Korean J. Ecol., 21(1):15~26, 1998

시비량과 농약사용을 달리한 수원지역 소규모 농가 수도포장에서의 절지동물 군집

이준호 · 김광호 · 이호진*
서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과 곤충학 전공
서울대학교 농업생명과학대학 농학과*

Arthropod Community in Small Rice Fields Managed by Different Fertilization Rate and Pesticide Application in Suwon

Lee, Joon-Ho, Kwang-Ho Kim and Ho-Jin Lee*
Division of Entomology, Department of Agricultural Biology, Seoul National University
*Department of Agronomy, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea**

ABSTRACT

This study was conducted to analyze arthropod community patterns in small rice fields managed by different cultural methods [Conventional and Low Input Sustainable Agriculture(LISA)] in Suwon in 1995 and 1996. A half of nitrogen fertilizers and a quarter of pesticides were applied in the LISA field compared to in the conventional field. Total 15 orders and 43 families of arthropods were collected in two years. No differences were found in arthropod abundance and arthropod species composition between two differently practiced fields. The arthropod community was analyzed using guild categories. The arthropods were found in the order of 'pest(phytophage) > natural enemy > non-pest' in their densities. The pest species were mainly Homoptera and dominated by Delphacidae(*Nilaparvata lugens* Stål and *Sogatella furcifera* Horvath). They constituted > 80% of pest abundance. The spider was the most dominant group in the natural enemy and constituted > 90% of natural enemy abundance. Hunting spiders constituted > 60% of spider abundance and were dominated by *Pirata subpiraticus* Bös. et Str.(Lycosidae). *Pachygnatha clerki* Sundevall(Tetragnathidae), *Gnathonarium dentatum* Weider and *Ummeliata angulituberis* Oi (Erigonidae) were the dominant species in webbing spiders.

Key words: Arthropod community, Rice fields, LISA, Conventional practice, Guild, Pest, Natural enemy, Spiders.

서 론

해충의 발생동태는 기상조건, 작물의 종류 및 생육상태, 천적류의 활동 등에 따라 다르기 때문에 해충방제는 이들 요인들을 고려해야 함은 당연하나 환경이나 경제성 등의 문제도 종합적으로 고려되어야 한다. 또한 작물을 가해하는 해충의 종류는 작물의 전생육 기간을 통하여 변하기 때문에 해충방제 체계는 해충의 종류는 물론 작물이나 해충의 생육단계에 따라서 대응할 수 있는 유

*본 연구는 1996년 교육부 농업과학분야 학술연구조성비(식물환경과학 기점연구)에 의하여 수행되었음.

연성이 있어야 한다. 그러나 많은 경우에 있어 경제적, 생태적 그리고 사회적 측면 모두를 충족시키는 결과를 보여주는 방제 체계의 확립은 쉽지 않은 형편이다(현 1994).

살충제 중심의 해충방제는 살충제 저항성 해충의 출현, 잠재 해충의 관건, 해충화, 잔류 농약으로 인한 수질 및 토양 오염 등의 생태계 파괴 현상을 초래하게 되었는데 우리 나라의 논 생태계에서의 벼 해충방제도 예외는 아니다. 벼 해충방제에 있어 살충제의 과용 및 오용을 줄이기 위한 연구는 그동안 상당히 있었으나(엄 등 1991) 대부분 살충제의 사용적기 구명 또는 살충제 중심의 방제전략 수립에 초점이 맞추어져 왔으며 논 생태계내 벼 곤충군집 구조의 특성을 토대로 벼 해충관리를 시도하는 연구는 거의 이루어지지 않았다(이 등 1997). 이것은 개별 벼 해충의 발생에 대응하는 부분적인 성공은 가능케 할 수 있었을지 모르나 벼 해충문제를 논 생태계의 구조적 이해를 바탕으로 종합적으로 해결하는 데에 한계가 있을 수밖에 없다. 또한 해충방제는 작물관리의 일부로서 역할한다는 측면에서 볼 때, 개별 해충에 대한 대응적 관리나 벼 해충 발생 패턴에 입각한 살충제의 체계적인 처리도 그 속성상 살충제의 과용을 억제하기엔 현실적인 문제가 있으며 건전한 논 생태계를 유지하며 벼 해충의 피해를 억제한다는 목적 달성엔 미흡할 수밖에 없다.

근래에 와서는 환경문제 인식의 제고와 함께 환경보전형 농업에 대한 사회적인 요구가 높아지고 있다. 이러한 요구는 우리 나라 경지면적의 70% 이상을 차지하는 벼 농사에도 많은 영향을 주고 있으며 이에 부응하기 위한 환경친화형 농법으로 저투입 지속농업(low input sustainable agriculture; LISA)의 개발이 여러 각도에서 추진되고 있다(이와 정 1993, 이 1995). 저투입 지속농업은 생산요소의 투입량을 줄여 주변 생태환경에 대한 부작용을 최소화 하며, 생태계의 물질순환 능력을 농업생산에 활용하여 농업 생산성을 유지하려는 작물생산기술이다. 우리 나라의 벼농업 생산성의 증가는 토지 생산성의 증가였지 노동 생산성의 향상은 크지 않았으며 벼농업의 지속성 향상은 농업 생산자재의 저투입과 영농노력의 생력화를 통한 영농채산성의 증대가 중요한 과제로 대두되고 있다(이와 정 1993). 따라서, 벼농사에 있어 LISA형 재배기술 개발은 우리 나라 벼농업 지속성의 관건이 될 것이다. 현재 소규모 농가에서의 벼 재배 및 해충방제 경향을 살펴보면 농사인력의 고령화로 인해 해충방제의 노동력 절감의 이유로 몇 가지 약제를 벼의 병해충 발생의 실제와 관계없이 혼용하여 살포하는 경향이 아직도 많다. 이러한 경향은 벼농사의 생력화와 환경보전형 농업에 대한 사회적 요구를 만족시켜야 하는 우리의 목표에 위배되는 현실의 한 단면을 보여주는 것으로서 이 두가지 요구를 만족시키는 올바른 생산체계 확립의 필요성을 재확인해 주는 것이다.

본 연구는 저투입 지속형 재배(LISA)와 관행재배(Conventional) 벼 포장에서의 절지동물의 군집구성과 이들 군집구조의 시기별 변화 특성을 분석하고, 생산자재 투입량의 절지동물군집 구성에 미치는 영향을 파악함으로써 환경조화형 지속농업에 있어서 해충관리의 기초자료로 활용함을 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

실험지역

1. 1995년

경기도 수원시 권선구 탑동 소재 농가 벼 포장 2곳을 실험포장으로 선정하고 '봉광'을 재배 품종으로 하여 관행재배구(Conventional)와 저투입 지속형 재배구(LISA)를 배치하였다. 유묘 준비는 3월 30일 침종을 하였고 4월 15일에 상자육묘로 못자리를 만들었다. 이앙은 5월 20일 이앙기를 사용하여 재식밀도 30×15 cm로 이식하였다. 두 처리구의 재배는 Table 1과 같이 하였다.

2. 1996년

포장 선정, 배치, 품종, 이앙 및 농약 사용 등은 1995년과 동일하였으며 비료 시용만 전년과 약간 차이가 있었으며 그 내용은 Table 2와 같다.

채집 및 동정

1. 1995년

절지동물의 채집방법은 각 실험구(200평)를 10개의 소구(20평)로 나누고 각 소구에서 임의로 벼 1株를 선택하여 기주에 붙어 있던 각종 천적류나 해충류가 도망가지 못하게 광목망(직경 35 cm, 망깊이 50 cm(벼생육초기), 1 m(벼생육 후기))으로 씌운 후, 벼 밑둥을 재단용 가위로 잘라, 광목망에 집어 넣었다. 따라서 10주를

Table 1. Fertilizers and pesticides applications for conventional and LISA plots in 1995

Item	Conventional	LISA[a]
1. Fertilizer application(kg/10a)	(N : P_2O_5 : K_2O)	(N : P_2O_5 : K_2O)
Basal fertilization	7.9 : 3.2 : 3.2	2.9 : 2 : 6
Side dressing	2.6 : 2.1 : 2.1	1.2 : 0.5 : 0.5
FPIS[a]	1.3 : 0 : 0	1.2 : 0 : 0
Total	11.8 : 5.3 : 5.3	5.3 : 2.5 : 6.5
2. Pesticide application(g a.i./10a)		
Herbicide	MASET^R(butachlor; 150)	MAMURI^R(mefenacet+bensulfuron-methyl+dymron; 105+3.9+4.5)
Insecticide & fungicide		
Leafminor	KYURADEL^R(carbofuran; 120)	KYURADEL^R(carbofuran; 120)
Rice sheath blight	NEOASOZIN^R(neoasozin; 16)	–
Rice stem borer	DEEP^R(trichlorfon; 150)	–
Rice leaf roller	PARDAN^R(cartap hydrochloride; 50)	PARDAN^R(cartap hydrochloride; 50)
Neck blast	KITAJIN^R(IBP; 680)	–

[a] : Low input sustainable agriculture
[b] : Fertilization at panicle initiation stage.

Table 2. Fertilizers and pesticides applications for conventional and LISA plots in 1996

Item	Conventional	LISA[a]
1. Fertilizer application(kg/10a)	(Complex fertilizer)	(Straight fertilizer)
Basal fertilization	(N : P_2O_5 : K_2O)	(N : P_2O_5 : K_2O)
First side dressing	7.0 : 5.5 : 5.5	2 : 8 : 8
Second side dressing	4.62 : 1.8 : 1.8	2.5 : 0 : 0
FPIS[b]	0 : 0 : 0	1.5 : 0 : 0
Total	11.62 : 7.3 : 7.3	6.0 : 8 : 8

[a] : Low input sustainable agriculture
[b] : Fertilization at panicle initiation stage.

표본 채취하였다. 이들을 실험실 내에서 초저온 냉동고를 이용 −70℃에서 15분 동안 급속 냉동시킨 다음 75% 알코올에 분리시켜 40배의 해부 현미경 하에서 동정하였다. 조사기간은 6월 21일부터 9월 27일까지 하였으며 1주일 간격으로 오후에 채집하였다. 우천시에는 다음 날로 연기하였으며 총 14회 조사하였다.

2. 1996년

절지동물의 채집방법은 1995년과 동일하였고 조사기간은 7월 8일부터 9월 25일까지 1주일 간격으로 오후에 채집하였으며 총 11회 조사하였다.

자료분석

자료분석은 각 조사구에서 발생한 절지동물을 해충류, 비해충류, 천적류 등의 기능군(길드)으로 대분류한 다음 다시 주요 해충인 매미목의 벼멸구, 흰등멸구, 애멸구와 주요 천적인 거미류의 발생 패턴을 비교하였다. 거미류의 경우 종 수준까지 동정하여 종 다양도, 균등도, 우점도 등을 구하여 군집간 비교를 하였다.

1. 생물 다양도 지수

논 생태계 내 절지동물군 중 거미류 군집의 종 다양도를 나타내기 위한 지수로, 종수, Shannon 지수, Evenness 지수를 사용하였고(Magurran 1988), 지역간 지수들의 유의성 검정은 Mann-Whitney test(Siegel and Castellan 1988)를 사용하였다.

−종 풍부도(S)

S : 종수

−Shannon index(H')

$H' = -\sum P_i \log P_i$

P_i : 전체 밀도에서 i종이 차지하는 비율

- Evenness index(J')

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

- Dominance index(D)

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

n_i : 각 종의 중요도 (개체수, 생체량, 생산량 등)
N : 전체 종의 중요도 합

생물다양도 지수의 값들은 위의 식들을 근거로 만들어진 Turbo Basic Program(spdiver. bas) (Ludwig and Reynolds 1988)을 이용하여 구하였다.

결과 및 고찰

절지동물 길드 구조

Table 3과 Table 4는 재배방식(저투입지속형 재배(LISA)와 관행재배(Conventional))을 달리한 논 생태계 내 벼 10株당 서식하는 절지동물의 평균 밀도를 기능군(해충, 천적, 비해충)별로 구분하여 1995년과 1996년 결과를 각각 정리한 것이다. 채집된 절지동물은 총 15목 43과였다. 두 해 모두 재배방식 간에 절지동물 발생의 차이는 없었으며 절지동물의 기능군 구성 패턴도 거의 동일하였다. 전체적으로 해충군의 밀도가 평균 62.9%로 가장 높았고 천적군이 20.9%, 비해충군이 16.2%를 차지하였다. 해충군에서는 매미목(Homoptera)에 속한 멸구과(Delphacidae)의 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)와 흰등멸구(*Sogatella furcifera* Horvath)가 우점을 차지했으며, 매미충과(Cicadelidae)의 끝동매미충(*Nephotettix cincticeps* Uhler)은 발생량이 적었다. 파리목(Diptera)의 벼줄기굴파리(*Chlorops oryzae* Matsumura), 벼검은줄기굴파리(*Hydrellia sasakii* Matsumura), 벼잎굴파리(*Agromyza oryzae* Munakata) 및 벼물바구미(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel)도 낮은 밀도를 형성하였다. 나방류 해충인 흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis* Gunée), 이화명나방(*Chilo suppressalis* Walker) 등은 유충이 주로

Table 3. Mean density(±SEM) of arthropods by taxa in guilds in two rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1995(Sample units = 10 hills, 14 weeks)

Guild	Cultural methods	
	LISA[a]	Conventional
Pests	5.58 ± 1.11	6.48 ± 1.46
Homoptera	4.76 ± 1.01	4.14 ± 1.11
Delphacidae	3.36 ± 0.73	2.76 ± 0.93
Nilaparvata lugens	1.70 ± 0.56	1.57 ± 0.56
Sogatella furcifera	1.60 ± 0.38	1.18 ± 0.40
Laodelphax striatellus	0.06 ± 0.04	0.01 ± 0.01
Aphididae	0.90 ± 0.39	0.91 ± 0.43
Cicadelidae	0.50 ± 0.21	0.47 ± 0.22
Nephotetettix cincticeps	0.50 ± 0.21	0.47 ± 0.22
Diptera	0.54 ± 0.13	1.54 ± 0.69
Coleoptera	0.09 ± 0.04	0.51 ± 0.09
Lepidoptera	0.10 ± 0.06	0.16 ± 0.06
Hemiptera	0.08 ± 0.03	0.03 ± 0.01
Others	0.01 ± 0.01	0.11 ± 0.04
Natural Enemies	2.49 ± 0.59	2.16 ± 0.66
Araneae	1.99 ± 0.57	1.93 ± 0.63
Hemiptera	0.02 ± 0.02	0.00 ± 0.00
Coleoptera	0.21 ± 0.05	0.06 ± 0.02
Hymenoptera	0.16 ± 0.08	0.05 ± 0.01
Others	0.11 ± 0.05	0.12 ± 0.05
Non-Pests	3.45 ± 2.29	2.08 ± 1.00
Collembola	0.04 ± 0.02	0.34 ± 0.16
Diptera	3.41 ± 2.29	1.74 ± 0.89
Total	11.52 ± 2.27	10.72 ± 2.33

[a] : Low Input Sustainable Agriculture.

Table 4. Mean Density(±SEM) of arthropods by taxa in guilds in two rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1996(Sample units = 10 hills, 11 weeks)

Guild	Cultural methods	
	LISA[a]	Conventional
Pests	5.46 ± 0.76	5.06 ± 0.74
Homoptera	4.47 ± 0.63	3.78 ± 0.68
Delphacidae	2.35 ± 0.69	2.26 ± 0.44
Nilaparvata lugens	1.63 ± 0.48	1.52 ± 0.28
Sogatella furcifera	0.62 ± 0.24	0.72 ± 0.21
Laodelphax striatellus	0.11 ± 0.05	0.02 ± 0.02
Aphididae	2.00 ± 0.58	1.40 ± 0.49
Cicadelidae	0.12 ± 0.05	0.12 ± 0.05
Nephotettix cincticeps	0.12 ± 0.05	0.12 ± 0.05
Diptera	0.47 ± 0.10	0.88 ± 0.25
Coleoptera	0.19 ± 0.06	0.12 ± 0.06
Lepidoptera	0.04 ± 0.02	0.12 ± 0.06
Hemiptera	0.04 ± 0.04	0.02 ± 0.02
Others	0.25 ± 0.20	0.14 ± 0.08
Natural Enemies	1.77 ± 0.46	1.81 ± 0.35
Araneae	1.36 ± 0.47	1.53 ± 0.30
Hymenoptera	0.12 ± 0.06	0.06 ± 0.02
Hemiptera	0.10 ± 0.04	0.09 ± 0.05
Coleoptera	0.08 ± 0.04	0.07 ± 0.03
Others	0.04 ± 0.04	0.06 ± 0.03
Non-Pests	0.99 ± 0.37	0.84 ± 0.48
Collembola	0.56 ± 0.34	0.16 ± 0.09
Diptera	0.43 ± 0.23	0.67 ± 0.48
Total	8.22 ± 1.23	7.71 ± 0.76

[a] : Low input sustainable agriculture.

채집되었으며 株당 밀도는 아주 낮았다.

천적군에서는 거미류가 전체 천적 밀도의 90% 이상을 차지하였다. 거미류 이외에는 딱정벌레목, 노린재목, 기생벌 등이 소수를 점하였다.

비해충군에서는 파리목의 깔따구류가 본답초기에 높은 밀도로 발생하는 것으로 관찰되었으나 7월 중순 이후 현저히 줄어드는 경향이었으며, 톡토기류(Collembola)는 유숙기 이후 벼의 노화가 진행되어 생육 초기에 생성된 잎이 시들면서 낙엽이 생기는 기간(8월 중순 이후)에 이르러 밀도가 높아지기 시작하였다.

경기지역의 벼 절지동물 발생상은 남부지역보다 작은 것으로 나타나고 있는데(윤, 1997), 파종방법이 다른 경기지역 논 생태계의 벼 절지동물 45과(이 등, 1997)나 윤(1997)의 50과 이하 보고들은 본 결과와 별 차이가 없었으며, 일반적으로 경기지역의 벼 절지동물 발생상을 그대로 반영한다고 생각된다. 길드별 절지동물 밀도의 순서는 연구자들에 따라 다르게 보고되고 있다. 진주지역의 이앙답에서의 해충군 > 비해충군 > 천적군(송과 최 1993), 윤(1997)의 전국 8개 지역의 이앙답에서의 해충군 > 비해충군 > 천적군, 이 등(1997)의 경기지역에서의 이앙답과 직파답에서의 천적군 > 해충군 > 비해충군 등의 결과는 본 연구 결과와는 다른 패턴이었다. 이것은 파종방법, 본답 초기 식생구조의 차이, 지역성, 표본조사방법 등의 영향과 무관하지 않다고 생각되며 앞으로 더 연구가 계속되어야 할 것이다.

길드별 절지동물 발생소장

Fig. 1은 1995년과 1996년의 재배방식이 다른 두 처리구에서의 절지동물들의 길드별 발생소장이다. 이들 발생소장은 관행재배구와 저투입지속형 재배구 간에 유의성 있는 차이는 없었다. 모두 본답 초기에는 깔따구류를 우점으로 하는 비해충군의 발생이 두드러지다가 7월 이후 이들의 밀도는 차츰 감소하였고, 멸구류와 매미충류가 중심이 되는 해충군과 주로 거미류로 구성된 천적군의 발생이 증가하였다. 해충군과 천적군 모두 8월 중순

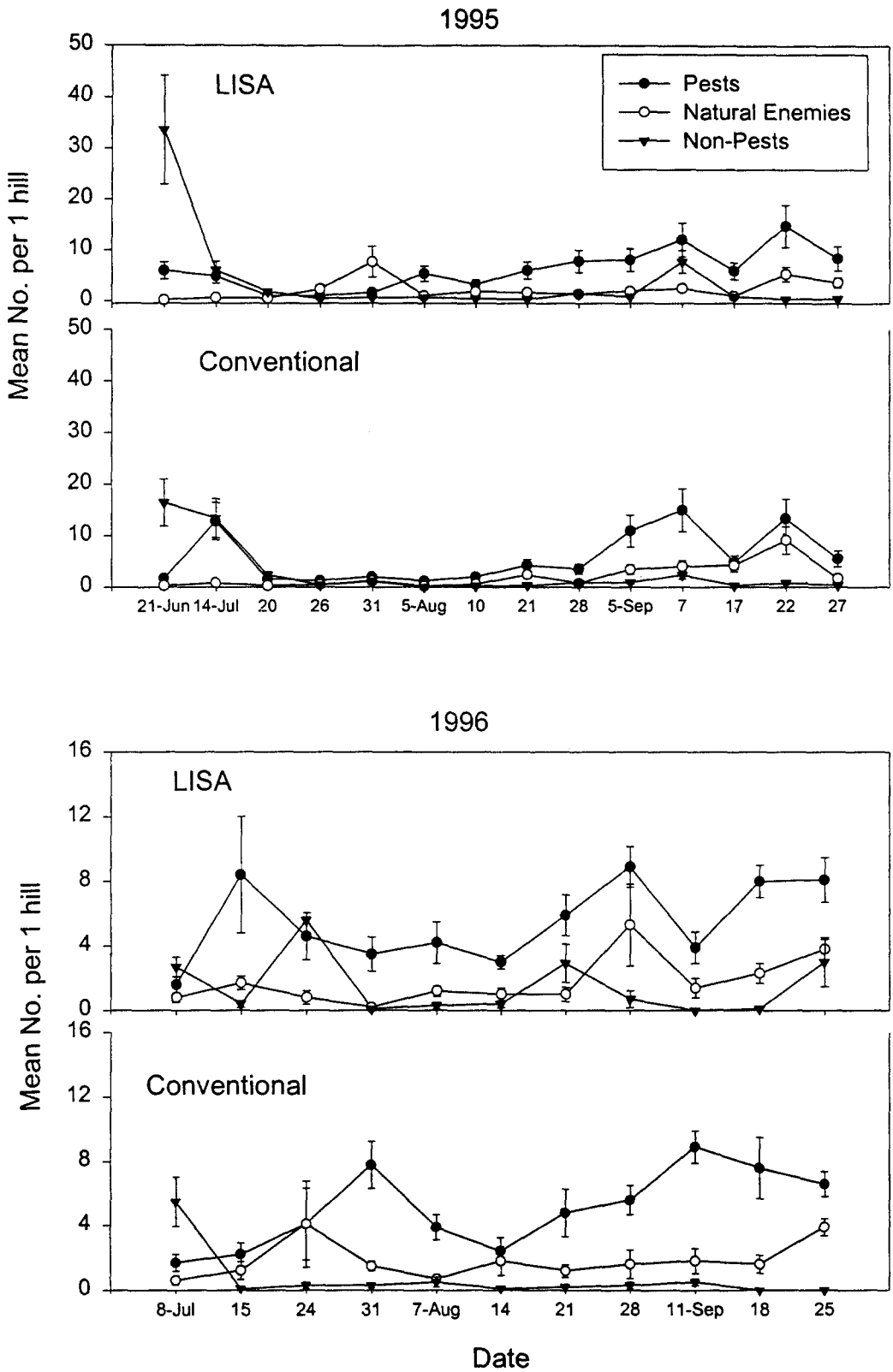

Fig. 1. Temporal abundance of arthopods of three guilds(pest, natural enemy and non-pest) in rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1995 and 1996.

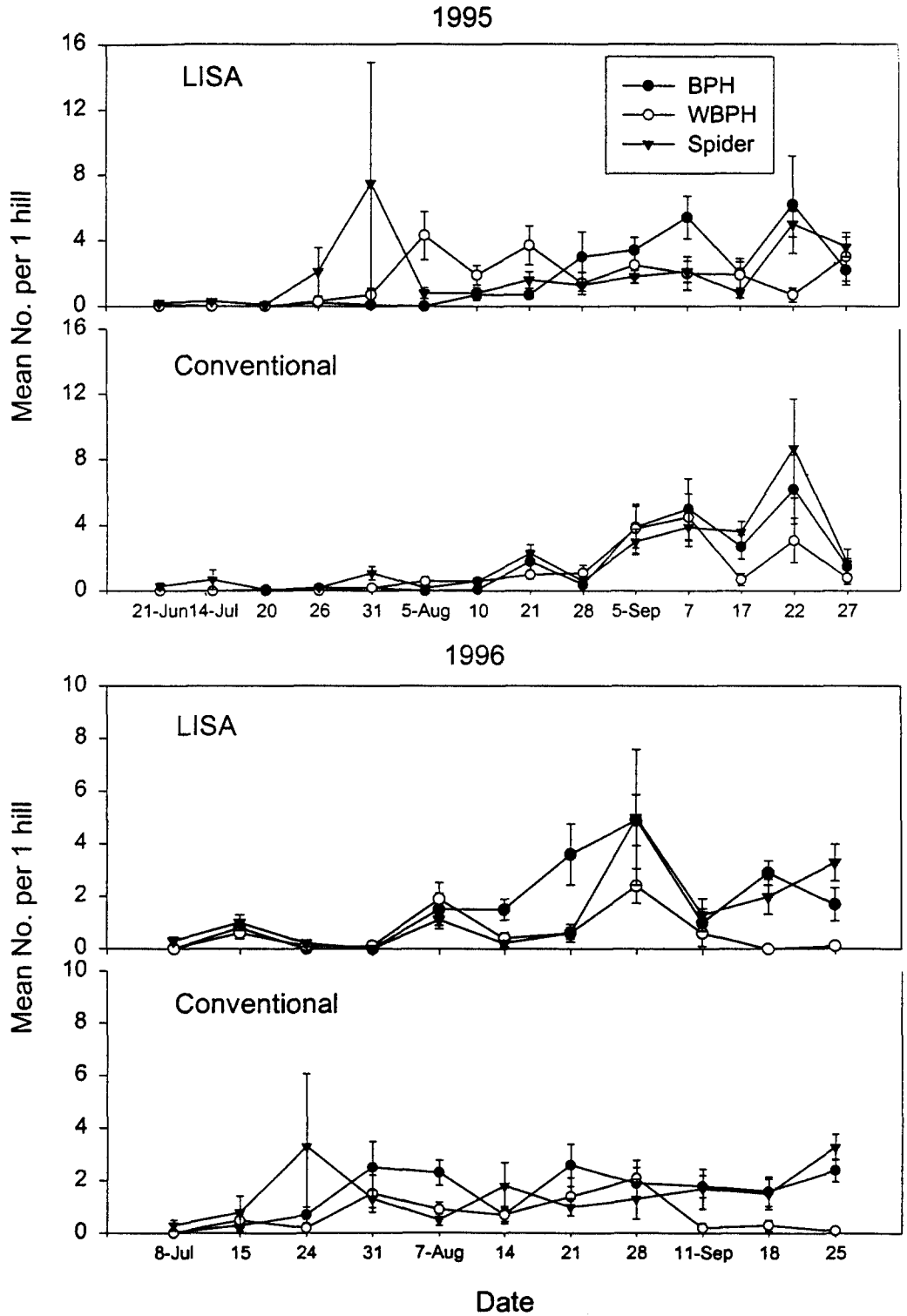

Fig. 2. Temporal abundance of main pests(BPH, *N. lugens*; WBPH, *S. furcifera*) and spiders in rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1995 and 1996.

이후 밀도가 증가하였는데 이는 본답 내의 온습도 등의 미기상과 벼의 울폐도(canopy) 증가 등이 이들의 증식 및 서식에 적합해지고 이에 따라 벼 절지동물들의 상대적인 먹이량이 풍부해지기 때문으로 생각된다. 이러한 벼 절지동물의 발생 경향은 기존의 연구결과들(송과 최 1993, 윤 1997, 이 등 1997)과도 일치하였다.

Fig. 2는 1995년과 1996년의 벼의 주요 해충인 벼멸구와 흰등멸구 그리고 이들의 천적인 거미류의 발생소장이다. 벼멸구와 흰등멸구는 8월 중순 이후부터 밀도가 높아지기 시작했으며 이들의 밀도 증가와 더불어 거미류도 비슷한 패턴을 보였다. 벼멸구와 흰등멸구는 중국에서 비래해 오는 해충으로서(Lee와 Park 1977, Uhm 1988) 본답 초기에는 밀도가 매우 낮고 후반에 증가하는 양상을 보였으나 그다지 높은 밀도는 아니었다. 이러한 경향은 윤(1997)과 이 등(1997)의 결과와도 비슷하였는데 이것은 최근 몇 년간 이들의 비래량이 아주 적은 것과도 관련이 있는 것으로 보여진다(엄 1991). 거미류의 밀도는 8월 초순 이후부터 9월 중하순까지 본답에서 비교적 높은 밀도를 보였는데 이것은 다른 연구자들의 결과들(송과 최 1993, 윤 1997, 이 등 1997)과 같은 경향이었다. 한편 우점 천적 거미인 황산적거미와 턱거미의 발생량과 발생패턴은 관행재배구와 저투입지속형 재배구 간에 유의성 있는 차이가 없었다.

거미 군집분석

Table 5와 Table 6은 1995년과 1996년의 두 처리구에서 채집된 거미류를 생활습성에 따라 분류, 정리한 것이다. 채집된 거미류의 총 개체수는 관행재배구보다 저투입지속형 재배구에서 더 많은 경향이었으나 유의성 있는 차이는 없었으며 발견된 종 수도 별 차이가 없었다. 배회성 거미류(hunting spider)에서는 늑대거미과(Lycosidae)의 황산적거미(*Pirata subpiraticus* Bös. et Str.)와 염낭거미과(Clubionidae)의 갈색염낭거미(*Clu-*

Table 5. Species of spiders collected in rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1995

Type	Family	Species	Conventional	LISA[a]
Hunting	Clubionidae	*Clubiona kurilensis* Bös. et Str.	1	2
		Clubiona lutescens Westring	6	4
		Clubionidae SL[b]	47	9
	Lycosidae	Lycosidae SL[b]	64	128
		Pirata subpiraticus Bös. et Str.	2	7
	Pisauridae	Pisauridae SL[b]	1	1
	Salticidae	*Marpissa magister* Karsch	1	1
		Salticidae SL[b]	4	12
	Thomicidae	Thomicidae SL[b]	11	2
	Subtotal		137	166
Orb webbing	Araneidae	Araneidae SL[b]	3	0
	Tetragnathidae	*Pachygnatha clercki* Sundevall	7	6
		Tetragnatha praedonia L. Koch	0	2
		Tetragnathidae SL[b]	14	9
	Subtotal		24	17
Space webbing	Erigonidae	*Erigone prominens* Bös. et Str.	0	1
		Erigonidae SL[b]	6	11
		Gnathonarium gibberum Oi	1	1
		Gnathonarium dentatum Weider	6	4
		Ummeliata angulituberis Oi	7	2
		Ummeliata insecticeps Bös. et Str.	2	2
	Theridiidae	*Coleosoma octomaculatum* Bös. et Str.	1	0
	Subtotal		23	21
Others			64	63
Total			248	267

[a] : Low input sustainable agriculture.
[b] : Spiderling.

Table 6. Species of spiders collected in rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1996

Type	Family	Species	Conventional	LISA[a]
Hunting	Clubionidae	*Clubiona kurilensis* Bös. et Str.	1	0
		Clubiona lutescens Westring	1	0
		Clubionidae SL[b]	11	8
	Lycosidae	Lycosidae SL[b]	18	16
		Pirata subpiraticus Bös. et Str.	2	2
	Pisauridae	Pisauridae SL[b]	1	0
	Salticidae	Salticidae SL[b]	1	0
	Thomicidae	Thomicidae SL[b]	4	1
		Xysticus saganus Bös. et Str.	0	1
	Subtotal		39	28
Orb webbing	Tetragnathidae	*Pachygnatha clercki* Sundevall	1	5
		Tetragnathidae SL[b]	4	2
	Subtotal		5	7
Space webbing	Erigonidae	*Erigone prominens* Bös. et Str.	1	0
		Erigonidae SL[b]	11	13
		Gnathonarium dentatum Weider	10	3
		Ummeliata angulituberis Oi	9	4
		Ummeliata insecticeps Bös. et Str.	2	1
		Ummeliata tokyoensis Bös. et Str.	1	0
	Theridiidae	*Coleosoma octomaculatum* Bös. et Str.	1	2
		Enoplognatha japonica Bös. et Str.	1	1
		Theridiidae SL[b]	4	6
	Subtotal		40	30
Others			23	63
Total			107	128

[a] : Low input sustainable agriculture.
[b] : Spiderling.

biona kurilensis)가 우점종이었으며, 조망성 거미류(webbibg spider)에서는 갈거미과(Tetragnathidae)의 턱거미(*Pachygnatha clerki* Sundevall), 애접시거미과(Erigonidae)의 황갈애접시거미(*Gnathonarium dentatum* Wider) 및 모등줄애접시거미(*Ummeliata angulituberis* Oi)가 우점종이었다. 배회성거미류가 조망성거미류보다 1995년에는 배정도 되었으나 1996년에는 비슷한 분포를 보였다. 2년간 채집된 거미류 전체를 보면 배회성 거미류(Hunting Spider)가 60% 이상을 차지하였다. 특히 황산적거미(*P. subpiraticus*)를 포함한 늑대거미과(Lycosidae)가 우점과였는데 늑대거미과는 지역적인 차이는 있지만 일반적으로 논거미류 중에서 밀도가 가장 높은 우점과로 추정되고 있고 황산적거미는 이중 중요한 우점종으로 인식되고 있다(임과 김 1996, 윤 1997, 이 등 1997). 또한 황산적거미로 추정되는 늑대거미과의 어린 거미들이 많이 채집되었는데 이것은 황산적거미는 수면에서 0~10cm에서 주로 서식하는데(김과 이, 1994)이들 어린 거미들이 벼의 기부 줄기 속에 있다가 벼 밑둥을 베어내어 채집할 때 함께 포획된 것으로 여겨진다. 한편 본답 초기에는 배회성 거미류가 많이 채집되다가 본답 후기에는 조망성 거미류가 더 많이 채집되는 경향이었는데 이는 배회성 거미류의 경우 본답 초기 벼의 엽면적이 작은 기간에는 상대적으로 활동하기에 편하고 또 논둑 주변에서 월동을 끝낸 후 빠르게 본답으로 이동하기 때문으로 생각되며 조망성 거미류의 경우는 벼의 생육이 아직 미흡한 본답 초기에는 거미망을 설치하기가 힘들어 정착 및 밀도 형성이 느리게 진행되기 때문으로 여겨진다.

Table 7은 거미 군집 분석 결과이다. 채집된 총 종수는 17종이었으며, 처리구에 따른 유의성의 차이는 없었다. 총 개체수는 관행재배구보다 저투입지속형 재배구에서 조금 많았으나 유의성 있는 차이는 없었다. 우점도(D)는 두 해 모두 저투입지속형 재배구가 관행재배구보다 높았으며 균등도(J)는 관행재배구에서 높았는데 이것

Table 7. Diversity indices of spider community in rice fields managed by different cultural methods, Suwon, 1995 and 1996

Index	1995		1996	
	Conventional	LISA[a]	Conventional	LISA[a]
Number of species	17	16	17	12
Number of individual	248	267	107	128
Shannon index (H′)	2.006	1.436	2.438	1.827
Dominance index(D)	0.206	0.449	0.117	0.278
Evenness index(J′)	0.708	0.518	0.861	0.735

[a] : Low input sustainable agriculture.

은 1995년의 경우 저투입지속형 재배구에서 늑대거미과의 어린 거미가 상대적으로 많이 채집된 때문으로 생각된다. 1996년의 경우는 저투입지속형 재배구에서 채집된 종수가 작았고 일부 종들이 상대적으로 많이 발생한 때문으로 생각된다. 따라서 종다양도지수(H′)의 값은 관행재배구가 더 높았으나 이것은 재배방식에 따른 진정한 차이라고 보기는 어려우며 Fig. 2 및 Table 5와 Table 6에서 제시되는 바와 같이 거미군집의 패턴과 발생패턴은 두 재배방식의 큰 영향을 받지 않은 것으로 해석된다.

저투입지속형 재배구와 관행재배구에서의 비료와 농약 에너지 투입량과 벼 절지동물 발생

본 연구의 실험포장에 사용된 비료와 농약 에너지 투입량을 Pimentel(1980)의 방법을 이용하여 환산하여 비교하면 저투입지속형 재배구는 관행재배구에 비하여 51.3%에 불과하였다(Table 8). 그러나 이에 따른 소규모 논 생태계 내의 절지동물 발생량 및 군집 구조에 있어서는 차이가 거의 없었다. 이의 원인을 분석해 보면 관행재배구와 저투입지속구 간에 절지동물의 발생상에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 환경요소로서 벼생육 상태를 시기별로 비교해 본 결과, 주당 경수, 최고분얼수, 키 등에 있어서 조사지간 유의차가 발견되지 않았고, 벼의 영양상태에 있어서도 시기별로 Spad meter로 측정한 엽록소의 양에 유의차가 없었다(이 등 1996). 이는 저투입지속구와 관행재배구 간에 에너지 투입량에 차이가 있더라도 이 차이가 벼의 생육에 영향을 미칠 수 있는 그런 정도가 아니라, 관행재배법에 있어서는 벼의 생육에 필요 이상으로 인위적인 에너지가 투입된다는 것을 시사한다고 하겠다. 논 생태계 내의 벼 절지동물 발생량 및 군집 구조에 가장 큰 교란 효과를 주는 인위적 요인은 농약의 처리라 할 수 있다. 이에 비하여 비료의 투입은 벼의 생육에 먼저 영향을 준 다음 이에 기생하는 절지동물에 영향을 주는 2차 요인이다. 일반적으로 농약의 과도한 사용은 논 생태계 내 절지동물상을 거의 완전히 파괴한다(윤 1997). 그러나, 이러한 효과는 환경의 안전성과 농약 사용의 경제성 등을 고려한다면 결코 바람직한 일은 아니다. 현재 우리 나라의 일반 소규모 농가에서 이루어지고 있는 벼 해충방제를 위한 살충제의 사용횟수는 실제 벼 해충의 발생 패턴에 비하여 많은 경향이다. 그러나 벼 해충관리의 궁극적 목표는 살

Table 8. Total energy of fertilizers and pesticides applied in rice fields

Source		Energy equivalents	Input energy(kcal/10a)	
			Conventional	LISA[a]
Fertilizer	nitrogen	14,700 kcal/kg	161,700	88,200
	phosphate	3,000 kcal/kg	24,000	24,000
	potash	1,600 kcal/kg	12,800	12,800
Herbicides		86,600 kcal/kg	12,990	13,328
Other pesticides		85,300 kcal/kg	86,665	14,501
Total			298,155 (100%)	152,829 (51.3%)

[a] : Low input sustainable agriculture.

충제의 부적절한 사용을 최대로 억제하고 천적과 같은 생물적 억제 인자들의 기능을 극대화 하여 해충 발생이 경제적 피해를 일으키지 않는 수준을 유지하도록 하여 건전한 논 생태계를 유지하는데 있다고 할 수 있으며 이를 실현하기 위한 해충관리체계 수립은 논 생태계에서의 벼 절지동물의 발생 패턴이 벼 재배방식에 따라 어떤 차이가 나타나는지를 파악하는 것이 우선되어야 한다. 관행재배와 저투입지속형 재배 논 생태계 내 벼 절지동물의 총발생량이나 기능군(길드) 구성비의 차이가 보이지 않았다는 본 연구의 결과는 물론 소규모 농가 포장에서 이루어진 것이기 때문에 계속적인 추가 연구가 필요하지만 해충관리 측면에서 볼 때, 앞에서 언급한 불필요한 농약 사용을 반증함과 동시에 저투입지속형 농업의 가능성을 어느 정도는 긍정적으로 시사해 준다고 볼 수 있으며, 절약된 인위적 요소만큼의 환경파괴 요인이 감소된다고 하겠다.

적 요

재배방식을 달리한 논 생태계 내 절지동물의 군집상을 분석하기 위하여 경기도 수원에 위치한 농가 포장에 관행재배구, 저투입지속형 재배구를 설정하여 1995, 1996년 2년에 걸쳐 절지동물 군집상을 조사하였다. 저투입지속형 재배구에는 관행재배구에 비해 시비량은 1/2, 농약 살포량은 1/4이었다. 절지동물은 총 15목 43과가 채집되었다. 절지동물의 밀도와 종 구성에 있어 재배방식에 따른 유의성 있는 차이는 없었다. 절지동물 군집을 기능군(길드)으로 나누어 분석한 결과, 밀도가 '해충군 > 천적군 > 비해충군'의 순으로 나타났다. 해충군에는 매미목(Homoptrea)이 우점목으로서 해충군의 80% 이상을 차지했으며 이중 멸구과(Delphacidae)의 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)와 흰등멸구(*Sogatella furcifera* Horvath)가 우점종들이었다. 천적군에서는 거미류가 전체 천적의 90% 이상을 차지했다. 그중 배회성 거미류(hunting spider)가 60% 이상이었고 늑대거미과(Lycosidae)의 황산적거미(*Pirata subpiraticus* Bös. et Str.)가 우점종이었다. 조망성 거미류(webbing spider)에서는 갈거미과(Tetragnathidae)의 턱거미(*Pachygnatha clerki* Sundevall), 애접시거미과(Erigonidae)의 황갈애접시거미(*Gnathonarium dentatum* Wider)와 등줄애접시거미(*Ummeliata angulituberis* Oi)가 우점종이었다.

인 용 문 헌

김홍선, 이해풍. 1994. 황산적거미의 생태적 특성. 농시논문집. 36(1): 326-331.

송유한, 최병렬. 1993. 논과 그 주변에서 서식하는 절지동물 군집 구조의 계절적 변동에 관한 연구. 경상대 논문집(생농계편). 32: 171-188.

엄기백. 1991. 흰등멸구와 벼멸구의 발생생태 특성과 피해에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp. 81.

엄기백, 최귀문, 현재선. 1991. 수도해충의 종합적 방제. pp. 16-65. 송정 현재선 교수 정년퇴임 기념 응용곤충학 논총. pp. 558. 서울대학교 농과대학 농생물학과 동창회. 천풍전산인쇄사.

윤종철. 1997. 논 생태계 내 절지동물 군집 구조와 그 변화 패턴. 서울대학교 대학원 박사학위논문. pp. 105.

이준호, 김광호, 임언택. 1997. 파종방법을 달리한 수원 및 이천 지역 소규모 수도포장에서의 절지동물 군집. 한응곤지. 36: 55-66.

이호진, 정영상. 1993. 지속적 작물생산과 환경관리. pp. 31-55. 지속적 농업과 환경보전 국제심포지엄 프로시딩. 서울대학교 농업생명과학대학 부속 농업개발연구소

이호진. 1995. 지속농업을 위한 작물생산 체계. pp. 87-107. '95 농업과학 학술토론회 '지속적 농업과 환경보전' 프로시딩. 한국농업과학협회.

이호진, 정영상. 1996. 환경농업의 현장애로 기술 개발, pp. 83-96. 지속적 작물 생산 기술개발. 농림부 특정연구사업 연구보고서. 서울대학교 농업생명과학대학 부속 농업개발연구소.

임문순, 김승태. 1996. 주요 작물의 해충에 대한 천적거미류의 생태에 관한 연구 Ⅰ. 생명과학지. 3: 37-72.

현재선. 1994 농림해충학총론. 서울대학교 출판부. pp. 325.

Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical ecology. pp. 337. John Wiley & Sons, NY.

Lee, J.O. and J.S. Park. 1977. Biology and control of the brown planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål) in Korea. In the rice brown planthopper. FFTC (ASPAC) Taipei, Taiwan. pp. 199-213.

Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. pp. 179. Croom Helm Ltd., London.

Pimentel, D. 1980. Handbook of energy utilization in agriculture. pp 3-98. CRC Press. NY.

Siegel, S. and N.J. Castellan. 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. 2nd. ed. pp. 399. McGraw-Hill, NY.

Uhm, K.B., J.S. Park, Y.I. Lee, K.M. Choi, M.H. Lee and J.O. Lee. 1988. Relationship between some weather conditions and immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Korean J. Appl. Entomol. 27: 200-210.

(1997년 7월 15일 접수)