

곤충류 종다양성을 고려한 농경지 보전가치평가*

김은영¹⁾ · 송원경²⁾ · 전성우¹⁾ · 한용구³⁾

¹⁾ 한국환경정책·평가연구원 · ²⁾ 수원시정연구원 · ³⁾ 대전대학교 생명과학과

Conservation Value Assessment in Agricultural Area Considering Biodiversity of Insect*

Kim, Eunyong¹⁾ · Song, Wonkyong²⁾ · Jeon, Seong-Woo¹⁾ and Han, Yong-Gu³⁾

¹⁾ Korea Environment Institute (KEI), ²⁾ Suwon Research Institute,
³⁾ Dept. of Biology, Daejeon University.

ABSTRACT

The agricultural area is a priority to develop than the natural area for land developments. However, the importance of agricultural biodiversity is emphasized recently. The agricultural area does not only provide food for human and habitat for wild life but also contribute to improve biodiversity. It is necessary to preserve the agricultural area with rich biodiversity. The study was conducted to analyze biodiversity of insects for conservation value assessment of agricultural areas. According to the results of field survey, there is higher biodiversity index in agricultural areas surrounding the forest or small size agricultural areas. By contrast, the index is lower in agricultural areas near roads or in the intensive agricultural area. The results show that there is high biodiversity in agricultural areas, especially margin agricultural area such as below 2ha and over slop rate of 15%. Therefore, further studies should be conducted field survey more to generalize for biodiversity in agricultural area, and establish the criteria to protect agricultural area from land developments.

Key Words : *Margin agricultural area, Ecotone, Agro-Ecosystem, Habitat, ECVAM.*

* 본 연구는 한국환경정책·평가연구원에서 수행된 '2012년 국토환경성평가지도 유지·관리사업(환경부)'에 의해 수행되었음.

First author : Kim, Eunyong, Division of Natural Resources Conservation, Environmental Policy Research Group, Korea Environment Institute,
Tel : +82-2-6922-7800, E-mail : eykim@kei.re.kr

Corresponding author : Song, Wonkyong, Urban & Environmental Research Group, Suwon Research Institute,
Tel : +82-31-888-9595, E-mail : wksong@suwon.re.kr

Received : 29 July, 2013. **Revised** : 8 October, 2013. **Accepted** : 8 October, 2013.

I. 서 론

인간활동의 하나로 많은 면적을 차지하고 있는 경작은 다양한 서식지 타입을 증가시켜 생물다양성에 중요한 역할을 담당하고 있으나 집약적 농업의 경우 생물다양성 감소에 영향을 미친다(OECD, 2001). 2008년 제 10차 람사르 당사국 총회에서 논을 습지의 한 형태로 분류하고 습지로서의 논을 생물다양성증진이라는 결의문을 채택됨에 따라 논생물다양성에 대한 사회적 관심이 증가하였다. 이러한 농경지는 인간이 식량생산을 위해 인공적으로 만들어낸 환경이지만, 농경지 낙곡과 토양 중 무척추동물 등은 조류의 중요한 먹이자원이며, 담수호와 농업용 배수로와 같은 농업수리시설은 수생식물, 수서곤충, 어류 등의 서식지로서 철새에게는 먹이자원 획득 공간과 휴식 및 은신 공간 제공 등의 기능을 수행하고 있다. 또한 농업생태계의 기능적 생물다양성 강화는 생산 지속가능성을 높이는데 중요한 생태학적 전략이라 할 수 있다(Altieri, 1999).

농업생태계의 생물다양성정도는 4가지 주요 특성에 영향을 받는다. 1) 농업생태계 주변 혹은 내부 식생다양성, 2) 농업생태계 내부 작물 다양성, 3) 관리 집약도, 4) 자연식생지역으로부터의 농업생태계 고립정도가 중요한 것으로 나타났다(Southwood and Way, 1970). 특히, 생물다양성은 집약도가 낮은 농업지역에서 더 높게 나타나는 것으로 밝혀졌으며(Duelli *et al.*, 1999), 농업 집약도는 생물다양성 등에 부정적인 영향을 미치는데 이는 야생동물의 서식공간의 질, 먹이자원 등과 관련성이 높다(Chamberlain *et al.*, 2000). 또한, 파편화된 농경지에서는 관목층의 밀도가 조류종다양성에 영향을 미치며 산림패치면적, 산림패치와의 거리, 연결성에 따라 차이가 있는 것으로 분석되었다(Miller, 2000).

농생물다양성을 나타내는 지표로 농업 유전

자원, 서식지 양, 서식지 질, 그리고 마지막으로 서식지 양과 질의 조합이 중요하며, 특히 중 서식을 위해서는 서식지 내부와 외부에 대한 보전이 중요하다(OECD, 2001). 농경지의 생물다양성을 높이기 위해서는 집약적 농업지역, 조방적 농업지역, 반자연지역과 연못, 식생 등 비경작 서식지 등 다른 서식지 타입을 모두 포함한 면적이 중요하다. 또한, 서식지 질의 경우 패치크기, 파편화, 선적인 네트워크, 수직적 구조, 모자이크 등과 같은 서식지 질의 구조와 경작방법, 비료, 살충제 투여 여부 등의 서식지 관리, 야생동물 최소개체군, 조류, 포유류 등 다양한 종그룹이 요구하는 농경지의 서식타입, 희귀종 및 멸종위기종, 확산종, 스케일에 따른 정책적으로 이슈가 되는 야생종 등에 대한 고려가 필요하다(OECD, 2001). 또한, 농경지의 보전가치를 평가함에 있어 Duelli(1997)는 경관생태학 개념 적용의 필요성을 제시하였으며, Waldhardt *et al.*(2004)와 Ewers *et al.*(2005)은 농경지 보전가치평가에 연결성, 이질성 등의 경관생태학적 지표를 이용하여 종풍부도를 평가하였다.

이와 같이 국외의 경우 생물다양성측면에서 농경지에 대한 조사·분석뿐만 아니라 보전방안에 대한 연구가 진행된 반면 국내의 경우 농경지 전반에 대한 보전방안 연구가 미흡한 실정이다. Kim *et al.*(2005)은 논을 수질이나 수심, 수온 등 미세 환경변화에 가장 영향을 받는 생물인 수서무척추동물을 대상으로 조사를 실시하여 서식환경으로서 논을의 가치를 평가하였다. 최근에는 논에 서식하는 수서무척추생물의 분포를 연구하여 논생물다양성뿐만 아니라 환경적 영향과 생물지리적인 분포에 따른 차이를 분석한 바 있다(Kim *et al.*, 2012). 유기재배논에서 종 풍부도가 2배 이상 높게 나타났으며, 둌병 유무에 따라 수서생물의 생물다양성이 높게 분석된 바 있다(Park *et al.*, 2009). 또한, 오염원 유입지역인 주거지역 주

변과 공단지역 주변 농업지역의 경우 환경건전도가 낮아 물방개류 등의 서식에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2007). 그 외 식생의 경우 텃밭, 유휴지, 밭주변에서 다양한 식생군락이 출현한 반면 논과 논수로에서는 상대적으로 적은 종류의 군락이 분포한 것으로 나타났다(Park *et al.*, 2008).

이와 같이 국내 농경지 생물다양성 연구는 논을 중심으로 한 연구가 대부분으로 논, 밭, 유휴지 등 전반에 걸친 농경지 생물다양성 및 주변 환경 등을 고려한 농경지 보전가치평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 환경부에서 제작하여 제공하고 있는 국토환경성평가지도는 농경지를 3, 4등급으로 평가하고 있으며, 특히, 경지정리가 된 농경지를 3등급, 소규모 경작이 이루어지는 한계농지는 4등급으로 평가하고 있다. 이렇듯 현재 생물다양성과 관련성이 높은 농경지의 보전가치는 과소평가되고 있는 실정으로 생물다양성측면에서의 농경지 보전가치에 대한 논의가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 생물종 중 곤충류 종다양성을 고려하여 생태적으로 우수한 농경지의 보전가치평가 가능성을 검토하고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 생태적으로 우수하고 생물다양성이 높은 농경지 특성을 추출하였다. 이를 토대로 현재 농경지가 가지고 있는 생태적 가치에도 불구하고 국토환경성평가지도에서 그 가치가 제대로 반영되지 못하고 있는 문제점을 보다 정량적으로 파악하기 위해 현장조사를 실시하였다. 조사지역은 경기도 파주시 광탄면 일원 농경지를 대상으로 5개 지역, 총 20개 지점을 선정하였다(Table 1).

현장조사는 두 차례에 걸쳐 진행되었으며 1차 조사는 2012년 9월 13일~15일, 2차 조사는

2012년 10월 16일~17일에 실시하였다. 현장조사에서는 농경지의 생물종다양성을 파악하고자 농경지 특성을 고려하였으며, 경관구조에 민감하게 반응하고 식생 다양성과 관련성이 높은 생물종 중 곤충류를 대상으로 실시하였다(Sepp *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2008).

곤충조사방법은 조사지역의 서식지 특성상 정량조사에 근접한 쓸어잡기법(Sweeping)과 함정채집법(Pit-fall trap)을 선택하여 조사하였다. 쓸어잡기법은 초지나 관목 주변에서 포충망을 이용하여 곤충을 쓸어 담은 채집법으로 식물의 잎이나 꽃에 앉아 있거나 그 주변에서 배회하는 곤충을 잡는데 유리하고 한 번에 손쉽게 많은 곤충을 채집할 수 있다. 주로 주간에 파리류, 벌류, 노린재류, 매미류, 그리고 딱정벌레류 등 다양한 곤충 분류군 채집에 이용이 가능하다. 조사지점별 10m에 걸쳐 20회씩 각각 실시하였다.

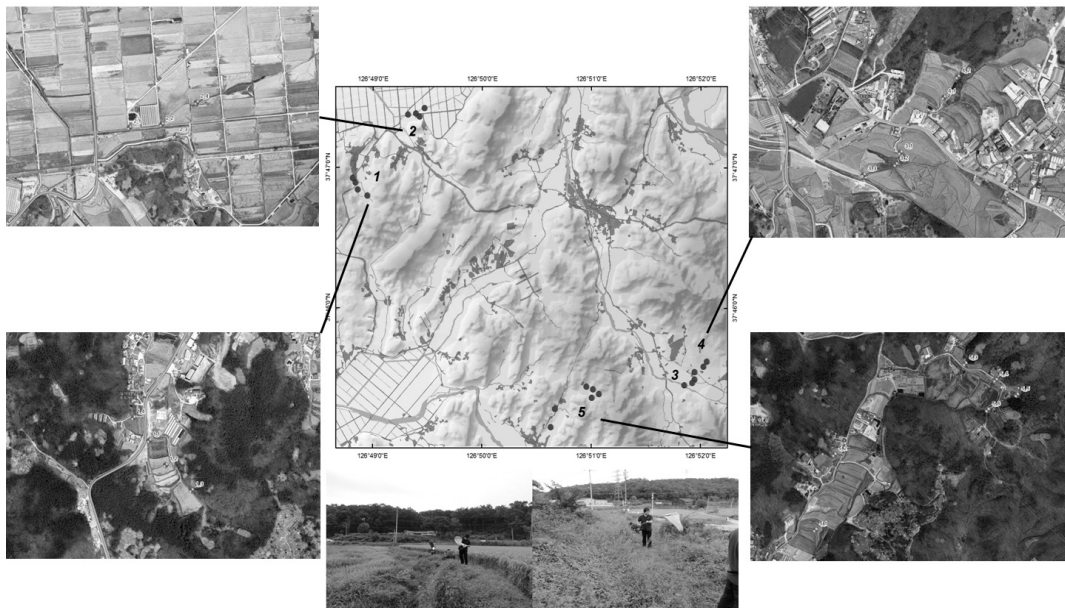
함정채집법은 지면 배회성 곤충 등을 포함하여 야간활동성 딱정벌레류의 채집에 주로 이용하는 방법으로서 대상 곤충류의 행동특성을 고려하여 오후 6시경 설치하여 다음날 오전 6-8시경에 수거하여 채집하였다. 지면 배회성 곤충류를 유인하기 위하여 부육(번데기)을 미끼로 직경 10cm, 높이 15cm의 함정(Cup Trap)을 각각의 조사지점에 5개씩 설치하여 채집하였다. 조사지점별 2m 간격으로 5개씩 각각 설치하여 조사하였다.

현지에서 채집한 곤충은 70% 에탄올에 액침·고정하였으며, 채집한 곤충류는 국내·외에서 수집한 분류 및 생태도감과 분류 논문 및 자료를 이용하여 동정하였으며 분류체계는 한국곤충명집(1994)에 따라 정리하는 것을 원칙으로 하였다. 조사지역의 생태계를 과학적인 방법으로 추론하기 위하여 종다양도지수, 균등도지수, 풍부도지수를 각각 이용하였다.

종다양도 지수는 차후 상대평가의 자료로 활용

Table 1. Field survey points.

ID	LAT	LNG	Land cover	Readjustment of fields	Distance to water (m)	Distance to forest (m)	Distance to road (m)	
S1	S1_1	37.78426	126.8119	Rice paddy	0	510.88	80.62	10.00
	S1_2	37.78342	126.8123	Rice paddy	0	602.08	63.25	72.11
	S1_3	37.78273	126.8138	Rice paddy	0	564.00	5.00	180.28
	S1_4	37.78481	126.8116	Field	0	422.02	28.28	50.00
S2	S2_1	37.79233	126.82	Rice paddy	1	10.00	63.25	20.00
	S2_2	37.79243	126.8212	Rice paddy	1	20.00	60.00	22.36
	S2_3	37.7921	126.8217	Field	1	10.00	20.00	14.14
	S2_4	37.79309	126.8225	Rice paddy	1	50.00	139.28	40.00
S3	S3_1	37.76097	126.8637	Rice paddy	0	80.00	151.33	92.20
	S3_2	37.76057	126.8633	Rice paddy	0	40.00	120.00	136.01
	S3_3	37.76026	126.8621	Rice paddy	0	10.00	90.55	156.21
	S3_4	37.76186	126.8637	Rice paddy	0	170.00	53.85	10.00
S4	S4_1	37.76249	126.865	Rice paddy	0	273.13	20.00	94.34
	S4_2	37.76309	126.8656	Rice paddy	0	344.38	5.00	114.02
S5	S5_1	37.75528	126.8418	Rice paddy	0	555.70	53.85	36.06
	S5_2	37.75744	126.8424	Field	0	654.60	30.00	36.06
	S5_3	37.76008	126.8472	Rice paddy	0	850.00	14.14	40.00
	S5_4	37.7598	126.8482	Field	0	854.40	30.00	120.83
	S5_5	37.75921	126.8491	Field	0	776.21	10.00	197.23
	S5_6	37.75877	126.848	Rice paddy	0	853.29	10.00	206.16

**Figure 1.** Field survey points.

하기 위해 Shannon-Weaver diversity(Pielou, 1966) 이용하였으며, 균등도 지수와 풍부도 지수는 Pielou(1975)와 Margalef(1958)의 공식을 각각 이용하여 산출하였다.

- 종다양도 지수(H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i (\ln P_i)$$

(H' : 종다양도, P_i : i 번째 속하는 개체수의 비율 (n_i/N), S : 전체 종수)

- 종균등도 지수(E)

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

(E : 균등도, H' : 종다양도, S : 전체 종수)

- 종풍부도 지수(RI)

$$RI = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

(RI : 종풍부도, S : 전체 종수, N : 총개체수)

각각 산출된 지수를 이용하여 산림거리, 도로거리 등 농경지 생물다양성에 미치는 요인과의 관련성을 파악하기 위해 회귀분석을 실시하였으며, 통계분석은 R 2.15.1(R core team, 2012)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 농경지 곤충류 종다양성 분석

현장조사 결과, 조사지역에서 등빨간먼지벌레(*Dolichus halensis* (Schaller)), 벼메뚜기(*Oxya japonica japonica* (Thunberg)), 폭탄먼지벌레(*Pheropsophus jessoensis* Morawitz), 실베짱이(*Phaneroptera falcata* (Poda)) 등 전체 총 8목 37과 102종 1241개체가 출현하였다(개미류의 경우 개체수는 미포함). 산림이 인접한 S1-3 지점에서 가장 많은 종수 및 개체수가 발견되었으며, 도로변에서 가까운 S5-2는 가장 적은 종수와 개체수를 보였다. 또한, 경지정리가 된 농경지(S2지점)의 경우 소규모로 경작이 이루어지는 타 조사지점(S1, S3, S4, S5)에 비해 상대적으로 적은 종수와 개체수를 보였다(Table 2).

종다양도, 종균등도 및 종풍부도 분석 결과, 조사지점 우수한 산림과 인접한 S1-3에서 가장 높은 종다양도를 나타냈으며, 그 다음으로는 S5-5와 S5-6 등의 순으로 높은 지수를 보였다. 종균등도는 대부분의 지역에서 유사하게 나타나 지역에 따라 종구성의 차이는 크지 않은 것으로 나타났으나 S5-3, S5-4에서 균등도 지수가 타 지역에 비해 낮게 나타났다. 종풍부도는 종다양도와 마찬가지로 조사지점 S1-3에서 가장 높게 나타났으며, 뒤이어 산림에 인접

Table 2. Number of Orders, Families, and total number of individuals, as well as species diversity (Shannon-Wiener H'), Evenness (E), and Richness (R) in five study sites.

	S1				S2				S3				S4				S5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4	5	6
Orders	8	7	8	8	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8
Families	24	21	33	21	22	19	20	19	24	20	26	16	23	25	20	14	23	17	28	31
Species	36	36	57	32	31	26	29	26	36	25	38	24	37	38	33	21	36	27	50	51
Individuals	66	65	108	44	57	43	47	42	68	37	70	43	53	58	76	38	88	81	76	81
Diversity(H')	3.2	3.4	3.7	3.3	3.1	3.1	3.0	3.0	3.3	3.0	3.1	2.8	3.5	3.4	3.2	2.7	2.7	2.2	3.7	3.6
Evenness(E)	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9
Richness(RI)	8.1	8.4	11.5	7.9	7.2	6.7	7.0	6.2	7.8	6.4	8.5	5.9	8.8	8.6	7.2	5.0	7.6	5.2	10.4	10.7

한 조사지점인 S5-6과 S5-5에서 높은 지수가 나타났다.

현장조사 결과를 종합하면 산림에 인접할수록 곤충류 종풍부도가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며(Figure 2) 회귀분석 결과 산림과의 거리가 100m 가까워질수록 종풍부도는 1.45 높아짐을 확인할 수 있다($Y_{RI} = -0.0145X_{Forest_{dist}} + 8.5049$). 특히, 100m 이내의 거리에서 산림과의 거리에 따른 종풍부도 감소가 큰 것으로 분석되었는데, 이는 산림과 같은 서식지 패치와의 거리가 곤충 서식에 중요한 영향을 미치고 있으며, 곤충의 경우 그 거리가 100m 이내일 수 있다는 추정을 가능케 한다. 산림으로부터 100m내 거리의 농경지는 산림과 상호작용하는 최적의 상태인 반면 500m 이상 떨어진 농경지는 산림과의 상호작용이 발생되기 어려운 것으로 알려져 있다(Geneletii, 2007). 향후 다양한 환경 조건에서 산림과의 거리에 따른 곤충 종풍부도의 관계를 파악한다면 보다 일반적인 결과를 도출할 수 있을 것이라 판단된다.

또한, 국도 및 지방도 등의 포장도로와 멀수록 종다양도가 증가하는 것으로 분석되었다(Figure 3). 회귀분석 결과 도로와의 거리가 100m 멀어질수록 종다양도는 0.27 증가하는 것으로 나타났다($Y_H = 0.0027X_{Road_{dist}} + 2.9303$). 실제로 다양한 연구에서 농경지에 서식하는 생

물의 다양성이 도심 및 도로로부터의 거리와 음의 상관관계에 있다는 연구 결과를 제시한 바 있다(Brontons and Herrando, 2001; Ewers *et al.*, 2005). 특히, 곤충의 경우 산림과 인공요소, 농경지 내 잔여서식지 존재 여부 및 연계성 정도에 영향을 받는 것으로 나타났으며(Lee *et al.*, 2008), 딱정벌레의 경우 토지이용에 따라 군집 패턴이 다르게 나타났다(Kang *et al.*, 2009).

본 현장조사 결과에서 확인할 수 있듯이 곤충류와 같이 농경지의 환경생태적 특성을 대표하는 생물 종의 풍부도 및 다양도가 높은 지역은 생태계에서 중요한 서식지로서 기능을 가지고 있다고 판단된다. 하지만 향후 보전 가치가 있는 농경지를 평가하기 위한 종분포 및 평가기준 연구 등의 후속연구가 계속될 필요가 있다.

2. 농경지 보전가치평가 기준 개선안

본 연구 결과, 산림에 인접한 농경지와 소규모 경작이 이루어지는 농경지에서 종다양성 및 종풍부도가 높게 나타났으며, 도로 등의 인위적인 요인과 가까울수록 종다양도가 낮게 나타났다. 이를 토대로 농경지 보전가치평가를 실시할 경우 우수한 산림과의 인접거리 및 도로와의 거리 등을 변수로 활용이 가능하다. 또한, 소규모 농경지의 경우 경지가 정리된 농

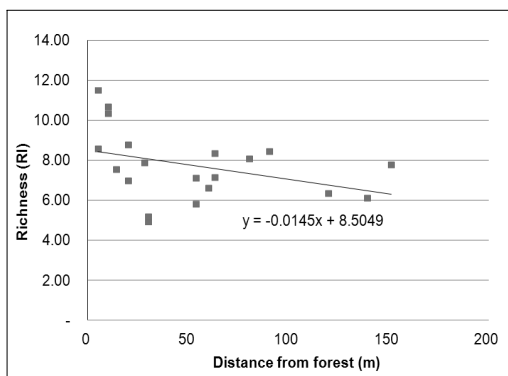


Figure 2. Relationship between distance from forest area and Richness index(RI).

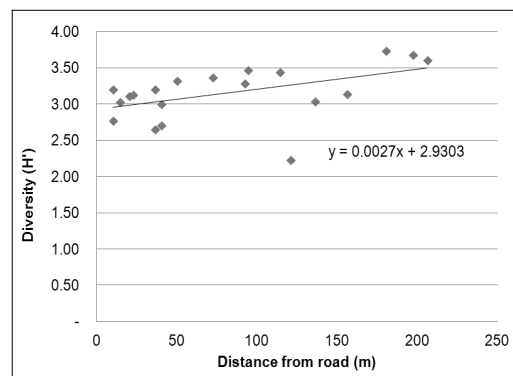


Figure 3. Relationship between distance from road and Diversity index(H').

지 이외 한계농지가 이를 대표할 수 있다.

농경지는 농업진흥지역과 한계농지 등 법적인 규제가 존재한다. 현재 환경부에서 제작하는 국토환경성평가지도에서 친환경적인 계획유도를 목적으로 농업진흥구역, 경지정리구역, 한계농지 등을 포함하여 평가하고 있으나 이러한 법적인 규제지역은 환경적 혹은 생태적으로 우수하기 때문에 개발에 제한을 두는 것이 아니라 농작물 생산과 관련하여 농업지역을 보호하기 위한 수단으로 활용되고 있다. 한계농지의 경우 생태적으로 중요한 지역이라 할지라도 4등급으로 매우 낮게 평가되고 있으며, 농지정비법에 의해 타 목적으로 이용하도록 유도하고 있어 개발 사업에 의해 생태환경이 훼손될 우려가 크다. 하지만 본 연구결과, 한계농지와 같이 급경사지에 위치한 소규모 농경지 중 생태적으로 우수한 산림에 인접한 농경지는 생산성은 다소 낮을 수 있으나 생태적 측면에서 종다양성 및 종풍부도가 높게 평가되었다. 따라서 농업생산성이 높은 농경지의 보전·보호뿐만 아니라 생물다양성이 높은 농경지 보전을 위한 대안마련이 시급하다.

본 연구에서는 기존의 한계농지를 구분하는 면적과 경사도 외에 생태적 가치를 고려할 수 있는 평가기준으로서 주변 산림과의 거리, 인접한 산림의 크기, 도로 및 시가지 등 외부영향으로부터의 거리 요소를 제안한다. 향후 주변 산림의 생물다양성 정도, 생물종 등과 같은 생태적 특성에 대한 추가 연구가 필요하다.

IV. 결 론

농경지는 다양한 생물에게 서식공간과 먹이공간을 제공하는 등 생물다양성과 밀접한 관계가 있다. 따라서 본 연구에서는 곤충류 종다양성 분석을 통해 농경지가 가지고 있는 생물다양성측면을 검토하였다. 연구 결과, 우수한 산림에 인접한 농경지, 소규모 경작지 등에서 종

풍부도 및 종다양도가 높게 나타난 반면 도로 주변 농경지, 대규모 경작지에서는 종풍부도 및 종다양도가 낮게 조사되었다. 이는 논, 밭과 같은 농경지가 주변 환경에 영향을 받는 것을 의미하므로 농경지 보전가치를 평가함에 있어 농경지 자체의 생물다양성과 함께 주변 산림 및 도로 특성 등을 고려해야 한다.

하지만 본 연구의 현장조사 범위가 한정적이고, 조사 생물군 역시 곤충류에 한하고 있어 이를 일반화하여 농경지 보전가치평가에 적용하는데 한계가 있다. 따라서 향후 보다 다양한 유형의 농경지를 대상으로 식생, 조류, 곤충류 등의 생물종조사를 실시와 더불어 농경지 주변 산림, 하천 등을 대상으로 생물종조사를 실시한다면 농경지 생물다양성뿐만 아니라 이에 영향을 미치는 요인 파악이 가능할 것이다. 이러한 결과는 농경지 보전가치평가에 대한 기준 마련 및 각종 개발사업으로 인한 농경지 훼손 최소화를 위한 대안마련에 활용될 것이다.

인 용 문 헌

- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystem & Environment* 74 : 19-31.
- Brontons, L. and Herrando, S. 2001. Reduced bird occurrence in pine forest fragmentation associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. *Landscape and Urban Planning* 57 : 77-89.
- Chamberlain, D. E. · Fuller, R. J. · Bunce, R. G. H. · Duckworth, J. C. and Shrubbs, M. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology* 37 : 771-788.
- Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in

- agricultural landscape : An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 62 : 81-91.
- Duelli, P. · Obrist, M. K. and Schmatz, D. R. 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74 : 33-64.
- Ewers, R. M. · Didham, R. K. · Wratten, S. D. and Tylianakis, J. M. 2005. Remotely sensed landscape heterogeneity as a rapid tool for assessing local biodiversity value in a highly modified New Zealand landscape. *Biodiversity and Conservation* 14 : 1469-1485.
- Geneletti, D. 2007. An approach based on spatial multicriteria analysis to map the nature conservation value of agricultural land. *Journal of Environmental Management* 83(2) : 228-235.
- Kang, B. H. · Lee, J. H. and Park, J. K. 2009. The Study on the Characteristics of Ground Beetle(Coleoptera : Caqrabidae) Community for Conservation of Biodiversity in Agricultural Landscape. *Kor. J. Env. Eco.* 23(6) : 545-552.
- Kim, J. G. · Choi, Y. C. · Choi, J. Y. · Sim, H. S. · Park, H. C. · Kim, W. T. · Park, B. D. · Lee, J. E. · Kang, K. K. and Lee, D. B. 2007. Ecological Analysis and Environmental Evaluation of Aquatic Insect in Agriculture Ecosystem. *Korean J. Appl. Entomol.* 46(3) : 335-341.
- Kim, M. H. · Han, M. S. · Nam, H. K. · Kang, K. K. and Kin, M. 2012. Geological Distribution of Aquatic Invertebrates Living in Paddy Fields of South Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6) : 1136-1142.
- Kim, Y. G. · Bae, Y. J. · Yoo, K. S. · Yeom, D. H. · Lee, S. G. · Lee, S. H. · Lee, J. H. and Jo, K. J. 2005. Biological Indicators of invertebrates and evaluation of environmental risk assessment. pp.1-211. Jeonghaengsa, Seoul, Korea.
- Lee, D. K. · Yoon, E. J. and Bae, J. H. 2008. Landscape Structure Analysis Based on Insect Spatial Distribution in Rural Area. *Rural Planning* 14(1) : 23-32.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3 : 36-71.
- Miller, J. R. and Cale, P. 2000. Behavioral mechanisms and habitat use by birds in a fragmented agricultural landscape. *Ecological Applications* 10(6) : 1732-1748.
- OECD. 2001. Environmental Indicators for Agriculture : Methods and Results. Volume 3.
- Park, K. L. · Seo, M. C. · Ko, B. G. · Kang, K. K. · Lee, D. B. and Kim, C. H. 2008. Vegetation Analysis for the Development of a Habitat Quality Indicator in Agro- Ecosystem. Spring Academic Conference of Korean Association of Soil Science and Fertilizer.
- Park, K. L. · Jung, W. K. · Choi, J. W. and Kim, Y. 2009. Assessment of biodiversity in rice paddy ecosystem. Fall Academic Conference of Korean Association of Organic Agriculture.
- Pielou, E. C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and misuse. *Am. Nat.* 100 : 463-465.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, NY.
- R Development Core Team, 2012, R : A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sepp, K. · Mikk, M. · Mänd, M. and Truu, J. 2004. Bumblebee communities as an indicator for landscape monitoring in the agri-environmental programme. *Landscape and Urban Planning* 67 : 173-183.

- Southwood, R. E. and Way, M. J. 1970. Ecological background to pest management. In : Rabb, R. C., Guthrie, F. E. (Eds.), Concepts of Pest Management. North Carolina State University, Raleigh, NC, pp.6-29.
- The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applied Entomology. 1994. Check list of insects from Korea. Konkuk University Press, Seoul.
- Waldhardt, R. · Simmering, D. and Annette, O. 2004. Estimation and prediction of plant species richness in a mosaic landscape. Landscape Ecology 19 : 211-226.