

우리나라 벼논에서 벼멸구선충(*Agamermis unka*)의 분포조성래 · 이동운^{1*} · 추호렬¹ · 김형환²경상남도농업기술원 기술보급과, ¹경상대학교 농생물학과, 응용생명과학부, 농업생명과학원, ²농촌진흥청 원예연구소 원예환경과Distribution of *Agamermis unka* (Nematoda: Mermithidae), a Mermithid Parasite of Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*) in Korean Rice PaddiesSung Rae Cho, Dong Woon Lee^{1*}, Ho Yul Choo¹ and Hyeong Hwan Kim²

Technical Service Division, Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services, Jinju, Gyeongnam, 660-985, Republic of Korea

¹Department of Agricultural Biology, Division of Applied Life Science, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701, Republic of Korea²Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon, 441-440, Republic of Korea

ABSTRACT : *Agamermis unka*, a mermithid parasite of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens*, is the most important natural enemy of BPH and white-backed planthopper (WBPH), *Sogatella furcifera* in Korea. Distribution of *A. unka* was investigated in Korean rice fields from 1992 to 1998 and in 2001. Overwintering population of *A. unka* in Gosung, Namhae, and Tongyoung from 1992 to 1998 was different depending on locality and year. In the survey of *A. unka* distribution in the spring of 2001, *A. unka* was found only at Jangheung and Haenam in Jeonnam province and Namhae, Jinju, Sancheong, Sacheon, Gosung, Tongyoung, Uiryeong, Changwon, Gimhae, and the experimental field of Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services at Jinju in Gyeongnam province out of 30 observed regions in 5 provinces. The number of *A. unka* was 1,045/m³ at Namhae, 947/m³ at the experimental field of Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services, and 395/m³ at Gosung. Density of *A. unka* at the rice paddies of Gyeongnam province after harvest in 2001 was higher at the rice fields of Namhae, Gosung, and the experimental field of Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services. Although density of *A. unka* was higher in the pesticide-untreated plots than fungicide-treated or insecticide-treated plots of forecasting paddies, there were no significant differences. After rice harvest *A. unka* was found from the forecasting paddies of Gosung, Jinju, Namhae and Sacheon out of 19 observed localities in Gyeongnam province.

KEY WORDS : *Agamermis unka*, Rice paddy, Distribution, Brown planthopper, *Nilaparvata lugens*

초 록 : 벼멸구선충(*Agamermis unka*)은 우리나라에서 벼멸구와 흰등멸구의 중요한 천적이다. 따라서 1992년부터 1998년까지 그리고 2001년 우리나라의 논에서 벼멸구선충의 분포를 조사하였다. 1992년부터 1998년까지 고성과 경상남도농업기술원, 남해, 통영의 예찰포에서 월동 벼멸구선충의 밀도를 조사한 결과 지역과 연도별로 차이가 있었다. 2001년 5개도 30개 시·군 예찰포를 대상으로 벼멸구선충의 월동 밀도를 조사한 결과, 전남의 장흥과 해남, 경남의 남해, 진주, 산청, 사천, 고성, 통영, 의령, 창원, 김해 지역에서만 분포가 확인되었다. 그리고 경남 남해지역이 1,045마리/m³로 밀도가 가장 높았고, 진주의 경상남도 농업기술원, 고성 예찰포에서는 각각 947마리와 395마리/m³가 발견되어 다른 지역의 예찰포보다 높았다. 벼멸구선충의 밀도는 무방제구가 살균제처리나 살충제처리구에 비하여 높았으나 유의성은 없었다. 경남 지역 19개 시군의 예찰포에서 벼 수확 후

*Corresponding author. E-mail: whitegrub@hanmail.net

의 벼멸구선충 밀도를 2001년 가을에 조사한 결과는 고성, 진주, 남해, 사천 지역에서만 분포가 확인되었는데, 밀도는 남해지역이 692마리/m³로 가장 높았다.

검색어 : 벼멸구선충, *Agamerms unka*, 벼논, 분포, 벼멸구, *Nilaparvata lugens*

서 론

벼멸구선충(*Agamerms unka*)은 우리나라를 비롯한 (Choo *et al.*, 1987, 1989), 일본(Esaki and Hashimoto, 1931; Kaburaki and Imamura, 1932), 대만(Chu and Hirashima, 1981), 중국(Li, 1985; Yan *et al.*, 1986; Zhao *et al.*, 1987), 필리핀(Pena and Shepard, 1985), 스리랑카(see Choo, 1988) 등 아시아지역에 널리 분포하고 있다.

우리나라에서 벼멸구선충은 벼멸구(*Nilaparvata lugens*)와 흰등멸구(*Sogatella furcifera*)에서만 기생이 확인되었으나(Choo *et al.*, 1987; Choo, 1988; Choo and Kaya, 1990) 일본에서는 벼멸구와 흰등멸구, 애멸구(*Laodelphax striatellus*) (Kuno, 1986), 중국에서는 벼멸구와 흰등멸구, 애멸구, *Nisia atrovenosa*, 끝동매미충(*Nephotettix cincticeps*), *Deltocephalus dorsalis* (Li, 1985; Yan *et al.*, 1986; Zhao *et al.*, 1987), 필리핀에서는 벼멸구와 흰등멸구(Pena and Shepard, 1985), 대만에서는 끝동매미충과 두점끝동매미충(*Nephotettix virescens*), *Nephotettix nigropictus* 매미충(Chu and Hirashima, 1981) 등에서 기생이 확인되었다.

벼멸구선충은 2령충이 기주의 표피를 뚫고 침입하여 혈체강내에서 2-3주간 기생하다가 4령충이 되면 기주의 표피를 뚫고 나와 토양 속으로 탈출하여 성충으로 월동한 후 이듬해 교미·산란하고 부화유충이 다시 기주에 기생하는 생활사를 가지고 있다(Choo and Kaya, 1993). 벼멸구선충에 기생당한 벼멸구는 소화관, 말피기씨관, 생식계 등이 파괴되고(Choo and Kaya, 1994; Kim, 1995) 산란수가 감소된다(Choo and Kaya, 1993).

한편, 우리나라에서는 벼멸구와 흰등멸구의 방제를 농약에 의존하여 왔으므로 농약에 의한 부작용이 심하였고(Paik and Park, 1983), 최근에는 쌀 소비자들의 건강에 대한 우려로 환경친화적인 새로운 방제법 개발에 노력하지 않을 수 없는 실정에 이르렀다. 또한 작금의 벼멸구 발생량과 쌀 생산량 등을 감안해 볼 때 벼멸구선충과 같은 천적의 보존과 활용에 최대한

관심을 가져야 할 것이다. 왜냐하면 선충은 기주에 생리, 생태적 변화를 줄 뿐만 아니라 높은 기생율로 인하여 활용 가능성이 높은 천적이기 때문이다. Esaki와 Hashimoto (1931)는 일본 오이타 지방에서 벼멸구선충을 처음 채집 보고하였을 때 벼멸구에서의 기생율이 41.3%, 흰등멸구에서의 기생율이 70.6%나 되었다. 우리나라에서는 벼멸구에서의 기생율이 1-3령충 시기에는 31.5%, 4령충때에는 61.5%, 5령충에서는 66.4%, 성충기에는 45.5%였고, 흰등멸구에서는 각각 50%, 50%, 100%, 90.7%나 되었다(Choo and Kaya, 1990). 그리고 Yan *et al.* (1986)은 중국 한양현에서 만생종 벼를 재배하는 논을 조사하였더니 4세대 벼멸구의 밀도가 방제 수준 이상인 벼 포기당 20마리였는데, 벼멸구선충의 기생율이 70% 이상이나 되어 방제의 필요성이 없었고, 벼의 수량에도 영향을 미치지 않았다고 하였다. Wang과 Li (1987)는 벼멸구선충이 전혀 분포하지 않았던 논에 선충에 기생된 벼멸구 500마리를 방사하였더니, 다음 해 21.9%의 기생율을 보였고, 그 다음 해에는 30.4%의 기생율을 보여 인위적 접종에 의한 벼멸구선충의 정착 가능성을 보여 주었다.

벼 재배에 피해를 주는 해충은 70여종이 있는데 이들에 의한 수량 손실은 전 세계적으로 24%에 달하는 것으로 추정하고 있다(Rice and Choo, 2000). 이들 벼해충들 중 벼멸구와 흰등멸구는 아시아 벼 재배지역에서 가장 문제시되는 해충이다(Choo *et al.*, 1989). 특히, 우리나라에서 이들 두 해충은 월동하지 못하고 남중국으로부터 기류를 타고 6월과 7월에 비래하여 벼 재배지에 정착함으로써 해마다 많은 피해를 주고 있다(Choo and Kaya, 1990). 따라서 이들 두 해충에서 높은 기생율을 보이는 벼멸구선충은 우리나라의 벼 재배지에서 가장 유용한 천적이 되고 있다. 특히, 뉴라운드 타결의 가능성과 함께 쌀 시장 개방이 현실화되고 있기 때문에, 가격 경쟁력이 낮은 우리나라와 같은 상황에서는 벼멸구선충과 같은 유용한 천적을 활용한 환경친화적 해충 관리가 소비자들의 쌀 구매 의욕을 증대시켜 우리나라 쌀의 경쟁력 확보에 도움이 될 것으로 예상된다.

우리나라의 벼멸구선충 연구는 Choo *et al.* (1987)이

벼멸구선충의 기주 범위와 토양 중의 분포에 관한 조사 연구를 한 이래 벼멸구선충의 생태적 연구가 주로 수행되어 왔다(Choo, 1988; Choo *et al.*, 1989; Choo and Kaya, 1990; Choo, 1991; Choo and Kaya, 1993; 1994; Kim, 1995). 이와 같은 많은 연구에도 불구하고 우리나라의 광범위한 지역에서 벼멸구선충의 분포조사는 이루어지지 않았다. 즉, 벼멸구나 흰등멸구는 우리나라 전역의 벼 재배지에서 피해를 주고있지만 (Zhu, 2000), 벼멸구선충의 전국적인 분포조사는 없었고, Choo *et al.* (1989), Choo와 Kaya (1990), 그리고 Kim (1995)이 경남 일부 지역을 대상으로 조사한 것만 있다. 따라서 본 연구는 우리나라의 광범위한 지역에 걸친 벼멸구선충의 토양내 분포조사를 통하여 우리나라에서의 벼멸구선충 분포에 관한 정보를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

년도별 벼멸구선충의 밀도 변화

년도별 벼멸구선충의 밀도 변화 조사는 경남의 고성, 남해, 통영 및 경상남도 농업기술원의 예찰포에서 월동 벼멸구선충의 연도별 밀도변화를 알아보기 위하여 1992년부터 1998년까지 10월과 11월에 수행하였다. 토양시료는 예찰포의 무방제구에서 가로, 세로 각 25 cm, 깊이 20 cm 크기로 임의의 10개 지점에서 채취하였다. 채취한 토양은 건조를 방지하기 위하여 비닐봉지에 넣어 실험실로 운반한 뒤 당일 벼멸구선충을 조사하거나 조사하지 못한 토양은 4°C 냉장고에 보관한 뒤 조사하였다. 벼멸구선충의 조사는 벼멸구선충의 체장이 1-2 cm내외로 크기 때문에 토양을 잘개 쪼개면서 핀셋으로 집어내어 조사를 하였는데 수컷은 체장이 16.3-9.1 mm, 암컷은 28.3-18.8 mm내외이다 (Rice and Choo, 2000).

벼멸구선충 분포조사

벼멸구선충의 분포 조사는 월동 벼멸구선충의 전국적인 분포를 알아보기 위하여 2001년 4월 한달 동안 5개도 30개 지역의 농업기술센터 예찰포에서 조사하였다. 조사지역은 충남 보령에서 전남 신안 지역까지 서해안 지역과 전남 장흥에서 경남 양산의 남해안 지역 및 경북 성주, 상주, 예천과 같은 내륙지역 등으로

나누어 조사하였다(Fig. 3). 토양시료는 농약을 전혀 사용하지 않은 무방제구와 살균제만 처리한 총해구, 그리고 살충제만 처리한 병해구로 나누어 채취하였는데, 동일한 벼 품종을 재배하였던 곳에서 삼을 이용하여 Choo *et al.* (1987)의 방법으로 15×15×15 cm 크기로 임의의 다섯 지점에서 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 건조를 방지하기 위하여 45×30 cm의 가정용 지퍼 백(주식회사 크린랩)에 넣어 실험실로 운반한 뒤 같은 날 조사하거나 조사하지 못한 토양은 4°C 냉장고에 보관하면서 년도별 벼멸구선충의 밀도 변화 조사와 동일한 방법으로 벼멸구선충을 조사하였다.

벼 수확 이후의 벼멸구선충의 분포와 밀도

벼 수확 이후의 벼멸구선충의 분포와 밀도를 알아보기 위하여 경남 지역의 19개 시, 군 예찰포에서 2001년 10월에 조사하였다. 토양의 채취 방법은 벼멸구선충 분포 조사와 같은 방법으로 수행하였으나 농업기술센터 예찰포의 관리 방법의 변화로 인하여 무방제 다비구와 무방제 보비구 및 표준 방제구에서 조사를 하였다. 채취 지역은 동일품종 재배지를 대상으로 무작위 3개 지점에서 채취하였다. 실험실로 운반한 토양에서의 벼멸구선충 조사는 벼멸구선충 분포 조사와 같은 방법으로 하였다.

통계분석

토양 중 벼멸구선충의 밀도는 Tukey test로 분산분석(PROC GLM)하였고, 2001년 10월 벼멸구선충의 표준방제구와 무방제구간의 밀도 차이는 t-test로 분석하였다(PROC TTEST) (Cho, 1996). 모든 실험의 결과는 평균±표준오차로 표기하였다.

결 과

연도별 월동 벼멸구선충의 밀도 변화

경남 지역 4개 예찰담에서 벼멸구선충의 밀도변화를 7년간 조사한 결과는 Table 1과 같다. 년도와 지역에 따라 벼멸구선충의 밀도는 차이가 있었는데 경상남도농업기술원 예찰포에서는 1993년에 216마리/m³로 밀도가 가장 높았으며(F = 2.81, df = 6, 63, P = 0.0173), 고성(F = 6.34, df = 6, 63, P = 0.0001)과 통영지역(F = 5.15, df = 6, 63, P = 0.0002)에서는 1992년이 가

Table 1. Density of *Agamermis unka* before rice transplanting at each sampling site from October to December from 1992 to 1998

Year	Number of <i>Agamermis unka</i> ± SE/m ³			
	Gosung	KNRDA**	Namhae	Tongyeong
1992	480 ± 74Aab*	104 ± 30ABc	312 ± 46Abc	648 ± 114Aa
1993	240 ± 56Ba	216 ± 41Aa	248 ± 63Aa	336 ± 71Ba
1994	160 ± 41Bab	104 ± 28ABb	208 ± 53Aab	312 ± 63Bb
1995	144 ± 48Ba	80 ± 30Ba	192 ± 46Aa	152 ± 35Ba
1996	144 ± 58Bb	72 ± 28Bb	192 ± 61Ab	400 ± 58ABa
1997	192 ± 58Bab	80 ± 28Bb	224 ± 48Aab	296 ± 68Ba
1998	64 ± 20Bb	80 ± 22Bb	152 ± 28Aab	240 ± 46Ba

*Within the same column and row means followed by the same uppercase and lowercase letter are not significantly different at P>0.05 using Tukey test.

**Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services.

장 밀도가 높았다. 남해지역(F = 1.02, df = 6, 63, P = 0.4230)에서도 1992년에 밀도가 가장 높았으나 연도 별로 유의성은 인정되지 않았다. 지역별로는 통영지역의 밀도가 다른 지역에 비하여 비교적 높게 나타났다(1992; F = 10.23, df = 3, 36, P = 0.0001, 1993; F = 0.8, df = 3, 36, P = 0.5, 1994; F = 3.38, df = 3, 36, P = 0.0284, 1995; F = 1.27, df = 3, 36, P = 0.2979, 1996; F = 6.94, df = 3, 36, P = 0.0008, 1997; F = 2.95, df = 3, 36, P = 0.0456, 1998; F = 6.92, df = 3, 36, P = 0.0009).

벼멸구선충의 분포 지역

우리나라의 5개도 30개 예찰포에서 벼멸구선충의

Table 2. Density of *Agamermis unka* before rice transplanting at each sampling site in April, 2001

Locality	Number of <i>Agamermis unka</i> ± SE/m ³		
	Pesticide-untreated plot	Fungicide-untreated plot	Insecticide treated plot
Boryoung	0	0	0
Changwon	296 ± 53	296 ± 171	0
Changyoung	0	0	0
Gechang	0	0	0
Geoje	0	0	0
Gimhae	59 ± 34	0	0
Gimjae	0	0	0
Gochang	0	0	0
Gosung	889 ± 259	296 ± 361	0
Gunsan	0	0	0
Hadong	0	0	0
Haenam	0	0	59 ± 34
Haman	0	0	0
Hamyang	0	0	0
Hapcheon	0	0	0
Jangheung	0	59 ± 34	0
Jinju	0	0	0
KNRDA*	1,420 ± 261	770 ± 176	651 ± 125
Milyang	0	0	0
Namhae	1,302 ± 227	1,184 ± 248	651 ± 174
Sacheon	355 ± 125	0	0
Sanchung	59 ± 34	0	0
Sangju	0	0	0
Shinan	0	0	0
Sungju	0	0	0
Tongyoung	651 ± 157	296 ± 132	118 ± 68
Uiryeong	178 ± 68	178 ± 68	118 ± 68
Yaecheon	0	0	0
Yongsan	0	0	0
Youngcheon	0	0	0

*Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services.

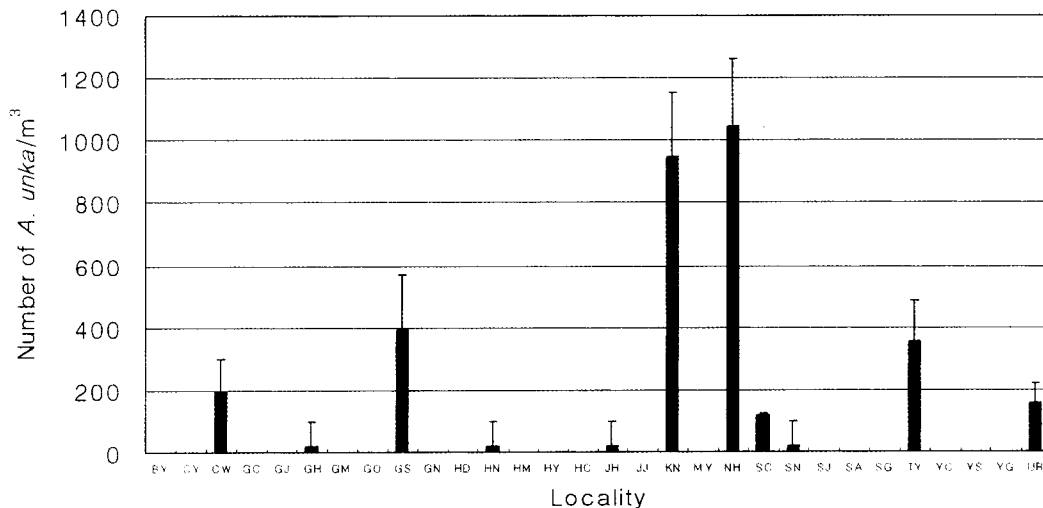


Fig. 1. Density of *Agamermis unka* at each sampling site in April, 2001.

BY: Boryoung, CW: Changwon, CY: Changyoung, GC: Gechang, GH: Gimhae, GJ: Geoje, GM: Gimjae, GN: Gunsan, GS: Gosung, HA: Haman, HC: Hapcheon, HD: hadong, HN: Haenam, HY: Hamyoung, JH: Jangheung, JJ: Jinju, KN: Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services in Jinju, MY: Milyang, NH: Namhae, SA: Shinan, SC: Sacheon, SG: Sungju, SJ: Sangju, SN: Sanchung, TY: Tongyoung, UY: Uiryeong, YC: Yaecheon, YS: Yangsan and YG: Youngcheon.

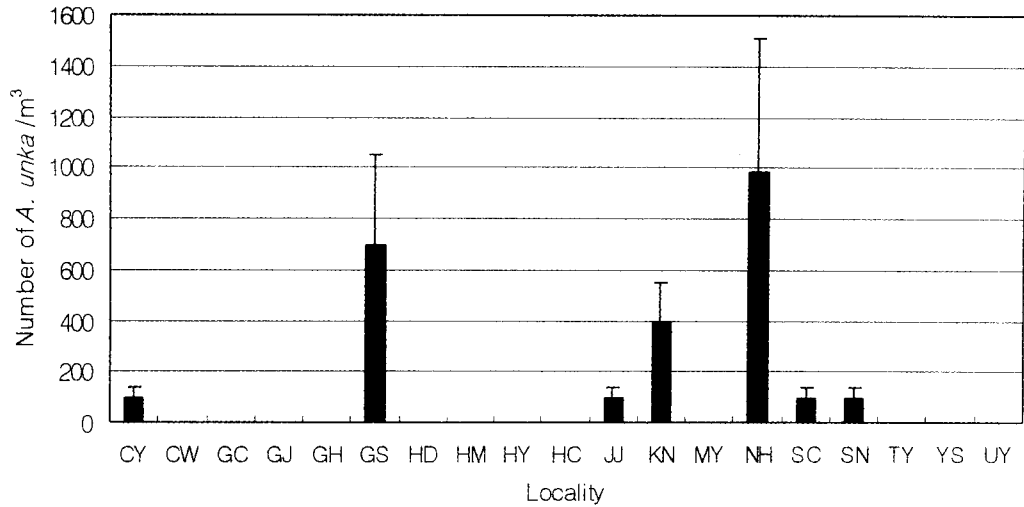


Fig. 2. Density of *Agamermis unka* at each sampling site in October, 2001.

CW: Changwon, CY: Changyoung, GC: Gechang, GH: Gimhae, GJ: Geoje, GS: Gosung, HA: Haman, HC: Hapcheon, HD: Hadong, HY: Hamyoung, JJ: Jinju, KN: Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services in Jinju, MY: Milyang, NH: Namhae, SC: Sacheon, SN: Sanchung, TY: Tongyoung, UY: Uiryong, and YS: Yangsan.

토양 내 분포를 2001년 4월에 조사한 결과, 11개 지역에서 분포가 확인되었다(Table 2). 전남의 해남과 장흥, 경남의 창원, 김해, 고성, 진주의 경상남도농업기술원 예찰포, 남해, 사천, 산청, 통영, 의령 예찰포에서 벼멸구선충의 분포가 확인되었는데 무방제구에서는 창원, 김해, 고성, 경상남도농업기술원, 남해, 사천, 산청, 통영, 의령 8개 지역에서 분포가 확인되었으며, 병해구에서는 창원, 고성, 장흥, 경상남도농업기술원, 남해, 통영, 의령 7개 지역에서 분포가 확인되었고, 충해구에서는 해남, 경상남도농업기술원, 남해, 통영, 의령 5개 지역에서 분포가 확인되었다(Table 2). 벼멸구선충의 밀도는 조사 지역별로 차이를 보여 경남 남해 지역이 1,045마리/m³로 가장 높았으며(F = 12.98, df = 29, 420, P = 0.0001) 경남농업기술원, 고성 예찰포에서는 각각 947마리/m³, 395마리/m³가 발견되었다(Fig. 1). 농약 처리구별 벼멸구선충의 밀도는 무방제구가 병해구나 충해구에 비하여 높았으나 유의성은 없었다.

경남 지역 19개 예찰포에서 2001년 10월, 벼 수확 후 벼멸구선충의 밀도를 조사한 결과는 표 3과 같다. 보비구에서는 고성과 진주, 경상남도농업기술원, 남해, 사천 지역에서 벼멸구선충이 검출되었으며, 밀도는 남해 예찰포에서 692마리/m³로 가장 높았지만 지역간 유의성은 없었다(F = 1.88, df = 18, 38, P = 0.0503). 다비구에서는 고성과 남해에서만 검출이 되었고, 표준방제구에서는 경상남도농업기술원 예찰포와 산청 지역에

서만 검출되었다. 전체적인 벼멸구선충의 밀도는 남해와 고성지역이 각각 989마리, 695마리/m³로 높았으나 유의성은 없었다(F = 1.81, df = 18, 38, P = 0.0605) (Fig. 2). 무방제구와 표준방제구간의 벼멸구선충의 밀도는 무방제구가 다소 높았으나 차이는 없었다(Prob > |T| = 0.1838, F = 19.98, df = 6, 6, P = 0.0021).

고찰

우리나라의 벼멸구선충 분포는 남해안 지역에만 분포하고 있었다. 즉, 충남의 보령, 전북의 군산, 김제, 고창 지역은 전남의 장흥, 해남 지역과 비슷하게 해안에 인접해 있고, 또한 동일 경도지역임에도 불구하고 벼멸구선충의 분포는 확인되지 않았으며 전남의 장흥과 해남, 경남의 남해, 산청, 진주, 창원, 김해 등 북위 35° 5'이남의 남해안 지역에서만 분포가 확인되었다(Fig. 3). 벼멸구나 흰등멸구는 중국으로부터 비래하여 우리나라로 이동하지만 이들에서 벼멸구선충이 기생된 벼멸구나 흰등멸구가 발견되지 않았던 것(Choo, 1991; Cho unpublished data)을 고려하여 보면 벼멸구선충은 분포지로부터 선충에 기생당한 벼멸구나 흰등멸구에 의하여 비분포지의 장거리까지 전파하지 못한다는 사실을 추정할 수 있었다. 그러나 이러한 현상은 중국에서 우리나라로 비래해 오는 벼멸구나 흰등멸구와 같

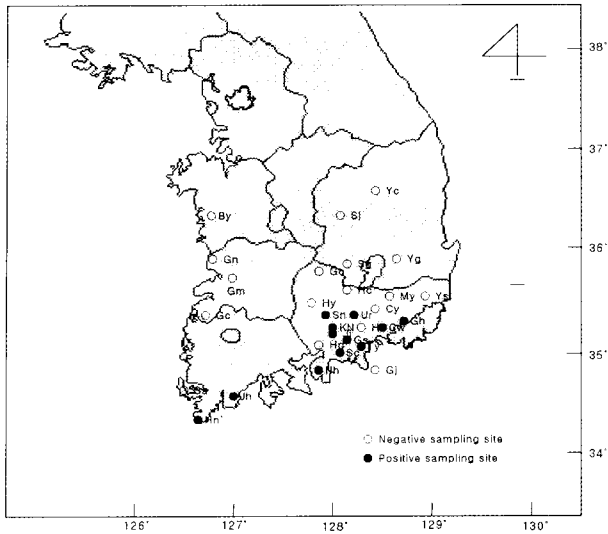


Fig. 3. Distribution of *Agamermis unka* in Korea. By: Boryoung, Cw: Changwon, Cy: Changyoung, Gc: Gechang, Gh: Gimhae, Gj: Geoje, Gm: Gimjae, Gn: Gunsan, Gs: Gosung, Ha: Haman, Hc: Hapcheon, Hd: Hadong, Hn: Haenam, Hy: Hamyang, Jh: Jangheung, Jj: Jinju, KN: Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services at Jinju, My: Milyang, Nh: Namhae, Sa: Shinan, Sc: Sacheon, Sg: Seongju, Sj: Sangju, Sn: Sancheong, Ty: Tongyoung, Ur: Uiryeong, Yc: Yecheon, Yg: Youngcheon, and Ys: Yangsan.

Table 3. Density of *Agamermis unka* in Gyeongnam province in October, 2001

Locality	Number of <i>Agamermis unka</i> ± SE/m ³		
	Standard fertilizer plot*	Heavy fertilizer plot**	Pesticides and fertilizer plot***
Changwon	0	0	0
Changyoung	0	0	98 ± 42
Gechang	0	0	0
Geoje	0	0	0
Gimhae	0	0	0
Gosung	394 ± 197	296 ± 296	0
Hadong	0	0	0
Haman	0	0	0
Hamyang	0	0	0
Hapcheon	0	0	0
Jinju	98 ± 42	0	0
KNRDA****	198 ± 42	0	198 ± 42
Milyang	0	0	0
Namhae	692 ± 453	394 ± 262	0
Sacheon	98 ± 42	0	0
Sanchung	0	0	98 ± 42
Uiryeong	0	0	0
Tongyoung	0	0	0
Yangsan	0	0	0

*Standard fertilizer plot was treated at optimum fertilizer application rate after soil analysis but pesticides were not treated.

**Heavy fertilizer plot was treated only nitrogen application at 1.5 times of optimum fertilizer application rate but pesticides were not treated.

***Pesticides were treated and fertilizers were applied as much as standard fertilizer plot.

****Gyeongsangnamdo Agricultural Research and Extension Services.

은 장거리 이동에만 국한된 것인지 아니면 포장 내 또는 포장간의 단거리 전파에서도 제한적인 것인지에 관해서는 계속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 경상남도농업기술원과 고성, 통영, 남해지역에서 1992년부터 1998년까지 조사한 결과(Table 1)와 2001년 경남지역 19개 예찰포의 조사에서 고성과 통영, 진주의 경상남도농업기술원이 다른 지역에 비하여 벼멸구선충의 밀도가 높았던 결과(Table 3)를 보면 벼멸구선충의 밀도가 지역에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다. 아울러 매년 밀도에서 변화는 있었지만(Table 1) 전체적인 벼멸구선충의 밀도는 장기간에 걸쳐 꾸준히 유지됨을 알 수 있었다. 그러나 2001년 봄 조사 때 355 마리/m³의 밀도를 보인 통영 지역은 벼멸구선충이 분포하던 지역이었으나(Kim, 1995) 2001년 가을 조사 때에는 전혀 발견이 되지 않았는데, 이는 봄 조사 이후 20cm 높이로 복토를 하였기 때문에 시료채취 깊이가 복토층 이내에 미치지 못하였기 때문으로 생각된다. 그리고 거제 지역은 위도상으로 남해와 비슷하고 기상조건도 비슷하며, 최근 5년 동안의 벼멸구와 흰등멸구의 유아등 채집수도 비슷할 뿐만 아니라 바닷가에 인접한 도서 지역이라는 점이 비슷한데도 불

구하고 벼멸구선충의 분포는 확인되지 않았다. 이것은 2001년 겨울 1m 높이로 성토작업을 하였기 때문인 것 같다. 그러나 남해 지역은 2001년 봄 5cm 높이로 복토를 하였지만 2001년 가을 벼멸구선충의 토양 내 분포가 확인되었다. 이는 얇게 복토를 하였을 뿐만 아니라 복토 이후 경운 작업을 하여 복토 이전의 토양에 있던 선충이 복토층 부분으로 섞여질 수 있었기 때문으로 생각된다. 벼멸구선충은 대부분 표층으로부터 10cm 이내의 깊이에 분포한다(Choo *et al.*, 1987; Zhao *et al.*, 1987). 따라서 경운하지 않은 비경운층에 있던 벼멸구선충은 담수 조건이라 하더라도 토양 표면으로 이동하는 것이 어려웠던 것으로 생각된다. 따라서 남해 지역은 낮은 복토와 경운 작업을 통하여 표층부로 선충의 이동이 이루어 질 수 있어 복토 후에도 벼멸구선충의 기생이 가능하였고, 통영 지역은 경운을 하지 않았기 때문에 복토로 인해 심층부에 있던 선충이 표층으로 이동하지 못하여 기생을 하지 못하였을 것으로 생각된다. Choo와 Kaya (1990)는 비경운 지역에서의 벼멸구선충의 기생율은 39.3%였으나 경운지역의 벼멸구선충 기생율은 72%로 경운 작업이

기생율에 영향을 미친다고 하였다. 이는 경운이 토양 내 벼멸구선충의 표층 부근으로의 이동을 도와주었기 때문이라 하였다(Choo and Kaya, 1993). 한편 산청이나 고성, 양산, 김해와 같은 지역은 추수 후 가을철에 경운 작업을 하였는데, 겨울철 이전의 경운은 벼멸구선충의 생존에 큰 영향을 미치지 않았던 것으로 생각되나 벼멸구선충의 밀도에는 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다. Yan et al. (1986)은 경운 전과 경운 후 그리고 경운 후의 담수 조건에 따라 토양 내의 벼멸구선충 밀도에서 차이를 보인다고 하였으며, Wang과 Li (1987)는 겨울동안 논에 식물을 재배하거나 관수를 하는 것이 벼멸구선충의 생존율을 높이는데 도움을 준다고 하였다.

벼멸구선충의 밀도는 살충제를 사용한 논과 살균제만 처리한 논 그리고 농약을 살포하지 않은 무방제 논간에 유의성이 없었으나 선충이 검출된 포장의 수는 충해구에서 5개 지역으로 무방제구의 9지역이나 병해구의 7개 지역에 비하여 적었다. 그리고 2001년 가을철 조사 때에도 보비구나 다비구와 같은 무방제구에서는 5개 지역에서 벼멸구선충이 확인된 반면, 표준 방제구에서는 두 지역에서만 발견되었다. 이것은 농약 살포로 인하여 벼멸구선충의 기주가 치사되었기 때문이거나 살포된 농약이 벼멸구선충에 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다. Choo et al. (1989)은 carbofuran이나 cartap, BPMC 처리가 벼멸구선충의 기생율에 영향을 미친다고 하였고, 해변지역과 내륙지역의 무방제구 벼멸구선충의 기생율이 농약처리구의 벼멸구선충 기생율에 비하여 배 이상 높다고 하였다. Choo et al. (1998)은 다시 BPMC와 chlorpyrifos, imidacloprid, diazinon, MIPC, phenthoate 처리가 벼멸구선충의 기생율에 영향을 미친다고 하였고, carbofuran, BPMC, chlorpyrifos, imidacloprid는 벼멸구선충의 부화를 억제한다고 하였다. 그러나 buprofezin WP 25%, cartap 50% SP+BPMC EC 50%, decamethrin WP 5.6%와 decamethrin FL 3.9% 처리는 벼멸구선충의 토양 중 밀도 변화에 영향을 미치지 않는다고 하였다(Choo et al., 1989). 그러나 Yan et al. (1986)은 carbofuran을 제외한 농약들은 토양 중의 선충에 영향을 미치지 않는다고 하여 농약의 종류에 따라 벼멸구선충에 미치는 영향은 다른 것 같다. 그리고 Choo et al. (1987)은 벼멸구선충 자연 발생지 토양 중 벼멸구선충의 밀도가 동일 포장에서도 7.4마리/m²에서 148.1마리/m²로 극지적인 차이를 많이 보인다고 하였는데, 벼멸구선충의 국지적인

분포와 인위적 분포가능성을 알아보기 위해서는 토양의 조건과 선충분포와의 관계를 구명함과 동시에 선충이 분포하지 않은 논에 인위적으로 선충을 접종하여 선충의 기생율과 분포 추이를 계속 연구함으로써 벼멸구와 흰등멸구의 환경친화적 방제 가능성을 명확히 밝혀야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구를 수행하는 동안 각 예찰담의 각종 자료를 제공해 주신 시·군 농업기술센터의 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 드리며, 벼멸구선충의 채집과 분리에 많은 도움을 준 선충실험실의 이승욱, 전순배, 윤희숙, 김형준, 김지수, 손나리, 이화영, 김주연 등에게도 감사 드린다.

Literature Cited

- Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS. 665 pp. Saugandang Pub. Co. Seoul.
- Choo, H.Y. 1988. Observation on *Agamermis unka* (Mermithidae), a nematode parasite of brown planthopper *Nilaparvata lugens*. Res. Rept. RDA (Agri. Institutional Cooperation). 31: 163~168.
- Choo, H.Y. 1991. Ecological study of *Agamermis unka* a nematode parasite of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homopte: Delphacidae). Res. Rept. RDA (Agri. Institution Cooperation). 33: 185~191.
- Choo, H.Y., H.H. Kim and H.K. Kaya. 1998. Effect of selected chemical pesticides on *Agamermis unka* (Nematoda: Mermithidae), a parasite of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Biocontrol Science and Technology 8: 413~427.
- Choo, H.Y. and H.K. Kaya. 1990. Parasitism of brown planthopper and whitebacked planthopper by *Agamermis unka* in Korea. J. Nematol. 22: 513~517.
- Choo, H.Y. and H.K. Kaya. 1993. Parasitism of the planthopper by the mermithid nematode *Agamermis* in rice. pp. 21~26. In Nematodes and the biological control of insect pests, eds. by Bedding, R., R. Akhurst and H. Kaya. 178 pp. CSIRO, East Melbourne, Australia.
- Choo, H.Y. and H.K. Kaya. 1994. Biological control of the brown planthopper by a mermithid nematode. Korean J. Appl. Entomol. 33: 207~215.
- Choo, H.Y., Kaya, H.K. and H.H. Kim. 1995. Biological Studies on *Agamermis unka* (Nematoda: Mermithidae), a parasite of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. Biocontrol Science and Technology 5: 209~223.
- Choo, H.Y., H.K. Kaya and J.B. Kim. 1989. *Agamermis unka* (Mermithidae) parasitism of *Nilaparvata lugens* in rice fields Korea. J. Nematol. 21: 254~259.
- Choo, H.Y., H.K. Kaya, S.M. Lee, Y.I. Lee and D.J. Cho. 1987. Distribution of a nematode parasite of brown planthopper in the soil, with notes on bionomics. J. Instit. Agric. Res. Utilization. Geongsang National University 21: 81~85.
- Chu, Y.I. and Y. Hirashima. 1981. Survey of Taiwanese literature on the natural enemies of rice leafhoppers and planthoppers. Esakia 16: 33~37.

- Esaki, T. and S. Hasimoto. 1931. Report on the leafhoppers injurious to the rice plant and their natural enemies. Entomological Laboratory, Department of Agriculture, Kyushu Imperial University Publication. 2: 54~59.
- Kaburaki, T. and S. Imamura. 1932. Mermithid-worm parasitic in leafhoppers, with notes on its life history and habits. Proceedings of the Imperial Academy 8: 139~141.
- Kim, H.Y. 1995. An ecological study on *Agamermis unka* (Nematoda: Mermithidae), a parasite of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Dissertation of Master. Gyeongsang National University. 51 pp.
- Kuno, E. 1986. Studies on the population dynamics of rice planthopper and leafhopper. Bulletin of the Kyushu Agricultural Experiment Station. 14: 131~246.
- Li, H. 1985. Entomopathogenic microorganisms of rice planthoppers and leafhoppers in China. International Rice Research Newsletter 10: 13~14.
- Paik, W.H. and J.S. Park. 1983. Preservation and utilization of natural enemy resources. Proceedings of the Association of Korean Agricultural Science Societies pp. 161~187.
- Pena, N.P. and B.N. Shepard. 1985. Parasitism of nematodes on three species of hopper pests of rice in Laguna, Philippines. Intern. Rice Res. Newsletter. 10: 19~20.
- Rice, W.C. and H.Y. Choo. 2000. Rice pest. pp. 425~446. In Field Manual of techniques in invertebrate pathology. eds. by Lacey L.A. and H.K. Kaya. 911 pp. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Wang, J.X. and L.Y. Li. 1987. Article bibliographique: entomogenous nematode research in China. Revue de Nematologie 10: 483~489.
- Yan, S., H. Qian, K. Xia, and L. Ling. 1986. Life cycle of *Amphimermis* sp., a nematode parasite of the brown planthopper in China. Acta Phytophylacica Sinica 13: 79~84.
- Zhao, H., Z. Hu, and S. Zhang. 1987. Field occurrence of *Agamermis* sp., a nematode parasite of rice hoppers. Chinese J. Biol. Contr. 3: 73~77.
- Zhu, M. 2000. Simulation of the long range migration of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal), and their outbreaks by using boundary layer atmospheric model and the geographic information system. Dissertation of Master. Gyeongsang national University. 33 pp.

(Received for publication 28 January 2002;
accepted 26 February 2002)