 살충제 선발을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 바이오에너지작물인 역사 포장에 발생하는 이화명나방의 효과적 방제를 위한 기초자료로 활용하기 위해 전남 화순의 역사 포장에서 2014년-2015년 2년 동안 이화명나방의 월동 유충 밀도와 역사의 생육, 벼용 살충제의 이화명나방 방제 효과를 평가하고자 수행되었다. 역사 포장에 발생하는 이화명나방의 월동 유충 밀도는 2014년보다 2015년에 감소하는 경향을 보였으며 지역별로는 2014년 무안 0%, 화순 6%, 산청 5%, 2015년 무안 1%, 화순 3%, 산청 3%로 유충밀도가 다르게 나타났다. 월동 유충의 밀도가 높게 나타난 화순 포장의 역사는 1화기 및 2화기 유충 발생 시기인 6-11월까지 초장, 줄기 굽기, 엽수 등에서 생육 저하 등의 피해가 나타나지 않아 유충이 속대를 가해하는 것이 역사 생육에는 큰 피해를 주지 않는 것으로 확인되었고 속대 가해 후 강풍으로 인해 줄기 부러짐 피해가 발생한 것으로 사료된다. 벼용 살충제의 처리는 역사 포장 발생 이화명나방의 밀도 감소에도 효과가 있었으며 그 중 뷰프로페진·테부페노자이드수화제와 카보설판·메톡시페노자이드수화제의 방제가가 93.3, 95.2로 이화명나방 방제 효과가 우수함을 확인하였다.

Acknowledgments

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ 00924202)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- An, G.H., Yang, J.W., Jang, Y.H., Um, K.R., Kim, S., et al. 2014. Overwintering pattern of larvae of *Chilo suppressalis* walker in the bioenergy crop *Miscanthus sacchariflorus* cv. Geodae 1. Kor. J. Crop Sci. 59(3):369-374. (In Korean)
- Atapour, M. and Moharrampour, S. 2009. Changes of cold hardiness, supercooling capacity, and major cryoprotectants in overwintering larvae of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Environ. Entomol 38(1):260-265.
- Atkinson, C.J. 2009. Establishing perennial grass energy crops in the UK: A review of current propagation options for *Miscanthus*. Biomass Bioenergy 33:752-759.
- Choi, S.S. 1994. Control effect of chemicals on rice stem borer (1st). Research Report. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Choi, S.Y., Lee, H.R., Lee, J.O. and Park, J.S. 1976. Varietal

- differences in ovipositional preference of the striped rice borer moths (*Chilo suppressalis* W.). Korean J. Plant Prot. 15(1):23-27. (In Korean)
- Chris, S., Heather, T., Taylor, C., Sarah, C.D. and Stephen, P.L. 2010. Feedstocks for lignocellulosic biofuels. Sci. 329:790-792.
- Jeffrey, D.B., Jarrad, R.P., Kevin, L.S. and Michael, E.G. 2010. First report of field populations of two potential aphid pests of the bioenergy crop *Miscanthus × giganteus*. Fla. Entomol. 93(1):135-137.
- Kang, K., Hong, S.G., Ji, K.J., Choi, J.Y., Lee, H.H.M., et al. 2014. Monitoring biota on giant *Miscanthus* fields. J. Korean Soc. Agric. Eng. 56(1):89-99. (In Korean)
- Kim, D.H. and Lee, G.H. 1994. Control effects of chemical on rice stem borer (1st). Research Report. National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan, Korea.
- Koonin, S.E. 2006. Getting serious about biofuels. Science 311(5760):435.
- Lee, C.S. and Park, H.J. 1991. Changes in the occurrence pattern of the striped rice borer, *Chilo suppressalis* walker, in Korea. Korean j. Appl. Entomol. 30(4):249-257. (In Korean)
- Lee, J.H. 1999. Development of insect population dynamics and forecast models: A case of *Chilo suppressalis* (Walker) occurrence in Suwon. Korean J. Appl. Entomol. 38(3):231-240. (In Korean)
- Lee, S.K. 1985. Study on the characteristics of growth and regrowth in miscanthus sinensis. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 5(1):1-7. (In Korean)
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O. and Huisman, W. 2000. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass Bioenergy. 19:209-227.
- Lewandowski, I. and Schmidt, U. 2006. Nitrogen, energy and land efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. Agric. Ecosyst. Environ. 112:335-346.
- Moon, Y.H., Koo, B.C., Choi, Y.H., Ahn, S.H., Bark, S.T., et al. 2010. Development of “*Miscanthus*” the promising bioenergy crop. Kor. J. Weed Sci. 30(4):330-339. (In Korean)
- Park, C.G. and Hyun, J.S. 1990. Studies on the regional characteristics in the occurrence of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker in Korea. Kor. J. Appl. Entomol. 29(4):257-268. (In Korean)
- Park, M.H. 2014. Insecticide composition containing plant extract. KR 1014078480000.
- Song, Y.H., Choi, S.Y. and Hyun, J.S. 1982. A study on the phenology of the striped rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in relation to the introduction of new agricultural practices. Korean J. Plant Prot. 21(1):38-48. (In Korean)
- Uhm, K.B., Lee, J.O. and Cho, E.J. 1986. Differences in post-diapause developmental period of striped rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), (Lepidoptera: Pyralidae). Korean J. Plant Prot. 25(1):11-16. (In Korean)