

## 농업생태계인 밭과 논에서 거미의 다양성 비교를 통한 서식지 중요성 연구

남형규 · 송영주 · 어진우 · 김명현\*

농촌진흥청 국립농업과학원

**Effect of Habitat Diversity through Comparison of Spider Diversity between Upland and Paddy Fields in Agroecosystems of South Korea.** *Hyung-Kyu Nam* (0000-0002-9619-2478), *Young-Ju Song* (0000-0003-5590-6622), *Jinu Eo* (0000-0003-3577-9942) and *Myung-Hyun Kim*\* (0000-0002-5590-6622) (*National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea*)

**Abstract** The study of spiders that function as predators in agroecosystem can broaden the understanding of agroecosystems. This study investigated the effect of heterogeneity at different spatial scales on richness and abundance of spiders in upland and paddy fields. We collected 48 samples using pitfall traps at upland and paddy fields, respectively. The total species richness of spiders estimated by sample- and coverage-based rarefaction and extrapolation curves. The total species richness was high in the upland fields at the total study sites, whereas the average species richness per study site was high in the paddy fields. We confirmed that the diversity enhancement of spiders was influenced by the structural complexity of habitat at field-scale, and crop diversity at broader scale.

**Key words:** habitat heterogeneity, pitfall traps, rarefaction curve, spider

### 서 론

서식지 이질성 가설 (habitat heterogeneity hypothesis)은 생태학에서 중요한 토대가 되는 개념이다 (Simpson, 1949; MacArthur and Wilson, 1967; Lack, 1969). 이 가설은 복잡한 구조의 서식지일수록 생물에게 다양한 생태적 지위를 제공할 수 있으며, 자원의 다양한 활용이 가능하기 때문에 궁극적으로 종 다양성을 증가시킬 수 있다고 가정한다 (Bazzaz, 1975). 일반적으로 다양한 구조의 서식지는 식물 군집의 물리적 특성에 의해 결정된다 (Lawton, 1983). 식물

이 가지는 고유한 특성에서 비롯된 다양한 형태는 야생동물의 종 다양성과 양의 상관관계를 가진다고 잘 알려져 있지만 (Davidowitz and Rosenzweig, 1998), 이론적 연구와 실제 연구에서는 서로 상반되는 연구 결과가 도출되기도 한다 (Tews *et al.*, 2004). 상반되는 결과는 분류군의 종류, 식생 구조에 영향을 미치는 다양한 요인, 공간 스케일의 문제로 인한 서식지 구조의 이질성으로 인해 발생한다 (Ralph, 1985; Sullivan and Sullivan, 2001). 또한, 서식지의 선호성이 종에 따라 다를 수 있기 때문에 특정 종에게는 서식지 구조 형성을 통해 안정적인 서식지를 제공하더라도 다른 종에게는 서식지 단절과 같은 부정적인 영향을 미칠 수 있다 (Okland, 1996). 따라서, 야생동물의 서식지 다양성에 대한 구체적인 이해가 필요하다.

농업생태계에서도 생물의 서식공간으로서 서식지 구조

Manuscript received 21 March 2019, revised 23 May 2019,  
revision accepted 28 May 2019

\* Corresponding author: Tel: +82-63-238-2503, Fax: +82-63-238-3823,  
E-mail: wildflower72@korea.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

와 생물다양성의 관계에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며, 종다양성을 증진시키기 위한 많은 연구들이 수행되고 있다(Swift *et al.*, 1996; Krebs *et al.*, 1999; Recanati and Guariso, 2018; Mashavakure *et al.*, 2019). 지난 수십 년 동안 자연 서식지를 농경지로 바꾸고 농업 활동 확장을 통해 농업생산성은 크게 증가하였지만, 자연 서식지 감소와 파편화로 생물다양성이 급격하게 줄어들었다(Aebischer, 1991; Sotherton, 1998; Chamberlain *et al.*, 2000; Donald *et al.*, 2001; Tschardtke *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2010). 역설적으로, 파괴된 자연 서식지로 인해 감소한 생물다양성을 농업생태계에서 찾고자 하는 움직임이 활발히 일어나고 있다(Swift and Anderson, 1994; Altieri, 1999). 농업생태계는 1차적으로 작물을 재배하는 공간이지만 재배하는 작물의 종류와 재배 방법에 따라 다양한 구조를 형성하고 이러한 다양한 구조는 생물에게 다양한 서식지로 기능하여 생물다양성에 크게 영향을 미친다(MacArthur and MacArthur, 1961; Tschardtke *et al.*, 2005).

거미는 농업생태계에서 생물다양성에 크게 기여하고 있으며 효과적인 생물학적 방제에 중요한 역할을 한다(Marc *et al.*, 1999; Symondson *et al.*, 2002). 거미는 다양한 곤충을 포식하는 포식자로서 종이 다양하고 개체수가 많으며 다양한 생활사를 지니고 있고 환경 변화에 민감하기 때문에 육상생태계의 지표종으로 기능하며 종다양성, 보전, 환경 변화에 대한 평가를 위해 활용되고 있다(Clausen, 1986; Rhushton and Eyre, 1992; Churchill, 1997; Perner and Malt, 2003). 따라서 거미 군집의 특성을 확인할 경우 서식지에 미치는 강력하고 예측 가능한 영향력을 확인할 수 있다(Duffey, 1962, 1968; Rushton, 1988).

본 연구는 농업생태계의 대표적인 유형인 밭과 논에서 거미의 다양성을 비교하기 위해 수행되었다. 밭과 논은 재배 작물에 따라 서식 구조가 다양하며, 거미는 포식자로서 곤충류가 풍부한 곳을 주요 서식지로 이용하기 때문에 구조의 다양성과 생물다양성 연구에 유용하다(Harwood *et al.*, 2001). 따라서 작물 종류에 따라 서로 다른 구조를 형성하는 밭과 논에서 거미의 종 다양성에 미치는 영향을 확인하여 농업생태계의 특성을 파악하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사 지역 및 조사 시기

본 연구는 2013년과 2015년 2년에 걸쳐 전라북도 9개 지점과 전라남도 8개 지점에 위치한 밭과 논에서 실시하였다(Fig. 1). 조사 지역의 밭과 논은 모두 관행 농업의 방법

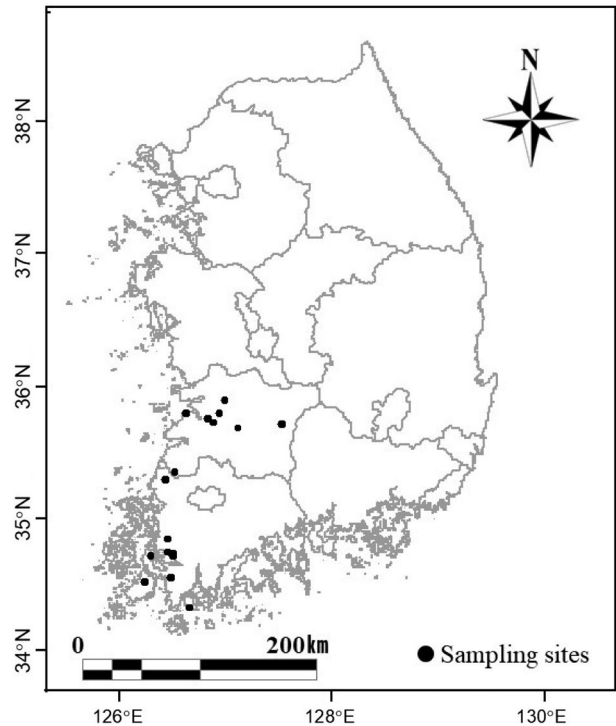


Fig. 1. Map of study area.

으로 작물을 재배하고 있었으며, 모두 논 또는 밭으로 구성된 면적이 1 ha 이상인 지역을 선정하였다. 야외 조사는 배회성 거미의 활동 시기를 고려하여 여름(6월)과 가을(8월) 총 2차례 수행하였다. 조사 지역 전체 밭에서는 가지, 감자, 고구마, 담배, 땅콩, 무 등 총 31종류의 작물을 재배하고 있었으며, 논에서는 벼 한 종류의 작물을 재배하고 있었다. 각 밭 조사 지점에서는 1~3종류의 작물이 재배되고 있었다(Table 1).

### 2. 조사 방법

배회성 거미의 채집은 함정 트랩(pitfall trap)법을 활용하였고, 각 조사 지역에서 3개의 지점을 선정하고, 지점 당 5개의 함정 트랩을 약 3~5 m 간격으로 설치하였다. 트랩은 상부 직경 90 mm, 높이 95 mm의 투명 플라스틱 컵을 이용하였으며, 유인제(95% ethanol : ethylene glycol : wine = 2 : 1 : 1)를 각 트랩에 50 mL씩 넣고 컵의 상부가 지면과 평행하도록 설치하였다. 벼가 재배되는 논에서는 본답에 물이 있었기 때문에 논둑에 설치하였다. 트랩은 배회성 거미 중앙행성 거미의 활동 시간을 고려하여 전날 설치한 후 야간을 포함한 12시간이 지난 다음날에 수거하였다(Choe *et al.*, 2016).

각 조사 지역에서 수거한 3개의 지점을 하나의 샘플로

**Table 1.** Cultivated plants, richness and abundance of spider at each site in upland and paddy fields.

Field	Region	Site	Crops	Richness	Abundance
Upland fields	Young-Kwang	Site 1	Eggplant, potato	3	4
		Site 2	potato	5	16
		Site 3	red pepper, Angelica	3	6
	Young-Am	Site 4	sweet potato, onion, red pepper	7	10
		Site 5	red pepper, gigas bean	4	5
		Site 6	potato, corn	2	2
	Jin-Do	Site 7	onion, Italian millet, tabacco	5	10
		Site 8	tabacco, pea	4	5
		Site 9	tabacco, chive	1	1
	Hae-Nam	Site 10	chinese belflower	0	0
		Site 11	potato, sesame	4	6
		Site 12	perilla peanut, Italian millet	4	7
	Go-Chang	Site 13	chinese yam, Angelica	1	2
		Site 14	onion, chive	1	2
		Site 15	garlic	1	1
	Kim-Jae	Site 16	chinese cabbage, Angelica, chinese cabbage	8	12
		Site 17	turnip	3	3
		Site 18	miung beans, walnut pumpkin	4	5
	Im-Sil	Site 19	chinese cabbage	3	4
		Site 20	black berry, ginger	2	3
		Site 21	chinese cabbage, sorghum	2	2
Jeong-Eub	Site 22	mulberry	2	4	
	Site 23	ginger	1	1	
	Site 24	turnip	1	1	
Paddy fields	Young-Am	Site 1	Rice	9	112
		Site 2	Rice	7	15
		Site 3	Rice	5	8
	Mu-An	Site 4	Rice	3	6
		Site 5	Rice	5	5
		Site 6	Rice	1	1
	Hae-Nam	Site 7	Rice	5	128
		Site 8	Rice	5	94
		Site 9	Rice	4	131
	Wan-Do	Site 10	Rice	4	5
		Site 11	Rice	6	9
		Site 12	Rice	5	5
	Jang-Su	Site 13	Rice	3	8
		Site 14	Rice	2	2
		Site 15	Rice	4	4
	Jeon-Ju	Site 16	Rice	2	7
		Site 17	Rice	6	61
		Site 18	Rice	5	12
	Bu-An	Site 19	Rice	6	38
		Site 20	Rice	5	65
		Site 21	Rice	5	20
	Kim-Jae	Site 22	Rice	7	714
		Site 23	Rice	4	15
		Site 24	Rice	5	16

**Table 2.** List and total number of collected ground-dwelling spiders between upland and paddy fields.

Order	Family	Scientific name	Upland fields	Paddy fields	
Araneae	AMAUROBIIDAE	<i>Draconarius kayasanensis</i>	1	0	
		AMAUROBIIDAE spp.	1	0	
	ARANEIDAE	<i>Neoscona adianta</i>	1	0	
		<i>Neoscona tianmenensis</i>	0	1	
	ATYPIDAE	<i>Atypus quelpartensis</i>	1	0	
	CLUBIONIDAE	CLUBIONIDAE spp.	1	0	
	COELOTIDAE	Coelotidae spp.	1	0	
	CORINNIDAE	<i>Orthobula crucifera</i>	2	0	
		<i>Phrurolithus sinicus</i>	1	1	
	CTENIDAE	<i>Anahita fauna</i>	1	1	
		<i>Anahita sp.1</i>	2	0	
	GNAPHOSIDAE	<i>Drassodes serratidens</i>	1	0	
		<i>Drassyllus sasakawai</i>	1	2	
		<i>Drassyllus yaginumai</i>	0	1	
		<i>Gnaphosa muscorum</i>	0	1	
		<i>Micaria dives</i>	6	0	
		<i>Odontodrassus hondoensis</i>	2	1	
		<i>Zelotes wuchangensis</i>	1	0	
		GNAPHOSIDAE spp.	1	2	
		HAHNIIDAE	<i>Hahnia corticicola</i>	2	0
			<i>Hahnia nava</i>	1	0
	LINYPHIIDAE	<i>Bathypantes gracilis</i>	0	1	
		<i>Erigone koshiensis</i>	7	5	
		<i>Erigone prominens</i>	4	0	
		<i>Gnathonarium gibberum</i>	2	1	
		<i>Meioneta rurestris</i>	1	0	
		<i>Nippononeta projecta</i>	0	1	
		<i>Nippononeta ungulata</i>	0	1	
		<i>Orientopus yodoensis</i>	2	0	
		<i>Gnathonarium dentatum</i>	0	0	
		<i>Paikiniana vulgaris</i>	1	0	
		<i>Ummeliata insecticeps</i>	2	2	
		LINYPHIIDAE spp.	3	2	
		LYCOSIDAE	LIOCRANIDAE spp.	1	0
			<i>Alopecosa albostrigata</i>	3	0
			<i>Alopecosa cinnameopilosa</i>	0	1
			<i>Arctosa chungjooensis</i>	0	4
			<i>Arctosa coreana</i>	1	0
	<i>Arctosa ipsa</i>		5	0	
	<i>Arctosa kwangreungensis</i>		1	0	
	<i>Arctosa subamylacea</i>		3	9	
	<i>Lycosa coelestis</i>		3	0	
	<i>Lycosa coreana</i>		1	0	
	<i>Pardosa astrigera</i>		7	1	
	<i>Pardosa hedini</i>		8	0	
	<i>Pardosa herbosa</i>		1	0	
	<i>Pardosa isago</i>	1	0		
	<i>Pardosa laura</i>	2	17		
	<i>Pirata clercki</i>	0	4		
	<i>Pirata piratoides</i>	1	4		
<i>Pirata procurvus</i>	4	1			
<i>Pirata subpiraticus</i>	1	22			
<i>Pirata tanakai</i>	0	0			
<i>Trochosa ruricola</i>	4	14			

Table 2. Continued.

Order	Family	Scientific name	Upland fields	Paddy fields	
		Pirata sp.1	11	5	
		Pirata sp.2	36	670	
	MIMETIDAE	<i>Mimetus testaceus</i>	1	0	
	NESTICIDAE	<i>Nesticella brevipes</i>	1	0	
		<i>Nesticella mogera</i>	0	1	
	PHILODROMIDAE	PHILODROMIDAE spp.	1	0	
	PISAUROIDAE	<i>Dolomedes sulfureus</i>	1	0	
	SALTICIDAE	PISAUROIDAE spp.	2	0	
		<i>Mendoza canestrinii</i>	0	1	
		<i>Neon reticulatus</i>	1	0	
		<i>Pseudeuophrys iwatensis</i>	0	1	
		<i>Sibianor pullus</i>	0	1	
		<i>Sitticus avocator</i>	1	0	
		<i>Talavera ikedai Logunov</i>	1	0	
		SALTICIDAE spp.	1	0	
		SEGESTRIIDAE	<i>Ariadna insulicola</i>	1	0
		TETRAGNATHIDAE	<i>Pachygnatha clercki</i>	1	4
	THERIDIIDAE	<i>Paidiscura subpallens</i>	1	0	
		<i>Steatoda cingulata</i>	1	0	
	THERIDIIDAE	<i>Stemmops nipponicus</i>	2	0	
		THERIDIIDAE spp.	1	1	
		<i>Xysticus concretus</i>	1	0	
		<i>Xysticus hedini</i>	0	1	
	THERIDIIDAE	THERIDIIDAE spp.	2	1	
	TITANOECIDAE	<i>Nurscia albofasciata</i>	4	1	
	ZORIDAE	<i>Zora</i> spp.	1	0	
		Number of species	64	36	
		Number of individuals	168	787	

취급하였으며, 밭과 논에서 각각 24개 샘플을 획득하였다. 수거한 샘플은 아이스박스 보관 후 실험실로 이동하여 동정하기 전에 70% ethanol에 보존하였다. 동정은 해부현미경 (Leica DE/MZ 7.5)을 이용하여 확인하였고, 국내외 문헌을 참고하였다(Kimura, 1987; Namkung, 2001; Kim and Lee, 2007; Namkung *et al.*, 2009; Koyblyuk *et al.*, 2012; Kim and Lee, 2013). 동정은 종 수준을 기준으로 확인하였고, 종 수준까지 동정이 확인되지 않은 경우 속(Genus)이나 과(Family) 수준까지 동정하였다.

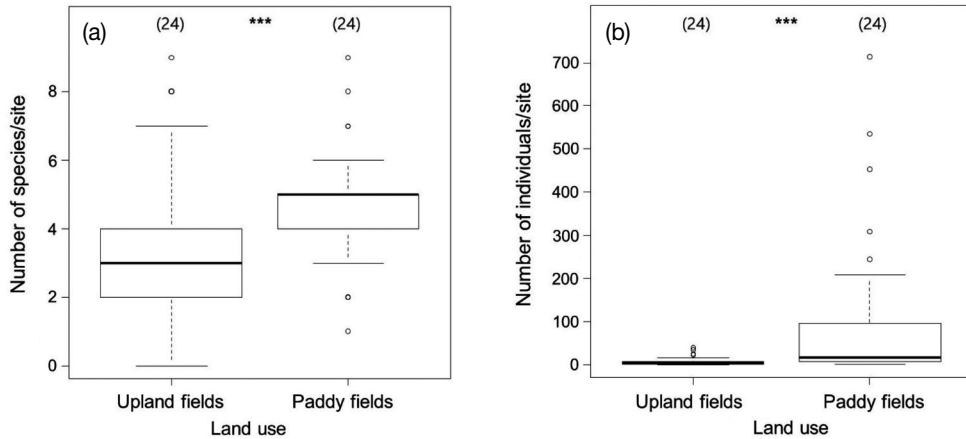
### 3. 분석 방법

거미의 실제 종수를 평가하여 밭과 논에서 확인되는 종을 비교하기 위해 종수 누적 곡선(rarefaction curve)과 종수 추정 곡선(extrapolation curve) 분석을 수행하였다(Ugland *et al.*, 2003). 밭과 논에서 확인된 샘플을 이용하여 누적 곡선과 추정 곡선을 통해 종수를 확인하였으며, 추정 곡선은 Jack-knife와 Bootstrap 방법을 이용하여 1,000번의 permu-

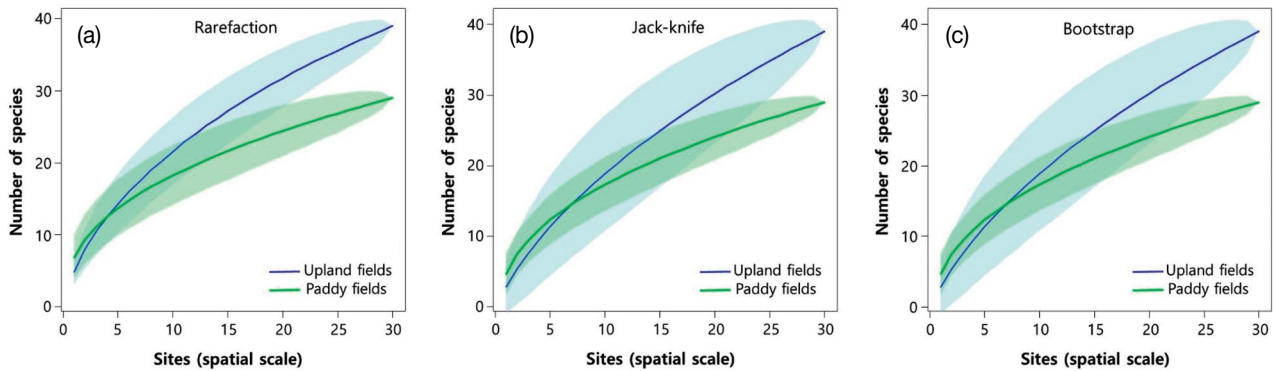
tation을 수행한 후 그래프로 각각 나타냈다. 누적 곡선과 추정 곡선은 평균과 95% 신뢰구간으로 표시하였다. 밭과 논에서 관찰된 거미의 평균 종수와 개체수는 Mann-Whitney U test를 이용하여 차이를 확인하였다. 모든 분석은 R 통계 프로그램(버전 3.4.3)을 이용하였고(R Development Core Team, 2017), 종수 누적 곡선과 종수 추정 곡선은 vegan package (Oksanen *et al.*, 2017)를 이용하였다.

## 결 과

밭과 논에서 관찰된 거미는 총 78종 955개체가 관찰되었다(Table 2). 전체 조사 지점에서 확인된 종수는 논보다 밭에서 더 많았고(upland fields = 1.25 (abundance/site), paddy fields = 0.71 (abundance/site)), 개체수는 밭보다 논에서 더 많았다(upland fields = 3.29 (abundance/site), paddy fields = 15.43 (abundance/site)). 밭과 논에서 동시에 관찰된 종은 22종이었고, 밭에서만 관찰된 종은 42종, 논에서만 관찰된



**Fig. 2.** Box plots of number of species and number of individuals in upland and paddy fields at fine spatial scale. Boxes indicate the interquartile range at each land use, and lines within each box plot denote the median value; whisker include the majority of points; outliers are identified by circles. Sample size for each land use is given above the box plots. The stars represent significantly different between upland and paddy fields according to Mann-Whitney U test.



**Fig. 3.** Rarefaction curves of observed species richness (a) and estimated richness by first-order Jack-knife (b) and bootstrap (c) at upland and paddy fields. Lines represented mean values, and ellipses represented 95% confidence intervals for observed richness and standard deviations for the richness estimators, respectively. The results of 1,000 permutations to generate the mean value and 95% confidence interval.

종은 14종이었다(Table 2).

각 조사 지점에서 출현한 거미의 평균 종수와 개체수는 모두 논에서 높게 나타났다(Fig. 2; Mann-Whitney U test; Number of species,  $W=1,091, p<00001$ ; Number of individuals,  $W=779, p<0.0001$ ). 밭 작물의 종류에 따라 차이가 있었으며( $\chi^2=8.96, df=2, p<0.05$ ), 세 종류의 밭 작물이 재배된 지점에서 가장 높은 종수가 나타났다(number of species: 1 crop =  $2.00 \pm 0.45$ ; 2 crops =  $2.70 \pm 0.40$ ; 3 crops =  $6.67 \pm 0.89$ )(Table 1).

종수 누적 곡선과 종수 추정 곡선을 통한 종수의 경향을 살펴보면 작은 공간 스케일(1~5개 조사 지점)에는 논에서 출현하는 종수가 밭에서 출현하는 종수와 95% 신뢰구간

수준에서 유사하거나 약간 높은 것으로 추정되지만 큰 공간 스케일(5개 조사 지점 이상)에서는 밭에서 출현하는 종수가 더 높은 것으로 추정된다(Fig. 3).

전체 조사 지점에서 확인된 과별 구성을 살펴보면 늑대 거미과(LCOSIDAE), 접시거미과(LINYPHIIDAE), 수리거미과(GNAPHOSIDAE)가 순서대로 많이 출현하였다. 늑대 거미과는 밭에서는 약 55.36%의 비중을 차지한 반면에 논에서는 약 95.55%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 2; Fig. 4). 왕거미과(ARANEIDAE), 땅거미과(ATYPIDAE), 염낭거미과(CLUBIONIDAE), 가계거미과(COELOTIDAE), 밧고랑거미과(LIOCRANIDAE), 해방거미과(MI-METIDAE), 굴아기거미과(NESTICIDAE), 새우계거미과

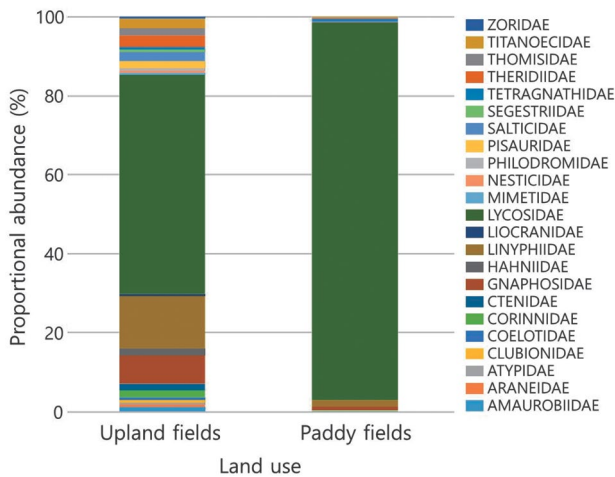


Fig. 4. Proportional abundance of the spider families collected in upland and paddy fields at broader spatial scale.

(PHILODROMIDAE), 공주거미과 (SEGESTRIIDAE), 갈 거미과 (TETRAGNATHIDAE), 오소리거미과 (ZORIDAE) 는 밭에서만 출현하였다 (Table 2; Fig. 4).

### 고 찰

본 연구를 통해 거미의 군집 구조는 농업생태계의 대표적인 공간인 밭과 논에서 뚜렷한 차이를 보였다. 이는 공간 스케일에 따라 나타나는 서식지의 이질성을 거미가 선택적으로 이용하기 때문으로 판단된다. 거미의 서식지 이용의 다양성은 작은 공간 스케일에서는 조사 지점 환경의 복잡성이 더 큰 영향을 미쳤고 큰 공간 스케일에서는 작물 종류의 다양성으로 인한 구조의 복잡성이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

큰 공간 스케일인 전체 조사 지점에서 재배중인 작물의 종류는 밭이 논보다 더 다양하기 때문에 밭 조사 지점들 전체에서 거미의 종수가 훨씬 많이 나타난 것으로 생각된다. 거미의 서식지는 식생의 종류, 잎의 모양, 식생 높이, 군락 가장자리 형태 등에 의해 공간적 다양성이 결정되고 이러한 공간적 다양성에 따라 거미의 서식지 선호성이 달라진다 (Ysnel and Canard, 2000; Caprio *et al.*, 2015). 본 조사 지역인 밭과 논에서 재배하고 있었던 작물들은 각각이 가지는 종류, 잎 모양, 높이가 다르며 재배 방법이나 특성에 따라 가장자리 형태 또한 다르다. 특히, 단일 작물이 재배되는 논은 전국에 걸쳐 구조가 정형화된 공간이지만, 다양한 작물이 재배되는 밭은 거미에게 구조적으로 다양한 서식지 유형을 제공하기 때문에 거미의 전체 종수가 많이 출

현하는 것으로 판단된다. 반면에 단일 작물이 재배되는 논은 지점 간 서식지 구조에 큰 차이를 나타내지 않기 때문에 큰 공간 스케일에서 밭보다 거미의 전체 종수가 적게 출현하는 것으로 판단된다. 다양한 구조의 서식 공간은 1차적으로 초식 곤충들이 서식지 선호성을 결정한다 (Lawton, 1983). 형성된 초식성 곤충의 군집은 이들을 먹이로 하는 거미 군집에 영향을 미치게 된다 (Nyffeler and Benz, 1988; Mansour and Heimbach, 1993; Miyashita and Niwa, 2006). 거미는 매우 다양하며, 일부 종은 조건에 부합하는 서식지를 적극적으로 선택하는 것으로 잘 알려져 있다 (Turnbull, 1973; Morse and Fritz, 1982; Morse, 1990; Nentwig, 1993). 따라서 먹이원 외에 선호하는 서식지의 요구조건인 포식자에 대한 방어, 미소 기후의 대응, 휴식처, 번식 전략을 위해 다양한 구조의 서식공간을 각각의 거미가 선택적으로 이용하는 것으로 판단된다 (Askenmo *et al.*, 1977; Uetz *et al.*, 1978; Foelix, 1996; Gunnarsson, 1996; Henschell and Lubin, 1997).

거미의 전체 출현 종수는 밭이 논보다 많았지만, 작은 공간 스케일인 조사 지점별 출현한 거미의 평균 종수와 개체수는 논에서 더 많이 관찰되었다. 이는 각 조사 지점별 출현 종수 자체는 논이 더 많았다는 것을 의미하며, 각 조사 지점에서 재배되는 밭 작물에 따라 서식하는 거미의 종류가 상이하다는 것을 의미한다. 작은 공간 단위 (field-scale) 인 하나의 조사 지점 수준에서 비교해보면, 논에서 재배되는 작물인 벼 재배 공간의 조사 지점은 전반적으로 건조한 밭과는 다르게 벼가 재배되는 본답, 본답을 둘러싼 논둑, 본답을 연결하는 수로, 상시 담수상태의 둠벙이나 저수지 등 다양한 수분 조건의 서식지 환경을 포함하고 있다 (Bambaradeniya and Amerasinghe, 2003; Katoh, 2009; Okada *et al.*, 2011; Natuhara, 2013). 다양한 수분 조건에 따라 형성된 다양한 식물 군집은 거미에게 다양한 구조의 미소서식지 (microhabitats)를 제공할 수 있다 (Bambaradeniya and Amerasinghe, 2003). 즉, 작은 공간 단위인 하나의 조사 지점에서는 논이 밭보다 미소서식지의 세부 구조가 다양하기 때문에 거미 종수와 개체수는 논에서 많은 것으로 판단된다.

본 연구는 서식지 이질성 가설을 뒷받침한다. 대부분의 서식지에서 식물 군집이 환경의 물리적 구조를 결정하기 때문에 식물 군집에 의해 동물의 분포와 관계성 (interactions)이 크게 영향을 받게 된다 (Lawton, 1983; McCoy and Bell, 1991). 본 연구에서는 농업생태계에 서식하는 거미를 통해 단일 조사 지점 (작은 공간 단위)에서는 다양한 미소서식지를 포함하고, 여러 조사 지점 (큰 공간 단위)에서는 여러 작물을 포함하는 작물 다양성이 높은 서식지에서 거

미의 종 다양성이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 결국 경작지의 구조 및 작물의 종류에 의한 농업생태계의 서식지의 이질성은 생물다양성에 중요한 요소로 작용하고 있으며(Whittaker, 1972; Benton *et al.*, 2003), 이러한 생물다양성에 영향을 미치는 서식지 이질성은 공간 스케일에 따라 달라진다는 것을 확인할 수 있었다.

## 적 요

서식지 이질성은 복잡한 구조를 가진 서식지일수록 생물다양성이 증가된다는 개념으로 농업생태계에서도 적용이 가능하다. 특히 농업생태계에서 해충 조절과 같이 포식자로 기능하는 거미를 이용할 경우 농업생태계의 전반에 관한 이해의 폭을 넓힐 수 있다. 본 연구는 우리나라 농업생태계의 대표적인 재배 유형인 밭과 논에서 거미의 다양성이 공간 스케일에 따라 어떠한 특성을 나타내는지 확인하고자 수행하였다. 함정트랩을 설치하여 밭에서 24개 샘플을, 논에서 24개 샘플을 수집하였다. 공간 스케일에 따른 밭과 논 종수는 누적 곡선과 추정 곡선을 통해 평가하였다. 전체 조사 지점들에서 종수는 밭에서 높게 나타났고 조사 지점별 평균 종수는 논에서 높게 나타났다. 이를 통해 작은 공간 스케일에서는 서식지 구조의 복잡성이, 큰 공간 스케일에서는 작물 종류의 다양성이 거미의 다양성에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

**저자기여도** 개념설정: 남형규, 김명현, 방법론: 남형규, 분석: 남형규, 자료제공: 어진우, 김명현, 자료관리: 어진우, 원고 초안작성: 남형규, 원고 교정: 김명현, 송영주, 원고 편집: 남형규, 과제관리: 송영주

**이해관계** The authors declare no conflict of interest.

**연구비** 본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01249002)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

**사사** 거미의 동정에 도움을 주신 홍혜경 선생님께 감사드립니다.

## REFERENCES

Aebishcher, N.J. 1991. Twenty years of monitoring invertebrates and weeds in cereal fields in Sussex, p. 305-331. *In*: The Ecology of Temperate Cereal Fields (Firbank, L.G., N.

Carter, J.F. Darbyshire and G.R. Potts, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystem & Environment* **74**: 19-31.

Askenmo, C.A., A. von Brömssen, J. Ekman and C. Jansson. 1997. Impact of some wintering birds on spider abundance in spruce. *Oikos* **28**: 90-94.

Bazzaz, F.A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* **56**: 485-488.

Benton, T.G., J.A. Vickery and J.D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *TRENDS in Ecology and Evolution* **18**: 182-188.

Caprio, E., B. Nervo, M. Isaia, G. Allegro and A. Rolando. 2015. Organic versus conventional systems in viticulture: comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems* **136**: 61-69.

Chamberlain, D.E., R.J. Fuller, R.G.H. Bunce, J.C. Duckworth and M. Shrubbs. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* **37**: 771-778.

Choe, L.J., K.J. Cho, S.K. Choi, S.H. Lee, M.K. Kim, H.S. Bang, J. Eo and M.H. Kim. 2016. Effects of landscape and management on ground-dwelling insect assemblages of farmland in Jeju Island, Korea. *Entomological Research* **46**: 36-44.

Churchill, T.B. 1997. Spiders as ecological indicators: an overview for Australia. *Memoirs of Museum Victoria* **56**: 331-337.

Clausen, I.H.S. 1986. The use of spiders (Araneae) as ecological indicators. *Bulletin of British Arachnological Society* **7**: 83-86.

Davidowitz, G. and M.L. Rosenzweig. 1998. The latitudinal gradient of species diversity among North American grasshoppers within a single habitat: a test the spatial heterogeneity hypothesis. *Journal of Biogeography* **25**: 553-560.

Donald, P.F., R.E. Green and M.F. Heath. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **268**: 25-29.

Duffey, E. 1962. A population study of spiders in limestone grassland. *Journal of Animal Ecology* **31**: 571-599.

Duffey, E. 1968. An ecological analysis of the spider fauna of sand dunes. *Journal of Animal Ecology* **37**: 641-674.

Foelix, R.F. 1996. *Biology of Spiders*. Oxford University Press, Oxford, England.

Gunnarsson, B. 1996. Bird predation and vegetation structure affecting spruce-living arthropods in a temperate forest. *Journal of Animal Ecology* **65**: 389-397.

Harwood, J.D., K.D. Sunderland and W.O.C. Symondson. 2001. Living where the food is: web location by linyphiid spiders in relation to prey availability in winter wheat. *Journal of*



- Applied Ecology* **38**: 88-99.
- Henschell, J.R. and Y.D. Lubin. 1997. A test of habitat selection at two spatial scales in a sit and wait predator: A web spider in the Namib Desert dunes. *Journal of Animal Ecology* **66**: 401-413.
- Kamura, T. 1987. Three species of the genus *Drassyllus* (Araneae: Gnaphosidae) from Japan. *Acta Arachnologica* **35**: 77-88.
- Kim, B.W. and W. Lee. 2007. Spiders of the genus *Draconarius* (Araneae, Amaurobiidae) from Korea. *The Journal of Arachnology* **35**: 113-128.
- Kim, S.T. and S.Y. Lee. 2013. Invertebrate fauna of Korea: Spiders. National Institute of Biological Resources, Incheon.
- Kovblyuk, M.M., Z.A. Kastrygina and M.M. Omelko. 2012. A review of the spider genus *Haplodrassus* Chamberlin, 1922 in Crimea (Ukraine) and adjacent areas (Araneae, Gnaphosidae). *ZooKeys* **205**: 59-89.
- Krebs, J.R., J.D. Wilson, R.B. Bradbury and G.M. Siriwardena. 1999. The second silent spring? *Nature* **400**: 611-612.
- Lack, D. 1969. The numbers of bird species on islands. *Bird Study* **16**: 193-209.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* **28**: 23-39.
- Liu, Y., J.C. Axmacher, C. Wang, L. Li and Z. Yu. 2010. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in the intensively cultivated agricultural landscape of Northern China - implications for biodiversity conservation. *Insect Conservation and Diversity* **3**: 34-43.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Mansour, F. and U. Heimbach. 1993. Evaluation of lycosid, micryphantid and linyphiid spiders as predators of *Rhopalosiphum padi* (Hom.: Aphididae) and their functional response to prey density - laboratory experiments. *Entomophaga* **38**: 79-87.
- Marc, P., A. Canard and F. Ysnel. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**: 229-273.
- Mashavakure, N., A.B. Mashingaidze, R. Musundire, N. Nhamo, E. Gandiwa, C. Thierfelder and V.K. Muposhi. 2019. Spider community shift in response to farming practices in a sub-humid agroecosystem of southern Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **272**: 237-245.
- McCoy, E.D. and S.S. Bell. 1991. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic, p. 3-27. *In: Habitat Structure: the Physical Arrangement of Objects in Space* (Bell, S.S., E.D. McCoy and H.R. Mushinsky, eds.). Chapman & Hall, London.
- Miyashita, T. and S. Niwa. 2006. A test for top-down cascade in a detritus-based food web by litter-dwelling web spiders. *Ecological Research* **21**: 611-615.
- Morse, D.H. 1990. Leaf choices of nest-building crab spiders (*Misumena vatia*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **27**: 265-267.
- Namkung, J. 2001. *The Spiders of Korea*. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul.
- Namkung, J., J.S. Yoo, S.Y. Lee, J.H. Lee, W.K. Paek and S.T. Kim. 2009. Bibliographic check list of Korean spiders (Arachnida: Araneae) ver. 2010. *Journal of Korean Nature* **2**: 191-285.
- Nentwig, W. 1993. *Spiders of Panama: Biogeography, Investigation, Phenology, Check List, Key and Bibliography of a Tropical Spider Fauna*. Sandhill Crane Press, Gainesville, USA.
- Nyffeler, N. and G. Benz. 1988. Feeding ecology and predatory importance of wolf spiders (*Pardosa* spp.) (Araneae, Lycosidae) in winter wheat fields. *Journal of Applied Entomology* **106**: 123-134.
- Okland, B. 1996. Unlogged forest: important sites for preserving the diversity of mycetophilids (Diptera: Sciaroidea). *Biological Conservation* **76**: 297-310.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H. Stevens, E. Szoecs and H. Wagner. 2017. *Community Ecology Package*. R package version 3.4.3. Available online at: <http://Cran.R-projct.org/package=vegan>.
- Perner, J. and S. Malt. 2003. Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conservation of arable land into grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **98**: 169-181.
- R Development Core Team. 2017. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at <http://www.R-project.org>. accessed 26 March 2018.
- Ralph, C.J. 1985. Habitat association patterns of forest and steppe birds of Northern Patagonia, Argentina. *The Condor* **87**: 471-483.
- Recanati, F. and G. Guariso. 2018. An optimization model for the planning of agroecosystems: Trading off socio-economic feasibility and biodiversity. *Ecological Engineering* **117**: 194-204.
- Rushton, S.P. 1988. The effects of scrub management regimes on the spider fauna of chalk grassland, Castor Hanglands National Nature Reserve, Cambridgeshire, UK. *Biological Conservation* **46**: 169-182.
- Rushton, S.P. and M.D. Eyre. 1992. Grassland spider habitats in north-east England. *Journal of Biogeography* **19**: 99-108.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 688.
- Sotherton, N.W. 1998. Land-use changes and the decline of farmland wildlife: an appraisal of the set-aside approach. *Biological Conservation* **83**: 259-268.
- Sullivan, T.P. and D.S. Sullivan. 2001. Influence of variable retention harvests on forest ecosystems. II. Diversity and population dynamics of small mammals. *Journal of Applied Ecology* **38**: 1234-1252.

- Swift, M.J. and J.M. Anderson. 1994. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems, p. 15-41. *In: Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Swift, M.J., J. Vandermeer, P.S. Ramakrishnan, J.M. Anderson, C.K. Ong and B.A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function, p. 261-297. *In: Functional Roles of Biodiversity: a Global Perspective* (Mooney, H.A., J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Sala and E.D. Schulze, eds.). Wiley, New York.
- Symondson, W.O.C., K.D. Sunderland and M.H. Greenstone. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology* **47**: 561-594.
- Tscharntke, T., A.M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter and C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecological Letter* **8**: 85-874.
- Turnbull, A.L. 1973. The ecology of true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology* **18**: 305-348.
- Twes, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M.C. Wichmann, M. Schwager and F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* **31**: 79-92.
- Uetz, G.W., A.D. Johnson and D.W. Schemske. 1978. Web placement, web structure, and prey capture in orb-weaving spiders. *Bulletin British Arachnological Society* **4**: 141-148.
- Ugland, K.I., J.S. Gray and K.E. Ellingsen. 2003. The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology* **72**: 888-897.
- Wardhaugh, C.W., N.E. Stork and W. Edwards. 2012. Feeding guild structure of beetles on Australian tropical rainforest trees reflects microhabitat resource availability. *Journal of Animal Ecology* **81**: 1086-1094.
- Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**: 213-251.
- Ysnel, F. and A. Canard. 2000. Spider biodiversity in connection with the vegetation structure and the foliage orientation of hedges. *Journal of Arachnology* **28**: 107-114.