농촌계획
Vol. 14, No. 1, 2008 (23-32)

곤충류 공간 분포를 활용한 농경지 경관구조 분석

이동근 • 윤은주* • 배정훈**
서울대학교 조경 · 지역시스템 공학부 • *서울대학교 대학원 • **소운 E&C

Landscape Structure Analysis Based on Insect Spatial Distribution in Rural Area

Lee, Dong Kun • Yoon, Eun Joo* • Bae, Jung Hoon**
Dep. of Landscape Architecture and Rural Systems Engineering, Seoul Nat'l Univ.
**Graduate school, Seoul Nat'l Univ. • **So Woon E&C Co., Ltd.*

ABSTRACT : Landscape structure is important to understand a complex patterns and interaction with adjacent habitat in rural area. The aim of this study is to analyze relationship between landscape structure and insect spatial distribution in rural area to suggest applicable possibility of landscape structure as biological indicator. For this purpose, first, four landscape structure criteria such as distance from the forest; density of farmland-forest ecotone; landscape continuity; and field size are selected. Secondly, these criteria are applied to Gangsang-myeon, Yangpyeong-gun where mosaic feature are conserved at various spatial scale. Thirdly, application of landscape structure criteria is verified using correlation with species number, species diversity, and species richness of insect. As a result, it could be suggested that the landscape structure criteria are useful for explaining insect spatial distribution.

Keyword : forest, ecotone, landscape continuity, field size, heterogeneity

I. 배경 및 목적

농경지는 식량 생산이라는 주요 기능과 더불어 어메니티 기능, 문화적 기능, 종 다양성의 기능, 물리적 · 보전적 기능을 보유한 공간이며 환경적 이익을 창출하고 있다(김은순과 강상목, 2005; 이덕배 등, 2007). 실제 국토 대부분이 인위적으로 형성 및 변형된 지역으로서 예측되었던 것 이상의 다양한 생물종이 서식하고 있으며(Winfree et al., 2007) 그 중 농경지는 산림의 완충지역인 동시에 산림종의 또 다른 서식처로서 가치가 있다(Pino et al., 2000; Yamada et al., 2003; Burel and Baudry, 2005; Bennett et al., 2006; Geneletti, 2007).

국외에서는 농경지의 생물 다양성을 보전 및 복원하기 위해 Agri-environmental scheme을 정책적으로 추진하고 있을 뿐만 아니라(Donald and Evans, 2006) 다양한 학제적 연구가 수행되고 있다. Duelli(1997)는 농경지 평가에 경관생태학 적용의 필요성과 개념적 틀을 제시하였으며 Jeanneret et al.(2003), Waldhardt et al.(2004), Ewers et al.(2005)은 경관생태학적 지표로 종 풍부도를 평가하였다. Burel and Baudry(2005), Herzog et al.(2006), Geneletti(2007), Bar and Loffler(2007)은 농경지의 경관구조와 집약적 이용의 정도, 보전가치 등을 평가할 수 있는 지표를 제시하였으며 Sepp et al.(2004), Filloy and Bellocq(2007), Ockinger and Smith(2007), Devictor and Jiguet(2007)은 경관의 이질성, 특정 경관요소의 비율 및 크기, 이격거리 등과 농경지의 종 풍부도가 어떠한 상관관계에 있는가를 분석하였다.

이상과 같이 농경지를 대상으로 하는 많은 연구가 경관생태학을 기초로 경관구조 관련 평가항목을 도출하고 그에 따른 생물의 반응을 분석하고 있다. 왜냐하면 농경지는 다양한 서식처의 복잡한 패턴이 나타나는 반자연 모자이크 경관으로서(Forman, 1995; Pino et al., 2000; Washitani, 2001; Benette et al., 2006) 경관 구조는 그 맥

Corresponding author : Eun Joo Yoon
Tel : 02-880-4885
E-mail : youn01@snu.ac.kr

락과 생태적 과정을 반영할 수 있기 때문이다. 또한 Sepp et al.(2004), Heroldova et al.(2006), Ockinger and Smith(2007) 등과 같이, 많은 연구에서 다양한 생물 분류군 중 곤충류의 공간 분포를 이용하여 농경지 경관 구조 평가항목의 설명력을 제시하였는데, 곤충류는 경관구조에 민감하게 반응할 뿐만 아니라 식생의 다양성에 기여하므로 활용도가 높다는 장점이 있기 때문이다(Sepp et al., 2004).

국내에서는 나정화 등(2003)이 농경지의 잔여경관요소를 경관생태학적으로 평가하였으나 그 외 대부분의 연구는 친환경 농업지역의 이화학적 특성과 생물 반응을 분석하는데 그치고 있다. 따라서 본 연구에서는 관련 선행연구를 통해 농경지 경관구조를 평가할 수 있는 항목을 도출 및 적용하고 곤충류의 공간적 분포와의 관계를 분석함으로써 실제 적용가능성을 제시하고자 하였다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

연구 대상지는 경기도 양평군 강상면 일대를 선정하였으며 다음과 같은 측면에서 경관 구조와 곤충류의 공간적 분포를 분석하는데 적합한 것으로 판단하였다(Figure 1). 첫째, 전체 농업지역중 1,581ha가 친환경 농업지역에 해당되므로 생물 종 다양성이 높을 것으로 판단하였다(허덕과 박문호, 2006). 둘째, 경관스케일(landscape scale)에서 종 공급원으로서의 산림과 도로, 주거지 등의 인공요소가 농경지와 유기적으로 연계되어 있으며 지구스케일(local scale)에서 다양한 형태의 잔여 서식처가 농경지 내에 보전되어 있다. 셋째, 수도권에 위치한 대상지는 고속도로 건설이 계획 중에 있으며 펜션단지가 들어서는 등 농경지에 대한 개발압력이 높은 지역으로서 향후 보전과 개발에 관한 논의가 있을 것으로 판단하였다.

2. 연구의 방법

우선 농경지의 경관 구조를 분석하기 위하여 경관생태학 및 관련 이론을 토대로 농경지를 평가한 선행연구를 고찰하여 평가항목을 도출하였다. 농경지에서 발생하는 생물 다양성과 고유한 생태계는 독자적으로 성립되는 것이 아니며 서식처인 산림과 습지, 잔여녹지 등의 존재여부 및 연계성 정도와(Duelli, 1997; Sepp et al., 2004; Forman, 2005; Ockinger and Smith, 2007; Geneletti, 2007; Devictor and Jiguet, 2007) 경관의 연속성 또는 인공요소의 종류 및 위치에 영향 받고 있다(Brotons and Herrando, 2001; Levin et al., 2007). 이에 따라 본 연구에서는 산림과의 연계 정도를 측정할 수 있는 산림으로부터의 거리, 에코톤 밀도 평가항목을, 도로와의 영향 정도를 측정할 수 있는 경관의 연속성 평가항목을, 농경지의 이질성을 측정할 수 있는 경작지 크기 평가항목을 도출하였다(Figure 2). 일정한 지역 내의 지수 값으로 도출되는 에코톤 밀도, 경작지 크기 평가항목은 약 1㎢ 이상의 25개 유역단위에서 분석하였는데, 경관구조의 특성은 1㎢의 면적에서 비교적 잘 나타나기 때문이다(Duelli, 1997). 그 외 산림으로부터의 거리, 경관의 연속성과 같은 평가항목은 기초자료가 왜곡되지 않도록 5m 격자단위로 평가하였다.

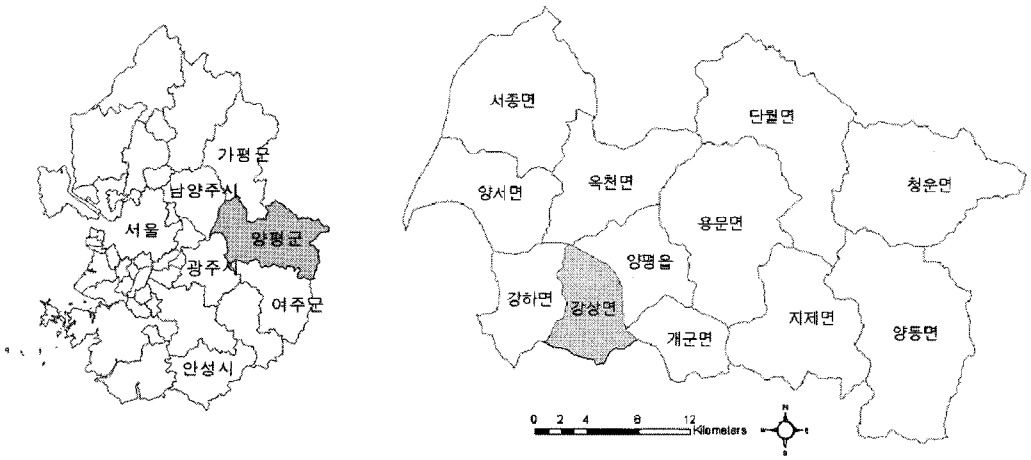
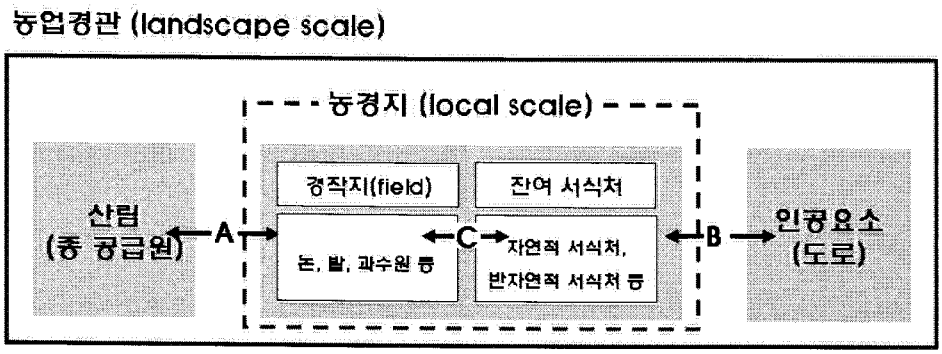


Figure 1 경기도 양평군 강상면.



(A : 농경지-산림 연계정도, B : 도로의 영향, C : 서식처 이질성)

Figure 2 농경지의 경관구조 평가항목 구성.

가. 산림으로부터의 거리

산림이 종 공급원으로서 농경지의 종 다양성 유지에 중요한 역할을 하는 반면 농경지는 종 공급원으로서의 산림을 인간의 교란행위로부터 보호하는 완충역할을 하고 있으므로 산림으로부터의 거리 평가항목을 도출하였다(Geneletti, 2007). 종 공급원으로서 기능할 수 있는 2ha 이상의 산림을 대상으로 하였으며(Schonewald-Cox, 1983), 산림으로부터의 거리를 산출한 다음 100m 단위로 구분하였다(Geneletti, 2007).

나. 에코톤 밀도

산림과 열린 지역 사이의 에코톤은 다양한 생태적 과정이 발생하는 서식처이며(Forman, 2005; Geneletti, 2007) 실제 조류, 파충류, 곤충류의 많은 종은 농경지에서 먹이를 획득하고 산림을 은신처로 이용하는 등 에코톤으로부터 이익을 얻고 있다(Duelli, 1997). 에코톤의 경계가 곡선화 될수록 두 서식처를 모두 필요로 하는 야생동물의 움직임이 활발해지고 서로 다른 생태계 간의 상호작용이 높아지므로 에코톤 밀도 평가항목을 도출하였다(Forman, 2005). 단위면적당 에코톤 길이가 크다는 것은 곡선의 형태일 가능성이 크다는 것을 의미하므로, 구분된 25개 각 유역의 면적과 에코톤 길이를 이용하여 에코톤 밀도(m/ha) 도출하였다.

다. 경관의 연속성

인공 요소는 대기 및 수질오염과 소음을 유발하며 동물의 이동에 장애요소가 되는 등 주변지역에 큰 영향을 주고 있다(Opdam et al., 2003; Manor and Saltz, 2005; Levin et al., 2007). 실제 관련 연구에서 농경지에 서식하는 생물이 도심 및 도로로부터의 거리와 음의 상관관계가 도출되었으므로(Brontons and Herrando, 2001; Ewers et al., 2005), Levin et al.(2007)의 경관의 연속성 평가항목을 도출하였다. 경관의 연속성이란 인공요소의 유형과 떨어진 거리에 따른 열린 지역의 연속성 산출하는 개념으로서, 본 연구에서는 지방도로, 왕복교통이 가능한 면리간도로, 그 외 면리간도로부터의 거리를 계산하고 각

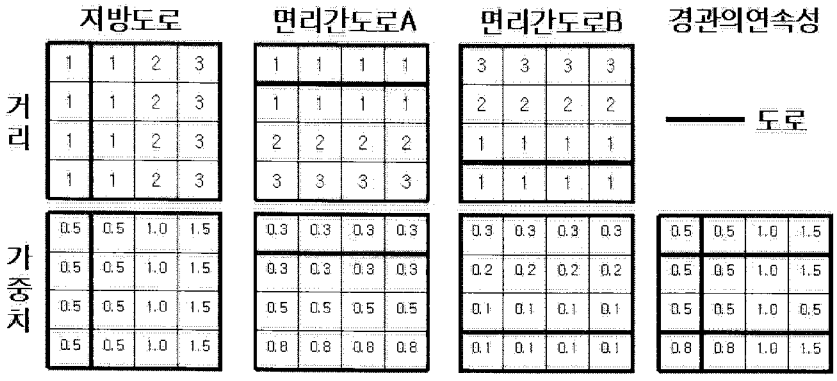


Figure 3 경관의 연속성 산출 개념.

각에 대해 0.5, 0.25, 0.1의 가중치를 반영한 다음, 각 격자별로 가장 높은 값을 선택하였다(Levin et al., 2007). Figure 3은 경관의 연속성을 산출하는 과정을 제시하고 있는데, 마지막 격자의 수치가 낮을수록 도로부터의 영향을 적게 받으며 경관의 연속성이 높게 나타나는 지역임을 의미한다.

라. 경작지 크기

농경지 내에 존재하는 수목, 관목림, 초지 등의 잔여 녹지와 하천 등은 종의 확산과 반자연 서식처 형성에 주요한 역할을 하고 있다(Le Coeur et al., 2002; Marchall, 2002). 실제 관련 연구에서 전체 종 풍부도를 증가시키기 위해서는 서식처 이질성 증진이 가장 효과적 방법인 것으로 제시되고 있으므로, 서식처 이질성을 측정할 수 있는 경작지 크기 평가항목을 도출하였다(Pino et al., 2000; Atauri and de Lucio, 2001; Weibull et al., 2003). 소규모의 경작지는 생태적으로 유용한 경계초지를 많이 포함하는 반면 대규모의 경작지는 농기계를 활용한 집약적 이용이 가능하다는 특성이 있다(Thies et al., 2000; Harber and Salzwedel, 1992). 구분된 25개 각 유역별로 경작지 평균 크기를 산출하였으며 유역경계에 걸쳐 있는 경작지는 제외하였다.

각 평가항목은 대상지에 적용한 후, 평균과 표준편차를 이용하여 1~5점을 등 간격으로 부여하였으며 등비로 합산하였다. 관련 선행 연구에서 각 평가항목과 생물종 반응의 양의 상관관계 또는 특정 경관구조 반영의 필요성을 제시하는데 그치고 있어 가중치 혹은 절대적 기준치를 설정하는데 한계가 있기 때문이다.

다음으로 곤충류 현장조사는 9지점 경계초지에 대해 계절별로 여름 1회(2007년 8월 19일), 가을 1회(2007년 10월 21일) 실시하였다. 조사지점은 산림과 도로로부터 떨어진 거리를 고려하여 농경지를 세 지역으로 구분하고 각 지역에 대해 3지점씩 무작위로 선정하였다. 경계초지는 경작지 내에 서식하는 종이 대부분 서식할 뿐만 아니라 종 풍부도가 상대적으로 높고, 농경방식에 영향 받는다는 특성이 있다(Weibull et al., 2003). 조사방법으로서 임의채집법을 각 지점별로 15분씩 실시하였으며, 스위핑법은 각 지점별로 약 100m의 길이에 30회 실시하였다. 실제 농경지 서식 생물에 관한 연구 중 곤충을 대상으로 한 경우가 많은데, 이것은 나비와 벌과 같은 곤충류는 경관구조에 민감할 뿐만 아니라 서식처의 질과 식생의 다양성, 농업생산의 지속가능성에도 상당히 기여하기 때문이다(Sepp et al., 2004). 채집된 곤충류는 종 및 아종까지 동정하였으며 종수, 종 다양도(수식 1), 종 풍부도(수식 2)를 산출하였다.

마지막으로 Pearson 상관관계를 이용하여 경관구조와 곤충류 공간 분포의 관계를 분석하고 실제 적용 가능성을 검토하였다.

$$H' = -\sum\{(n_i/N) \cdot \log2(n_i/N)\} \quad \text{(수식 1)}$$

n_i: i종의 개체수, N: 총 개체수

$$RI = (S-1)/\mathrm{Ln}(N) \quad \text{(수식 2)}$$

S: 전체종수, N: 총 개체수

본 연구에서는 기초자료로서 환경부에서 제공하는 중분류 토지피복도와 1 : 5,000 수치지형도를 이용하였으며 IKONOS 위성 영상을 일부 항목에서 참조하였다. 연구의 과정에 포함된 모든 공간 분석은 ArcGIS 9.1로 수행하였다.

III. 연구의 결과

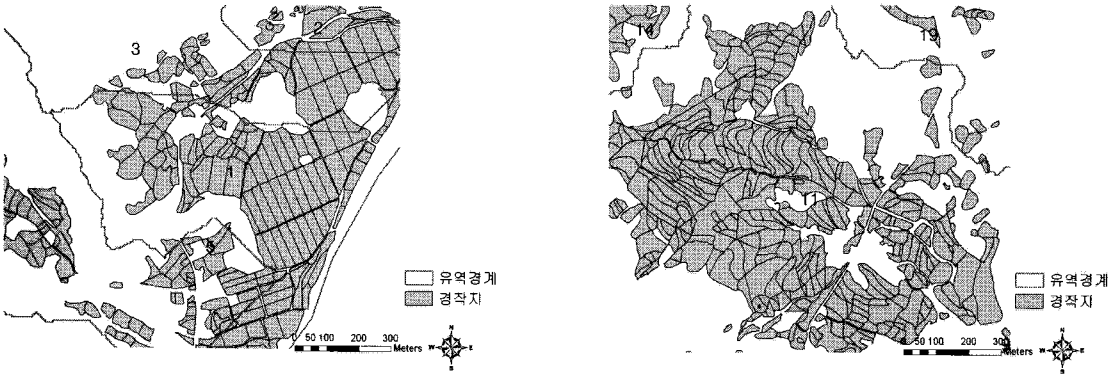
1. 경관구조 평가항목

앞서 도출한 산림으로부터의 거리, 에코톤 밀도, 경관의 연속성, 경작지 크기의 네 가지 평가항목을 대상지에 적용한 결과는 다음과 같다.

첫째, 산림으로부터의 거리 평가항목을 대상지에 적용한 결과 산림으로부터의 100m내 거리의 농경지는 49.75%, 200m내 거리에 있는 농경지는 73.21%인 반면 500m 이상 떨어진 농경지는 6.58%에 불과한 것으로 나타났다(Figure 5a; Table 1). 산림으로부터 100m내 거리의 농경지는 산림과 상호작용하는 최적의 상태인 반면 500m이상 떨어진 농경지는 산림과 상호작용이 성립하지 않으므로(Geneletii, 2007) 본 연구에서는 대상지의 농경지와 산림과의 연계정도가 높은 것으로 판단하였다.

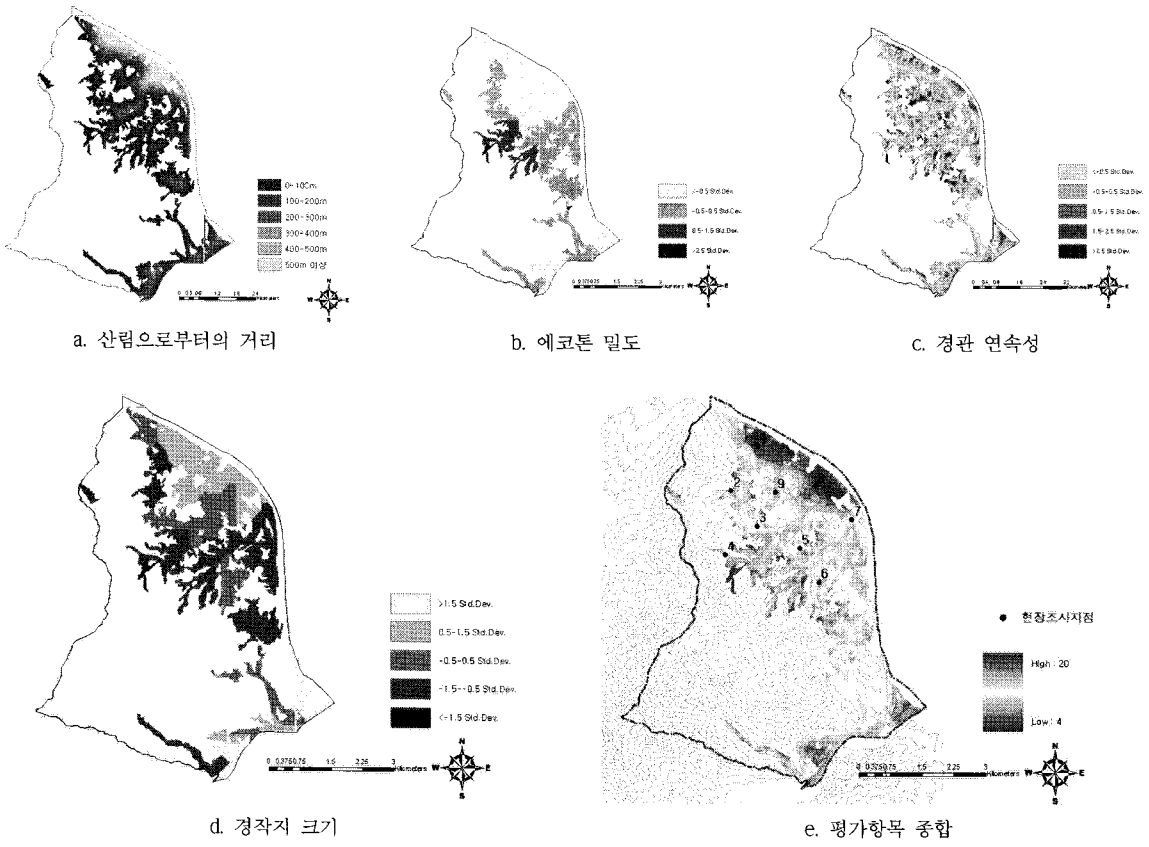
둘째, 에코톤 밀도 평가항목을 대상지에 적용한 결과 농경지와 산림간의 에코톤이 나타난 22개 유역 중 절반 이상인 13개의 유역에서 100m/ha 이상의 에코톤 밀도가 나타났다. 이것은 1ha의 단위면적을 100m 격자로 환산하였을 때 에코톤이 적어도 격자의 한 변 이상을 차지하고 있으며 상호작용이 증가하는 곡선의 형태일 가능성이 높다는 것을 의미한다. 유역단위를 기초로 평균과 표준편차를 이용하여 다섯 단계로 구분한 결과는 다음과 같다(Figure 5b; Table 1).

셋째, 경관의 연속성 평가항목을 적용한 결과 산림에 가까울수록 경관의 연속성이 크게 나타나고 대상지를 관통하고 있는 88번 지방도로에 가까울수록 그 외 도로밀



a. 경작지가 큰 지역(2,129㎡)　　b. 경작지가 작은 지역(1,237㎡)

Figure 4 경작지 크기에 따른 경작지 형태.



a. 산림으로부터의 거리　　b. 에코톤 밀도　　c. 경관 연속성

d. 경작지 크기　　e. 평가항목 종합

Figure 5 경관구조 평가항목 적용.

도 역시 높아지면서 경관이 단절되는 것으로 나타났다. 평균과 표준편차를 이용하여 다섯 단계로 구분한 결과는 다음과 같다(Figure 5c; Table 1).

넷째, 경작지 크기 평가항목을 연구대상지에 적용한 결과 각 유역단위로 산출된 경작지 크기는 평균 1,641㎡이며 강과 인접해 있거나 산림으로부터 멀리 떨어져 있어 평탄한 지형이 나타나는 13개 유역의 경작지 크기가 평균 이상인 것으로 나타났다. 경작지의 크기가 작은 지역은 경작지 면적에 대한 경계 길이의 비율이 높은 비정형적 형태이며 경작지와 경작지 사이의 빈 공간이 많은 것으로 나타났다(Figure 4). 이것은 같은 면적의 농경지를 포함하는 지역이더라도 경작지 크기가 작은 지역이

Table 1 경관구조 평가항목 적용

점수	산림으로부터의 거리		에코톤 밀도		경관 연속성		경작지 크기	
	구 분(m)	면적(ha)	구분	면적	구분	면적	구분	면적
1	0-100	516.63	<-0.5 σ	436.33	<-0.5 σ	374.01	<-1.5 σ	7.44
2	100-200	243.59	-0.5-0.5 σ	481.70	-0.5-0.5 σ	418.83	-1.5--0.5 σ	438.59
3	200-300	118.12	0.5-1.5 σ	111.76	0.5-1.5 σ	161.01	-0.5-0.5 σ	273.95
4	300-400	51.77	1.5-2.5 σ	0.00	1.5-2.5 σ	57.27	0.5-1.5 σ	241.04
5	400-500	40.01	>2.5 σ	8.69	>2.5 σ	27.35	>1.5 σ	77.45

Table 2 곤충 조사 분석결과

구 분	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9
종수	9/7	38/11	36/11	44/12	24/9	26/12	27/10	32/10	28/15
개체수	17/16	102/23	67/23	105/17	56/16	41/20	51/20	64/22	84/36
다양도	2.12/ 1.75	3.22/ 2.16	3.32/ 2.19	3.43/ 2.39	2.91/ 2.08	3.05/ 2.39	3.11/ 2.11	3.20/ 2.13	2.95/ 2.62
풍부도	2.82/ 2.16	8.00 3.19	8.32/ 3.19	9.24/ 3.88	5.71/ 2.89	6.73/ 3.67	6.61/ 3.00	7.45/ 2.91	6.09/ 3.91

여름종 / 가을종

큰 지역에 비해 높은 비율의 경계초지 및 잔여 서식처를 포함하고 있어 이질성이 높다는 것을 의미한다. 유역단위를 기초로 평균과 표준편차를 이용하여 다섯 단계로 구분한 결과는 다음과 같다(Figure 5d; Table 1).

이상과 같이 분석한 산림으로부터의 거리, 에코톤 밀도, 경관의 연속성, 경작지 크기의 경관구조 평가항목을 가중치 없이 종합한 결과는 Figure 4e와 같다. 전반적으로 높은 점수가 나타난 지역은 산기슭 또는 산림과 가까운 곳에 분포하는 것으로 나타나고 있는데 이것은 각 평가항목이 산림을 직 · 간접적으로 반영하기 때문이다. 경관 연속성에 가장 영향을 주는 88번 지방도로는 산림과 멀리 떨어진 평탄한 지역에 위치하고 있으며 산림 인근의 경작지는 잔여산림이 남아 있거나 높은 경사도로 경지 정리가 용이하지 않아 경작지 크기가 작은 경향이 있다.

2. 경관구조와 곤충류 공간적 분포

대상지 내 무작위로 선정된 9지점은 산림 및 도로로부터의 거리와 경계초지의 특성이 다양하게 나타나고 있다(Figure 5e). 곤충류 조사 결과 거의 모든 지점에서 메뚜기목, 노린재목, 잠자리목, 매미목, 딱정벌레목, 벌목, 파리목에 속하는 곤충이 나타난 반면 그 외 풀잠자리목과 나비목의 곤충이 일부 지점에서만 관찰되었다. 조사된 곤충자료를 토대로 종수, 개체수, 다양도, 풍부도를 분석한 결과 2, 4지점은 종수, 개체수, 종 다양도, 종 풍부도 모두 다른 지점에 비해 높게 나타난 반면 1지점은 낮게 나타났다(Table 2).

경관구조 평가항목 종합결과와 곤충류의 공간적 분포 간의 상관관계를 분석한 결과 95% 유의수준에서 여름 곤충은 종수, 종 다양도, 종 풍부도 모두 0.749-0.838의 상관관계가 도출된 반면 가을 곤충은 종 풍부도만이 0.724의 상관관계가 도출되었다. 그러나 90%유의수준에서는 가을 곤충의 종수, 종 다양도 모두 양의 상관관계가 나타났다(Table 3; Table 4; Figure 6). 이상의 상관간계 분석결과를 토대로 경관구조는 곤충류의 공간적 분포를 잘 설명하고 있으며 실제 적용 가능성이 높은 것으로 판단하였다.

그러나 여름곤충 조사지점 중 8지점과 가을종 조사지점 중 9지점은 다른 지점에 비해 크게 벗어나 있는데 이것은 지구 스케일에서 나타나는 수로와 수림대와 같은 특정 서식처의 영향을 받은 것으로 판단하였다. 본 연구의 경관구조 평가항목은 대부분 경관스케일에서의 서식처를 고려하고 있으므로 이에 대한 반영이 미흡하였으나 향후 연구에서는 지구스케일에서 중요서식처의 유형 및 형태에 대한 고려가 필요하다.

Table 3 여름곤충 상관관계 분석(8지점 제외)

	Pearson Correlation			
	평가항목 종합	다양도	종수	풍부도
평가항목	1.000	-	-	-
다양도	0.838**	1.000	-	-
종수	0.749*	0.947**	1.000	-
풍부도	0.805*	0.977**	0.983**	1.000

*유의수준 0.05, **유의수준 0.001

Table 4 가을곤충 상관관계 분석(9지점 제외)

	Pearson Correlation			
	평가항목 종합	다양도	종수	풍부도
평가종합	1.000	-	-	-
다양도	0.667	1.000	-	-
종수	0.670	0.969**	1.000	-
풍부도	0.724*	0.962**	0.984**	1.000

*유의수준 0.05, **유의수준 0.001

이것은 각 경관구조 평가항목의 설명력을 제시하지 못하였다는 한계가 있다. 비록 산림과 도로, 잔여서식처의 영향을 종합적으로 보았다는데 의의가 있으나 향후 연구에서는 다양한 샘플지역을 기초로 각 평가항목의 설명력과 중요도를 밝히는 것이 선행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 곤충류의 공간적 분포에 한정하여 분석하였으나 다양한 스케일에서 모자이크로 나타나는 농경지의 생물상을 반영하기 위해서는 서식 범위 및 특성이 다양한 조류, 파충류, 양서류의 공간 분포와 그에 적합한 경관구조 평간항목을 함께 고려할 필요가 있다.

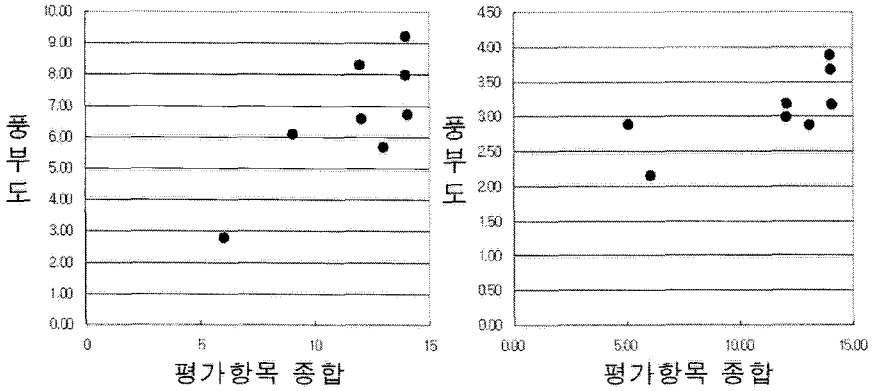


Figure 7 평가항목 종합-종 풍부도 그래프(좌: 여름종, 우: 가을종).

VI. 결 론

본 연구는 특정 유형의 서식처로는 설명하기 어려운 농경지의 곤충류 분포를 반영하고자 경관생태학을 기초로 경관구조 평가항목을 적용하였다. 농경지의 생물상은 독자적으로 성립된 것이 아닌 산림과 인공요소, 농경지 내 잔여서식처의 존재 여부 및 연계성 정도에 영향을 받은 결과이며 본 연구의 경관구조 평가항목은 이러한 여러 경관요소를 동시에 고려하고 있다.

본 연구는 다음과 같은 의의가 있다. 첫째, 농경지에 포함되지 않은 산림과의 연계성을 반영함으로써 산림으로부터 이입되거나 채이 및 번식에 산림과 농경지 모두 서식처로서 요구하는 종을 고려하였다. 둘째, 경작지 크기 평가항목을 이용하여 토지피복도 상에서 농경지로 분류된 지역 내에 포함되어 있는 인간의 이용 및 관리, 방치 등에 의해 형성된 잔여서식처를 반영하였다. 셋째, 경관구조 평가항목을 종합한 결과와 곤충류 공간 분포의 상관관계를 분석함으로써 산림과 도로, 잔여서식처를 종합적으로 고려한 경관구조 평가항목이 농경지 생물상을 설명하는 지표로서 활용 가능함을 제시하였다. 반면에

V. 참고문헌

1. 김은순, 강상목. 2005. 한국농업의 오염배출계정 및 환경지수의 산출. 환경정책 13(2): 31-62.(in english)
2. 나정화, 채인홍, 사공정희, 류연수. 2003. 도시계획지역 내 농경지의 잔여경관요소에 대한 경관생태학적 평가 및 보전 방안. 한국조경학회지 31(5): 31-42.
3. 이덕배, 고병구, 강기경, 박광래, 서명철. 2007. 겨울철새 서식지로서 농경지의 가치 인식. 토양과 비료 30(0): 25-32.
4. 허덕, 박문호. 2006. 양평군 친환경농업 사례의 성공요인 분석. 농업경영·정책연구 33(1) : 20-36.
5. Atauri, J. A., Lucio, J. V. 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. Landscape Ecology 16: 147-159.
6. Bar, A., Loffler, J. 2007. Ecological process indicators used for nature protection scenarios in agricultural

landscape of SW Norway. Ecological Indicator 7: 396-411.

7. Bennett, A. F., Radford, J. Q., Haslem, A. 2006. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. Biological conservation 133: 250-264.
8. Brotons, L., Herrando, S. 2001. Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area. Landscape and Urban Planning 57: 77-89.
9. Burel, F., Baudry, J. 2005. Habitat quality and connectivity in agricultural landscapes: The role of land use systems at various scales in time. Ecological Indicator 5: 305-313.
10. Devictor, V., Jiguet, F. 2007. Community richness and stability in agricultural landscaes: The importance of surrounding habitats. Agriculture, Ecosystems & Environment 120: 179-184.
11. Donald, P. F., Evans, A. D. 2006. Habitat connectivity and matrix restoration: the wider implication of agri-environment scheme. Forum: Journal of Applied Ecology 43: 209-218.
12. Duelli, P. 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscape: An approach at two different scales. Agriculture, Ecosystems & Environment 62: 81-91.
13. Ewers, R. M., Didham, R. K., Wratten, S. D., 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.
14. Filloy, J., Bellocq, M. I. 2007. Pattern of bird abundance along the agricultural gradient of the Pampean region. Agricultural Ecosystems & Environment 120: 291-298.
15. Forman, R. T. T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology 10(3): 133-142.
16. Forman, R. T. T. 2005. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.
17. 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.
18. Haber, W., Salzwedel, J. 1992. Umweltprobleme der Landwirtschaft-Sachbuch Ökologie. In: Metzlersche, J.B.(Ed.), Verlagsbuchhandlung und Carl Ernst Poeschel Verlag, Stuttgart in Roschewitz, I., Thies, C. and Tscharntke, T. 2005. Are landscape complexity and farm specialisation related to land-use intensity of annual crop fields?. Agriculture, Ecosystems & Environment 105: 87-99.
19. Heroldova, M., Bryja, J., Zeida, J., Tkadlec, E. 2006. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. Journal of Applied Ecology 43: 1121-1127.
20. Herzog, F., Steiner, B., Bailey, D., Baudry, J., Billeter, R., Bukácek, R., De Blust, G., De Cock, R., Dirksen, J., Dormann, C. F., De Filippi, R., Frossard, E., Liira, J., Schimidt, T., Stöckli, R., Thenail, C., van Wingerden, W., Bugter, R. 2006. Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale. European Journal of Agronomy 24: 165-181.
21. Jeanneret, P., Schupbach, B. and Luka, H. 2003. Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. Agriculture, Ecosystems & Environment 98: 311-320.
22. Le Coeur, D., Baudry, J., Burel, F., Thenail, C. 2002. Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. Agriculture, Ecosystems & Environment 89: 23-40.
23. Levin, N., Lahav, H., Ramon, U., Heller, A. 2007. Landscape continuity analysis: A new approach to conservation planning in Israel. Landscape and Urban Planning 79: 53-64.
24. Manor, R., Saltz, D. 2005. Effects of human disturbance on use of space and flight distance of mountain gazelles. J. Wildl. Manage. 69: 1683-1690.
25. Marshall, E. J. P. 2002. Introducing field margin ecology in Europe. Agriculture, Ecosystems & Environment 89: 1-4.
26. Ockinger, E., Smith, H. G. 2007. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. Journal of Applied Ecology 44: 50-59.
27. Opdam, P., Verboom, J., Pouwels, R. 2003. Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. Landscape

Ecology. 18: 113-126.

28. Pino, J., Roda, F., Ribas, J., Pons, X. 2000. Landscape structure and bird species richness: implications for conservation in rural areas between natural parks. Landscape and Urban Planning 49: 35-48.
29. Schonewald-Cox, C. M. 1983. Conclusion: Guidelines to management: A beginning attempt. In Richard B. P.(1993) Essentials of Conservation Biology. Sunderland, Messachusetts: Sinauer Associates, Inc.
30. Sepp, K., Mikk, M., Mänd, M., Truu, J. 2004. Bumblebee communities as an indicator for landscape monitoring in the agri-environmental programme. Landscape and Urban Planning 67: 173-183.
31. Thies, C., Denys, C., Tscharntke, T. 2000. Die Förderung der biologischen Schädlingsbekämpfung durch Ackerrandstreifen und Ackerbrachen. In: Nentwig, W.(Ed.), Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. Verlag Agrarökologie, Bern: 219-227 in Roschewitz, I., Thies, C. and Tscharntke, T. 2005. Are landscape complexity and farm specialisation related to land-use intensity of annual crop fields?. Agriculture, Ecosystems & Environment 105: 87-99.
32. Waldhardt, R., Simmering, D., Annette, O. 2004. Estimation and prediction of plant species richness in a mosaic landscape. Landscape Ecology 19: 211-226.
33. Washitani, I. 2001. Traditional Sustainable Ecosystem 'SATOYAMA' and Biodiversity Crisis in Japan : Conservation Ecological Perspective. Global Environ. Res. 5(2): 119-133.
34. Weibull, A. C., Ostman, O., Granqvist, A. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. Biodiversity and Conservation 12: 1335-1355.
35. Winfree, R., Griswold, T., Kremen, C. 2007. Effects of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. Conservation Biology 21(1): 213-223.
36. Yamada, K., Elith, J., McCarthy, M., Zerther, A. 2003. Eliciting and integrating expert knowledge for habitat modelling. Ecol. Modell. 165: 251-264.

* 접수일 : 2008년 2월 4일
■ 3인 익명 심사필

부록

<여름 곤충 상대적 우점도>

구분	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9	
	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.
잠자리목	1	11.1	-	-	3	8.3	-	-	1	4.2	1	3.8	2	7.4	2	6.3	2	7.1
메뚜기목	5	55.6	7	18.4	5	13.9	6	13.6	1	4.2	1	3.8	2	7.4	3	9.4	3	10.7
노린재목	2	22.2	12	31.6	9	25.1	13	29.6	6	25.0	9	34.6	7	25.9	5	15.6	7	25.0
매미목	-	-	4	10.5	3	8.3	4	9.1	3	12.5	2	7.7	1	3.7	2	6.3	1	3.7
풀잠자리목	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3.1	-	-
딱정벌레목	-	-	6	15.8	7	19.4	6	13.6	4	16.7	3	11.6	2	7.4	5	15.6	7	25.0
벌목	1	11.1	1	2.6	1	2.8	5	11.4	2	8.3	-	-	1	3.7	3	9.4	3	10.7
파리목	-	-	8	21.1	8	22.2	10	22.7	5	20.8	7	26.9	11	40.8	9	28.0	3	10.7
나비목	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8.3	3	11.6	1	3.7	2	6.3	2	7.1
계	9	100	38	100	36	100	44	100	24	100	26	100	27	100	32	100	28	100

<가을 곤충 상대적 우점도>

구분	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8		St.9	
	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.	종	R.D.
잠자리목	2	28.6	4	36.3	3	27.3	2	16.7	3	33.3	3	25.0	3	30.0	3	30.0	3	20.0
메뚜기목	3	42.8	1	9.1					1	11.2			1	10.0	2	20.0	2	13.3
노린재목	1	14.3	1	9.1	3	27.3	3	25.0			1	8.3			2	20.0	3	20.0
매미목					1	9.1												
풀잠자리목																		
딱정벌레목			2	18.2			1	8.3			1	8.3	1	10.0			2	13.3
벌목	1	14.3	1	9.1	1	9.1	3	25.0	2	22.2	3	25.0	1	10.0	1	10.0	3	20.0
파리목			2	18.2	3	27.3	2	16.7	3	33.3	4	33.4	4	40.0	2	20.0	2	13.3
나비목							1	8.3										
계	7	100	11	100	11	100	12	100	9	100	12	100	10	100	10	100	15	100