

농업환경 평가를 위한 지표곤충 선발

최영철* · 박해철 · 김종길 · 심하식 · 권오석

농업과학기술원 농업생물부

Selection of Indicator Insects for the Evaluation of Agricultural Environment

Young-Cheol Choi*, Hae-Chul Park, Jong-Gill Kim, Ha-Sik Sim and Oh-Seok Kwon

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-100, Republic of Korea

ABSTRACT : To select indicator insects, the abundance of which is one of the major criteria for the evaluation of agricultural environment, was designated and monitored in the three sites (Hongcheon A, B, and Yangpyeong) from 2001 to 2003.

Characteristics of rice cultivation are usual cultivation with 2 or 3 times sprayed chemical agents per year in Hongcheon A site, duck cultivation with non-sprayed chemical agent, green manure and mowing in Hongcheon B site, and pond snail with non-sprayed chemical agent, green manure and mowing in Yangpyeong site.

Dominant floral species are *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel., *Persicaria thunbergii* (Siebold & Zuccarini) H. Gross, *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauvois, and *Humulus scandens* (Lour.) Merr. in Hongcheon A site, *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel., *Persicaria thunbergii* (Siebold & Zuccarini) H. Gross, and *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauvois in Hongcheon B site, and *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel., *Setaria viridis* (L.) Beauv., and *Persicaria longiseta* (De Btuyn) Kitagawa in Yangpyeong site. Degree of green naturality (DGN) was higher in Hongcheon B site (2.0) and Yangpyeong site (3.6) than in Hongcheon A site (1.6).

Number of species and individual of insects collected in the three sites were abundant on August and September. The species diversity was higher in Hongcheon B and Yangpyeong than in Hongcheon A. And Coleoptera was dominant in the all sites.

The dominance index (DI) was the lowest, but diversity index (H'), evenness index (E) and richness index (RI) were the highest in Hongcheon B site.

Based on three results, indicator insects for the evaluation of agricultural environment were selected as *Dolichus halensis* in Hongcheon A site, as *Pheropsophus javanus* and *Polionemobius mikado* in Hongcheon B and Yangpyeong sites.

KEY WORDS : Environment evaluation, Indicator insect, *Dolichus*, *Pheropsophus*, *Polionemobius*

초 록 : 농업환경 평가를 위한 지표곤충을 선발하기 위해 2001년부터 2003년까지 홍천군 남면 양덕원리(홍천A), 홍천군 남면 명동리(홍천B)와 양평군 단월면 덕수리(양평)에서 농경지 주변에 서식하는 곤충을 채집, 동정하고 자연환경을 조사하였다. 시험지역의 벼 재배특성을 조사한 결과, 홍천A 지역은 농약을 년 2-3회 살포하고, 화학비료의 시비 등 일반관행 농법으로 이루어 졌으며, 홍천B 지역은 오리농법을, 양평 지역은 왕우렁이 농법을 도입하여 무농약, 무시비로 재배하면서 호맥을 재배하여 녹비로 이용하였다.

각 조사지역 내에서의 식생을 조사한 결과, 세 지역 모두 바랭이(*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koel.), 들피(*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauvois) 등이 우점하였으며, 서식 식물 종수는 세 지역 모두 다양한

*Corresponding author. E-mail: ycchoi@rda.go.kr

종이 서식하였고 녹지자연도(DGN)는 홍천A 지역(1.6)보다 홍천B 지역(2.0)과 양평 지역(3.6)이 높았다.

각 조사지역에 서식하고 있는 곤충을 채집, 분류 동정한 결과, 세 지역 모두 8, 9월에 개체수가 가장 많았으며, 채집 종수는 6월부터 9월까지 30종 이상이였다. 홍천A 지역에 비해 홍천B 지역과 양평 지역에서 채집된 곤충의 종수가 더 많았으며, 딱정벌레목의 종수가 다른 목의 곤충의 종수에 비해 월등히 많았다.

세 지역의 곤충 군집분석 결과, 우점도 지수(DI)는 홍천B 지역이 0.24로 가장 낮았으나, 종다양도(H'), 풍부도(RI)와 균등도 지수(EI)는 홍천B 지역과 양평 지역이 홍천A 지역보다 높았다.

세 지역의 시기별, 종별 채집빈도 등을 종합분석한 결과, 농업생태계 환경평가를 위한 유망 지표 곤충종으로 홍천A 지역은 딱정벌레목의 등빨간먼지벌레, 홍천B 지역과 양평 지역은 남방폭탄먼지벌레와 쯤방울벌레가 선발되어야 할 것으로 판단된다.

검색어 : 환경평가, 지표곤충, 등빨간먼지벌레, 남방폭탄먼지벌레, 쯤방울벌레

산업화와 도시화가 가속화됨에 따라 환경오염이 날이 갈수록 심각해짐으로써 이제는 인류의 생존까지도 위협하는 상태에 이르게 되었다. 농업에 있어서도 화학비료나 농약의 과다한 사용으로 토양의 유기물 함량을 감소시키고, 토양의 물리적 구조를 악화시켜 지속가능한 농업을 해칠 뿐만 아니라 농경지 토양과 수질을 오염시키고 있다(환경부, 1997, 1998).

과거의 농업은 오랫동안 자연과 조화를 이루는 산업이었고 환경적 측면에서 큰 문제를 일으키지 않았다. 그러나 농업의 생산성 증가를 위한 화학비료와 농작물 병해충 및 잡초를 방제하기 위한 농약을 과다 사용함으로써 환경오염과 농업생태계 파괴 등이 매우 심각한 실정이다. 이와 같이 위협을 받고 있는 대부분의 생물들은 서식지가 파괴되어 생긴 희생자들이므로 풍부한 서식지를 보존하는 것이 가장 중요하다. 풍부한 서식지를 찾기위해 가능한 지역에 있는 모든 생물을 조사하는 방법은 빠른 길이 아니며, 보존이 필요한 적당한 서식지를 찾는 한가지 방법으로 쉽게 조사할 수 있는 곤충을 지표종으로 이용하는 것이 유리하다. 곤충은 다양한 만큼 많은 종들에서 자기만의 한적하고 독특한 서식지를 갖는 경향이 있다. 즉 영양물질이 극히 적은 아주 깨끗한 물을 좋아하는 종, 어느 정도의 영양물질을 갖고 있는 덜 깨끗한 환경을 좋아하는 종 등 환경에 대한 자신만의 내성범위를 갖고 있다.

그러므로 주변 환경과 각별한 관계를 맺고 있는 곤충 집단의 생태를 연구하기 위해 일정공간 내에서 그 곤충의 분포와 밀도를 조사함으로써 현재 서식하고 있는 지역의 환경의 질을 측정할 수 있다. 지금까지 환경지표곤충에 대한 연구는 육상보다는 변수가 적은 수서환경에서 많은 연구가 이루어져 왔다. 국내에서도

간이환경평가 지수용 종이 선정되어 있는 등 수질과 관련된 연구가 있어 왔다(윤 등, 1992a, b, c). 최근 들어서 육상의 농업생태계와 산림생태계에서도 지표곤충을 연구하려는 시도가 진행되고 있다(Duelli *et al.*, 1999; Frouz, 1999). 농경지에서 농약과 비료의 사용량 증가에 따른 서식곤충의 종과 밀도 변화에 대한 연구, 산림의 건강성 평가 및 자연보호 지역의 계획 (Petrillo, 2001)이나 선택(Morris *et al.*, 1991)에서도 지표곤충의 연구가 진행되고 있으나 아직 미흡한 실정이다.

따라서, 이 연구는 농업생태계내 농업환경에 대한 건전성을 평가하기 위한 기초자료를 얻고자 곤충의 서식분포 및 밀도 등을 조사 분석하여 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지역 선정 및 환경요인 조사

1) 조사지역 선정

우리나라 농업생태계내의 환경상태를 평가할 수 있

Table 1. Characteristics of rice cultivation in sites

Site	Region	Crop	Cultivation
Hongcheon (A)	Hongcheon-gun Nam-myeon Yangdogwon-ri	Rice	conventional cultivation, chemicultivation 2-3times
Hongcheon (B)	Hongcheon-gun Nam-myeon Myeongdong-ri	"	duck cultivation (May 15), non-chemicultivation, green munure, mowing
Yangpyeong	Yangpyeong-gun Danweol-myeon Deoksu-ri	"	pond snail cultivation (May 20), non-chemicultivation, green munure, mowing

는 지표곤충 및 평가지수를 밝히고자 벼농사 재배양식의 차이에 따라 곤충의 서식환경이 다를 것으로 예상되는 지역을 선정하였다. 대상지역은 무비무농약의 벼농사 2개 지역(강원도 홍천군 남면 명동리(홍천B), 경기도 양평군 단월면 덕수리(양평; 2003년 조사)과 일반관행 벼농사 1개 지역(강원도 홍천군 남면 양덕원리홍천A))을 선정하여 조사하였다(Table 1). 세 지역 모두 벼 재배시기에는 논둑 주변에 콩을 심어 가을에 수확하였다.

2) 조사기간

선정된 조사지역에서 각 지역의 주변을 25 m 간격으로 나누고 대표되는 지점 2개소씩을 선정하여 조사하였다. 조사는 2001년 4월부터 10월까지 매월 3회씩 2003년까지 조사하였으며, 양평지역은 2003년에 추가로 조사하였다.

3) 환경요인 조사

조사지역의 자연환경을 알아보기 위하여 논 주변에 서식하는 식물상을 조사하였으며, 식물상은 양치식물 이상의 고등식물(관속식물)의 분류군을 동정(이, 1996)하였고 이를 바탕으로 서식하는 식물의 목록을 작성하였다. 조사지역의 주변환경을 이용하여 식생도를 작성하고 녹지자연도(Degree of Green Naturality, DGN)를 녹지자연도등급 조사기준(환경부, 1989)에 의하여 분석하였다.

2. 곤충채집 및 군집분석

1) 채집방법 및 분류

조사지역의 서식곤충을 채집하기 위해 각 지역의 조사지점에 일정간격(10m)으로 시럽 및 생선을 이용한 컵트랩을 50개씩 설치한 후 다음 날 오전에 수거하였으며, 또한 포충망을 이용하여 논 주변의 곤충을 쓸어잡기는 임의 채집법으로 채집하였다.

채집된 곤충은 즉시 건조기를 이용하여 건조한 후 표본침으로 정리하여 보관하였다. 정리된 곤충은 성충의 외부형태에 의한 관찰을 통하여 한국곤충명집(1994)을 근거로 분류학적 정리를 하였으며, 이들은 각각 곤충목(Insect Order)에 따른 과(Family), 종(species) 수준까지 동정하였다.

2) 군집분석

조사지역의 서식곤충에 대한 군집분석은 다음과 같

은 방법으로 실시하였다.

(1) 우점도지수(Dominance index)

각 지점별로 개체수현존량을 기준으로 하여 2종씩 선정하였으며, 지수의 산출은 McNaughton's dominance index에 의하였다(McNaughton, 1967).

$$DI = (n1 + n2) / N \text{이며,}$$

여기에서,

N : 총개체수

n1 : 제 1 우점종의 개체수

n2 : 제 2 우점종의 개체수 이다.

(2) 다양도지수(Diversity index)

Margalef (1958)의 정보이론에 의해서 유도된 Shannon-Weaver Function (Pielou, 1969; Shannon and Wiever, 1949)을 이용하여 산출하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^S Pi \cdot (\ln Pi)$$

H' : 다양도

S : 전체 종수

Pi : i번째에 속하는 개체수의 비율을 말하며(ni/N)으로 계산

(N: 군집내의 전 개체수, ni: 각 종의 개체수)

(3) 풍부도지수(Richness index)

종풍부도지수는 총 개체수와 총 종수 만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서 Margalef (1958)의 지수를 사용하여 산출하였다.

$$RI = (S - 1) / \ln(N)$$

RI : 풍부도

S : 전체종수

N : 총개체수

(4) 균등도지수(Evenness index)

균등도는 각 지수의 최대치에 대한 실제 치의 비로써 표현된다. 각 다양도지수는 군집내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도지수는 군집내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1975)의 식을 사용하여 산출하였다.

$$E = H' / \ln(S)$$

E : 균등도
 H' : 다양도
 S : 전체 종수

결과 및 고찰

1. 자연환경

각 조사지역의 식생을 조사하기 위해 논 주변과 인접한 도로주변의 식물을 채집하여 식물상을 조사한 결과, 홍천A 지역과 홍천B 지역은 바랭이, 도꼬마리, 돌피 등이 우점하였으며, 양평 지역은 바랭이, 개여뀌, 강아지풀이 우점하고 있었다. 그리고 논쪽 주변의 식물상은 세 지역 모두 유사 종의 식물이 서식하고 있었으나 홍천B 지역은 서식하는 식물 종수가 다른 지역에 비해 약 20여종 많았다. 이와 같이 홍천B 지역은 제초제 등 농약을 전혀 사용하지 않고 손제초를 함으로써 식물상이 풍부한 것으로 생각된다. 도로 주변의 식물상 또한 홍천A 지역과 홍천B 지역이 비슷하였다 (Table 2).

1은 홍천A, B 지역과 양평지역의 식생도를 나타낸 것으로서 세 지역 모두 논을 중심으로 주변환경이 대체로 양호하였으나, 홍천A 지역은 논 주변이 자연녹지

보다 주거지와 인접해 있는 곳이 많았다.

조사지역의 자연환경 상태를 알아보기 위해 녹지자연도(DGN)를 분석한 결과(Table 3), 홍천B 지역과 양평 지역은 녹지자연도 등급이 2-3 정도로 자연환경이 양호한 농경지 수준이었으며, 홍천A 지역은 주거지가 일부 인접되어 자연녹지도 등급이 1.6으로 조금 떨어지지만 환경상태는 대체로 양호한 것으로 나타났다.

2. 곤충상 변동

각 조사지역에서 4월부터 10월까지 시기별 채집, 동정된 곤충의 개체수 및 종수는 Figs. 2, 3과 같다. 각 지역에서 채집된 곤충의 개체수를 보면 4월부터 서식

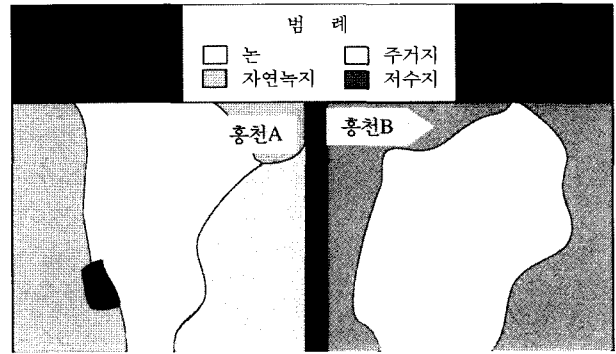


Fig. 1. Vegetation map of sites.

Table 2. Flora of sites

Site	Dominant species	Levee	Rural road
Hongcheon (A)	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel., <i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold & Zuccarini) H. Gross, <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauvois, <i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr.	<i>Vicia amoena</i> Fischer, <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv., <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauvois	<i>Persicaria perfoliata</i> (L.) H. Gross, <i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L. var. <i>elatior</i> (L.) Desc., <i>Chelidonium majus</i> L. var. <i>asiaticum</i> (Hara) Ohwi
Hongcheon (B)	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel., <i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold & Zuccarini) H. Gross, <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauvois	<i>Vicia amoena</i> Fischer, <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv., <i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	<i>Glycine soja</i> S. et Z., <i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L. var. <i>elatior</i> (L.) Desc., <i>Erigeron canadensis</i> L., <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.
Yangpyeong	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel., <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv., <i>Persicaria longiseta</i> (De Btuyn) Kitagawa	<i>Potentilla anemonefolia</i> Lehmann, <i>Bidens tripartita</i> L., <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	-

밀도가 증가하여 9월에 가장 많은 곤충이 서식하는 것으로 나타났으며, 홍천A 지역 보다 홍천B 지역과 양평지역에서 시기별로 출현 곤충이 많았다. 10월부터는 각 지역 모두 밀도가 감소하여 서서히 월동상태로 접어드는 시기임을 알 수 있었다. 각 지역에서 채집된 곤충 종수의 변화를 보면 개체수 변화와 비슷한 경향이었으나 8, 9월에 집중적으로 출현 종수가 다른 시기에 비해서 많았다. 특히 홍천A 지역의 8월 출현 종수는 다른 지역에 비해 월등히 많았으나 연중 출현 종수는 홍천B 지역과 양평 지역이 홍천A지역 보다 다양한 곤충이 많이 서식하고 있다는 것을 알 수 있었다. 홍천A 지역이 8월 중 갑자기 증가한 것은 초기 벼이앙 후 농약 등의 사용으로 곤충들이 다른 지역으로

회피하였다가 8, 9월에 서식환경이 좋아져서 복귀된 것으로 생각된다.

각 조사지역에서 4월부터 10월까지 목별 채집, 동정된 곤충의 개체수 및 종수는 Figs. 4, 5와 같다. 각 지역에서 채집된 곤충은 총 11개 목의 곤충이 서식하는 것으로 나타났으며, 목별 개체수를 보면 조사된 세 지역 모두 딱정벌레목, 메뚜기목, 노린재목 순으로 많았고 11개 목의 곤충 중 위 3목의 곤충이 대부분을 차지하였다. 그리고 홍천B 지역과 양평 지역에서 홍천A 지역 보다 곤충의 서식밀도가 높은 것으로 나타났다. 각 지역에서 채집된 목별 곤충 종수는 딱정벌레목, 노린재목, 메뚜기목 순으로 나타났으며, 홍천A 지역에 비해 홍천B 지역과 양평 지역에 서식하는 곤충이 많은 것으로 나타났다.

2001년부터 2003년까지 3년차에 걸쳐 홍천A 지역과 홍천B 지역에서 목별 채집, 동정된 곤충의 종수를 비교해 보면 Fig. 6에서와 같이 매년 홍천A 지역보다 홍천B 지역에 서식하는 곤충 종수가 대체로 많았다. 년도별로 채집, 동정된 곤충의 변화를 보면 홍천A 지

Table 3. Degree of green naturality (DGN) of sites

Sites	Ave. DGN	Standing crop (t)	Net production amount (t/y)
Hongcheon (A)	1.6	3,030	1,610
Hongcheon (B)	2.0	4,200	2,300
Yangpyeong	3.6	9,180	2,580

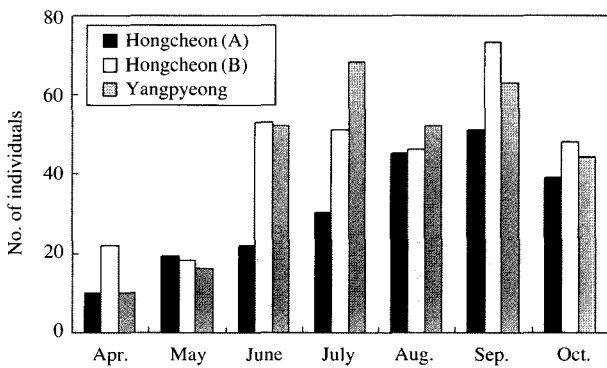


Fig. 2. Monthly variation of insect abundance in collecting sites, 2003.

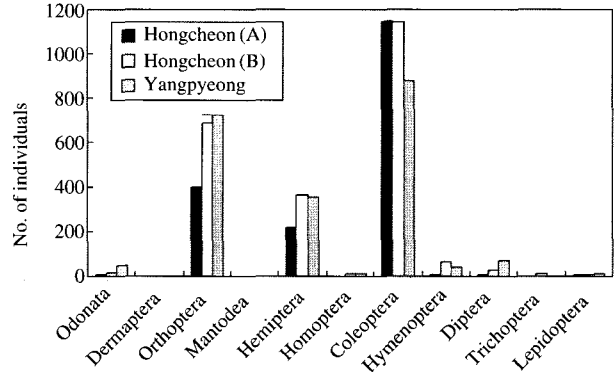


Fig. 4. Abundance of insect orders in collecting sites, 2003.

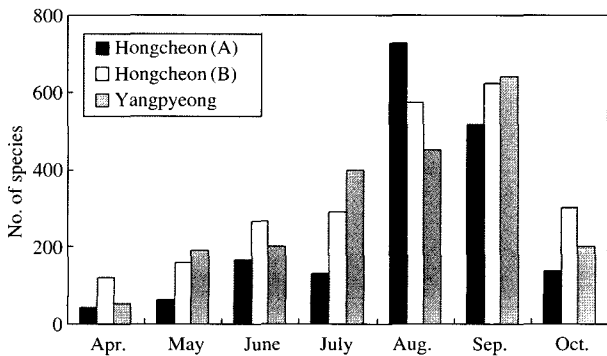


Fig. 3. Monthly variation of insect species in collecting sites, 2003.

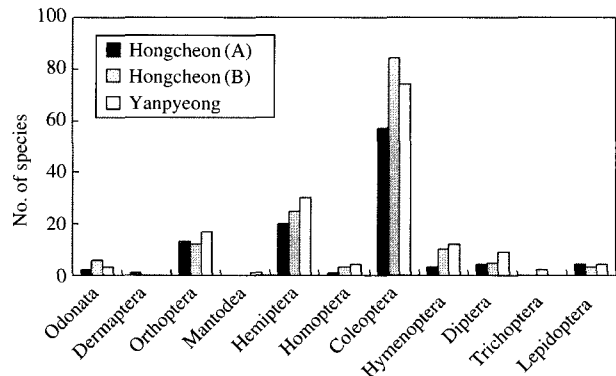


Fig. 5. Abundance of insect species in collecting sites, 2003.

역과 홍천B 지역 모두 2001년에 비해 2002년과 2003년에 더 많은 곤충이 출현한 것을 알 수 있었다. 특히 시기별로 보았을 때 홍천A 지역은 8, 9월에 곤충 출현이 집중되어 있으나 홍천B 지역의 경우 4, 5월을 제외하고 6월 이후 10월까지 많은 곤충이 서식하고 있는 것을 알 수 있었다. 홍천A 지역이 8, 9월 중 갑자기 증가한 것은 위에서 언급한 종수의 변화와 같이 초기 벼이앙 후 농약 등의 사용으로 곤충들이 다른 지역으로 회피하였다가 8, 9월에 서식환경이 좋아져서 복귀된 것으로 생각된다.

3. 군집분석

각 조사지역에서 채집, 동정된 곤충의 우점 정도 및 다양성을 알아보기 위하여 군집분석한 결과는 Table 4와 같다. 조사지역의 우점도 지수를 보면 홍천A 지역

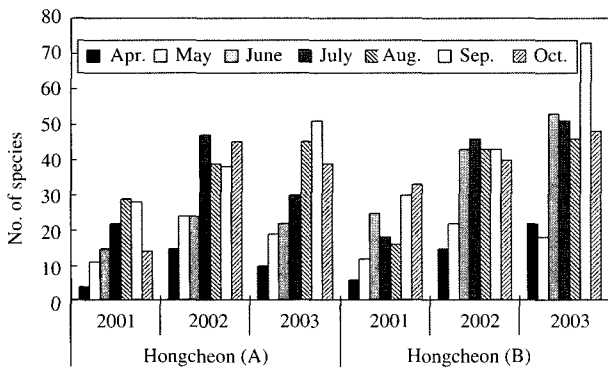


Fig. 6. Monthly variation of insect species in collecting sites from 2001 to 2003.

Table 4. Community analysis of insects in collecting sites, 2003

Index	Hongcheon (A)	Hongcheon (B)	Yangpyeong
Dominance index (DI)	0.33	0.24	0.40
Diversity index (H')	1.69	2.13	2.09
Evenness index (EI)	0.55	0.62	0.62
Richness index (RI)	4.91	6.20	6.02

은 0.33, 홍천B 지역은 0.24, 양평 지역 0.40으로 홍천A 지역과 양평 지역이 홍천B 지역보다 특정 종의 우점 정도가 약간 높은 것으로 나타났다. 세 지역의 종 다양성을 보면 홍천B 지역이 다양도 지수 2.13으로 홍천A 지역(1.69)이나 양평 지역(2.09) 보다 높은 것으로 보아 홍천B 지역에서 다양한 곤충 종이 많이 서식하는 것으로 나타났다. 또한 종 풍부도와 균등도를 보면 역시 홍천B 지역이 풍부도 6.20, 균등도 0.62로 홍천A 지역(4.91, 0.55)과 양평 지역(6.02, 0.62)보다 높은 것으로 보아 곤충 서식환경이 양호한 것으로 판단된다.

4. 환경평가 유망종 선발 및 시기별 출현 빈도

각 조사지역에서 채집, 동정된 곤충에 대해 환경평가 유망 지표종으로 선발하기 위해 시기별, 종별 출현빈도 등을 종합분석한 결과, 조사지역에서 대표되는 종은 Table 5, 6에서와 같다. 홍천A 지역은 미디포주박긴노린재, 등빨간먼지벌레, 좀방울벌레였으며, 홍천B 지역과 양평 지역은 가시점둥글노린재, 남방폭탄먼지벌레, 좀방울벌레였다. 이들 대표종 중 노린재목은 논둑 주변에 콩을 심어놓아 많이 서식하고 있었기 때문에 제외하고 나머지 등빨간먼지벌레, 남방폭탄먼지벌레, 좀방울벌레 등 3종을 유망종으로 선발하였다.

선발된 종에 대해 시기별 출현빈도를 알아본 결과,

Table 5. Indicator species of collecting sites, 2003

Orders	Hongcheon(A)	Hongcheon (B)	Yangpyeong
Hemiptera	<i>Togo hemipterus</i> (83)*	<i>Eysarcoris aeneus</i> (121)	<i>Eysarcoris aeneus</i> (105)
Coleoptera	<i>Dolichus halensis</i> (299)	<i>Pheropsophus javanus</i> (119)	<i>Pheropsophus javanus</i> (177)
Orthoptera	<i>Polionemobius mikado</i> (150)	<i>Polionemobius mikado</i> (285)	<i>Polionemobius mikado</i> (375)

* No. of individuals of insect

Table 6. Monthly variation of abundance of indicator species in collecting sites, 2003

Species	<i>Dolichus halensis</i>							<i>Pheropsophus javanus</i>							<i>Polionemobius mikado</i>						
	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10
Hongcheon (A)	-	-	104	4	114	66	11	-	5	7	13	60	15	0	-	-	-	-	29	119	2
Hongcheon (B)	-	-	-	-	4	7	0	1	24	25	22	30	13	4	-	-	-	-	143	131	11
Yangpyeong	-	-	-	-	3	6	3	4	35	10	36	73	17	2	-	-	-	-	63	287	25

Table 6에서와 같이 홍천A 지역은 등빨간먼지벌레가 6월부터 10월까지 출현하나 8, 9월에 집중적으로 출현하였고, 남방폭탄먼지벌레나 쯤방울벌레는 출현밀도가 다른 두 지역에 비해 낮았다. 따라서 홍천A 지역은 일반적으로 약간의 농약이나 화학비료의 사용 그리고 주거지역과 인접한 지역으로써 이 지역의 환경평가에 등빨간먼지벌레가 유망종으로 생각된다. 반면 홍천B 지역과 양평 지역에서는 등빨간먼지벌레의 출현 밀도는 매우 낮았으며, 남방폭탄먼지벌레와 쯤방울벌레는 홍천A 지역에 비해 높았다. 그리고 남방폭탄먼지벌레는 4월부터 10월까지 계속 출현하여 무비무농약으로 벼를 재배하고 있는 홍천B 지역과 양평지역의 농업환경을 평가할 수 있는 지표 곤충종으로 생각되며, 쯤방울벌레는 8, 9, 10월에 한해서 환경평가 유망 지표종으로 가능할 것으로 판단된다.

Literature Cited

- Anonymous. 1994. Check list of insects from Korea. The Entomological Society of Korea & Korean Society of Applied Entomology. 744 pp. Kon Kuk University Press.
- Duelli, P., M.K. Obrist and D.R. Schmatz. 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscape: above-ground insects. Agriculture ecosystem & environment. 74: 19~32.
- Frouz, J. 1999. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: A review of ecological requirements and response to disturbance. Agriculture ecosystem & environment. 74: 167~186.
- Margalef, D.R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3: 36~71.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. Nature. 216: 168~144.
- Ministry of Environment. 1997. Development of creation technology for the wildlife habitat in Korean rural area. the first report. 316 pp.
- Ministry of Environment. 1998. Development of creation technology for the wildlife habitat in Korean rural area. the second report. 353 pp.
- Morris, M.G., N.M. Collins, R.I. Vane-Wright and J. Waage. 1991. The utilization and value of non-domesticated insects. In: N. M. Collins, The conservation of insects and their habitats. Academic press, pp. 319~347.
- Petrillo, H. 2001. The Use of Indicators in Reserve Design. http://www.nau.edu/envsci/sisk/courses/env440/SCBS/students/2001/HollyPetrillo/Indicator_Intro.htm.
- Pielou, C.E. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. Amer. Nat. 100: 463~465.
- Pielou, C.E. 1975. Ecological Diversity. Wiley, New York. 165 pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Yoon I.B., D.S. Kong and J.K. Ryu. 1992a. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (1) -Saprobic valency and indicative value-. Korean J. Environ. Biol. 10: 24~39.
- Yoon I.B., D.S. Kong and J.K. Ryu. 1992c. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (2) -Effects of environmental factors to community-. Korean J. Environ. Biol. 10: 40~55.
- Yoon I.B., D.S. Kong and J.K. Ryu. 1992b. Studies on the biological evaluation of water quality by benthic macroinvertebrates (3) -Macroscopic simple water quality evaluation-. Korean J. Environ. Biol. 10: 77~84.

(Received for publication 8 September 2004;
accepted 10 November 2004)