

논 서식 물땡땡이과의 분포 특성

한민수 · 방혜선* · 김명현 · 강기경 · 정명표 · 이덕배

국립농업과학원 기후변화생태과

Distribution Characteristics of Water Scavenger Beetles (Hydrophilidae) in Korean Paddy Field

Min-Su Han, Hea-Son Bang*, Myung-Hyun Kim, Kee-Kyung Kang, Myung-Pyo Jung and Deog-Bae Lee(Climatic Change and Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea)

Received: 19 October 2010 / Accepted: 13 December 2010

© The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract: Aquatic invertebrates are the major important fauna to sustain the paddy ecosystem as predators of the lower trophic level and prey for birds in food-web dynamics as well. The nationwide distribution of scavenger beetles (Hydrophilidae) that is the top predator in an aquatic insect in the paddy field was investigated. A total of 15 scavenger beetles were recognized. *Enochrus simulans* (98.6%) and *Laccobius bedeli* (87.7%) showed a high frequency of occurrence on a nationwide scale. The majority of scavenger beetles were higher frequency of occurrence in mountainous regions(33.7%) than in open field regions(5.0%). On the other hand, *E. uniformis*, *Coelostoma stultum* and *Berosus japonicus* showed a low occurrence frequency. *Hydrochara affinis*, *Sternolophus rufipes*, *Amphiops mater*, *B. elongatulus*, *B. signaticollis punctipennis*, *B. lewisius* and *H. libera* showed regional specific distribution aspect. Therefore, these species can be used as biological index to research the biotic changes in paddy ecology according to an agro-environmental changes including climatic change in the future.

Key Words: Distribution, Paddy field, Scavenger beetle

서론

최근 환경보전에 대한 국민의 관심과 건전한 농업환경에서 생산된 안전농산물의 선호도가 증대됨으로서 농산물 생산지 환경의 중요성이 날로 높아지고 있다. 우리나라의 농업환경 중 논은 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 논에 서식하는 생물들은 환경변화에 민감하게 반응하여 농업생태계의 건전성을 평가하는 기준이 되고 있다(Han *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2007).

최근 생물다양성은 국가 간의 자원경쟁과 맞물려 국가의 주권으로 인식되고 있으며, 이에 따라 세계 각국은 생물다양성 유지를 위한 많은 전략들을 구상하고 있다. 다양한 서식생물들로 이루어진 농업생태계에서 논에 서식하는 수서무척추동물은 논 생태계의 물질순환뿐만 아니라 국가생물다양성 증진에 중요한 역할을 하고 있다. 한반도에서는 5천년 동안 논 생태계가 유자관리되어 왔음에도 불구하고 논 생태계에 서식하는 수서무척추동물의 전국적인 분포에 관한 연구는 미미한 실정이다.

우리나라에 분포하는 물땡땡이과(Hydrophilidae)는 Lee *et al.*(1993)이 13속 30종을 기록하였으며, 국가생물종지식정보시스템(www.nature.go.kr)에는 34종이 소개되고 있다. 이들 중 중 일부를 제외하고는 물방개과(Dytiscidae)와 함께 물에 사는 갑충(甲蟲)의 대부분을 차지한다. 물땡땡이과에 대한 연구는 대부분이 분류와 관련된 것들이며(Lee *et al.*, 1988, 1993; Yoon, 2008), 전국적 조사에 따른 분포에 대한 연구는 전무한 상태이다. Han *et al.* (2010)은 논에서 채집된 물땡땡이류는 국내미기록종 3종을 포함하여 총 26종으로 보고하고 있다. 이러한 결과는 논생태계가 물땡땡이류의 중요한 서식지임을 나타내는 것이다. 따라서, 본 연구에서

*교신저자(Corresponding author): H.-S. Bang
Tel: +82-31-290-0236 Fax: +82-31-290-0206
E-mail: banghs1@korea.kr

는 논을 주요 서식지로 하는 물땡땡이류의 분포 특성에 대해 살펴보았다.

재료 및 방법

채집시기, 장소 및 방법

표본조사는 전국 논을 대상으로 2005년에서 2007년까지 3년간 실시하였다. 논 내에 출현하는 수서무척추동물의 지역별 및 계절별 차이를 최소화하기 위하여 년차별로 전국을 이양시기가 비슷한 3지역으로 나누어서, 1차년도(2005년)에는 경기도와 강원도, 2차년도(2006년)에는 충청도, 전라도 및 제주도, 3차년도(2007년)에는 경상도를 조사하였다. 각 년도별 조사시기는 5월 하순 이양기부터 9월 상순 수확기까지이지만, 대부분의 조사는 6월-7월 사이에 실시하였다. 채집지역은 우리나라 전역을 특별시와 광역시를 포함하여 전국 170개 시·군으로 구분하였고, 실질적으로 조사된 지역은 138개 시·군으로 총 290지점이었다. 대부분 조사 지점은 동일 시·군에서 곡간과 들이라는 지형적으로 상이한 특성을 나타내는 곳을 선정하여 조사하였으며, 들 지역이 146지점, 곡간 지역이 144지점이었다. 들 지역은 주변 산과 거리가 멀리 떨어져 있으며, 경지정리가 된 곳으로 논과 논 사이에 위치한 논둑의 경사가 심하지 않는 평탄한 곳을 선정하였다. 곡간 지역은 조사지 논이 주변 산과 인접해 있으며, 주로 경지정리가 되어 있지 않으며, 논과 논 사이의 경사가 심한 곳을 선정하였다. 또한 곡간 논 특성으로는 주변의 용배수도가 흙으로 되어 있으며, 논 내에 온수로나 둑병이 조성된 곳으로 수서생물의 좋은 서식 환경조건을 나타내고 있다. 반면에 들의 경지정리가 이루어진 논은 용배수도가 시멘트로 되어 있어서, 주변으로부터 수서생물의 이동이 원활하지 않고, 논을 중심으로 한 논생태계의 구조가 매우 단순화되어 있는 특성을 나타내고 있다.

수서무척추동물은 논 내에서 아래와 위가 트인 사각형의 아크릴 틀(높이 20 cm, 가로 50 cm, 세로 20 cm)을 이용하여 벼 포기사이에 고정하고, 논물을 차단한 후 논물을 망목 150 μ m의 망에 걸러서 채집하였고, 이러한 것을 동일 논 내에서 3반복 실시하였다. 채집된 수서무척추동물은 70% 에탄올에 고정하고 해부 현미경(Leica DE/MZ 7.5)으로 동정하였다(Kurosawa *et al.*, 1985; Tanida, 1985).

출현빈도 및 분포도 작성

각 지역별로 조사된 물땡땡이류의 전국적 분포를 확인하기 위한 각 출현종의 출현빈도는 다음과 같이 계산하였다.

$$F = n/N \times 100$$

출현종의 출현빈도 산출식에서 F(%)는 곡간 또는 들에 위치한 논에서 대상 종의 출현빈도, n은 대상 종이 출현한 시·군(구역)의 수, N은 조사한 전체 시·군(구역) 수(133구역)이다.

곡간과 들을 통합한 출현빈도(Ft)는 다음과 같이 계산하였다.

$$F_t = (n_1 + n_2 - a) / N \times 100$$

곡간과 들을 통합한 출현빈도 산출식에서 n1은 곡간에서 대상 종이 출현한 시·군의 수, n2는 들에서 대상 종이 출현한 시·군의 수, a는 곡간과 들에서 공통으로 대상 종이 출현한 시·군의 수이다.

지역적 특이성을 나타내는 주요 물땡땡이류에 대한 분포도는 우리나라를 170개 지역으로 구분하여 ArcGIS 9.1프로그램을 통하여 제작하였다.

결과 및 고찰

논생태계에 서식하는 물땡땡이과의 출현 특성

본 연구에서 채집된 물땡땡이과는 톱물땡땡이아과의 잔등볼록물땡땡이(*Coelostoma orbiculare*)와 등볼록물땡땡이(*C. orbiculare*) 2종, 점물땡땡이아과의 애늪적물땡땡이(*Enochrus simulans*), 한일늪적물땡땡이(*E. uniformis*), 좀물땡땡이(*Helochares striatus*) 및 점물땡땡이(*Laccobius bedeli*) 4종, 물땡땡이아과의 북방물땡땡이(*Hydrochara libera*), 잔물땡땡이(*H. affinis*), 물땡땡이(*Hydrophilus acuminatus*) 및 애물땡땡이(*Sternolophus rufipes*) 4종, 알물땡땡이아과의 알물땡땡이(*Amphiops mater*) 1종, 점박이물땡땡이아과의 새가슴물땡땡이(*Berosus japonicus*), *B. elongatulus* (Jordan), 점박이물땡땡이(*B. signaticollis punctipennis*) 및 뒷가시물땡땡이(*B. lewisius*)이 4종으로 총 6아과의 15종이었다.

전국 조사지역에서 각 종의 출현빈도를 Table 1에 나타냈다. 그 결과, 전국적으로 가장 출현빈도가 높은 종은 애늪적물땡땡이로 조사지 시·군에서 98.6%의 출현빈도를 나타냈다. 이 외에도 점물땡땡이(87.7%), 애물땡땡이(57.2%) 및 알물땡땡이(58.0%)가 높은 출현빈도를 나타냈다. 조사지 위치에 따른 곡간과 들에서 채집된 동일종의 분포 특성을 살펴보면, 논 내에 출현한 물땡땡이과 중에서 한일늪적물땡땡이를 제외한 14종은 경지정리가 이루어진 들보다는 곡간에 위치한 논 내에서 출현 빈도가 높은 것으로 확인되었다(Table 1). 출현종의 전체 평균 출현빈도를 보면 곡간이 33.7%인 반면에 들은 매우 낮은 5.0%를 나타냈다. 특히 잔등볼록물땡땡이(출현빈도 8.0%)와 북방물땡땡이(출현빈도 17.4%)는 곡간에서 출현빈도가 각각 8.0%와 17.4%로 나타났지만, 들에서는 전혀 나타나지 않는 것으로 확인되었다. 이들 종은 인위적으로 경지정리된 논생태계에 대한 적응 능력이 다른 종에 비하여 상당히 약하다는 것을 알 수 있다. 반면에 전국 논에서 가장 많이 출현하는 애늪적물땡땡이는 곡간의 출현빈도(97.1%)뿐만 아니라, 들에서도 높은 출현빈도(34.8%)를 나타냄으로써 현재 정비된 논에서 가장 잘 적응한 종으로서 향후 더욱 우점할 것으로 판단된다.

곡간과 들 두 지역을 포함하여 낮은 출현빈도(6개 시·군이

Table 1. Frequency of occurrence of Hydrophilidae in paddy fields

Subfamily	Scientific name	Frequency of occurrence (%) [†]		
		Mountainous region	Open field region	Total [‡]
Sphaeridiinae	<i>Coelostoma orbiculare</i>	8.0	0	8.0
	<i>Coelostoma stultum</i>	2.2	0.7	2.9
Hydrobiinae	<i>Enochrus simulans</i>	97.1	34.8	98.6
	<i>Enochrus uniformis</i>	0.7	0.7	1.4
	<i>Helochares striatus</i>	61.6	1.5	62.3
	<i>Laccobius bedeli</i>	86.2	2.2	87.7
Hydrophilinae	<i>Hydrochara libera</i>	17.4	0	17.4
	<i>Hydrochara affinis</i>	36.2	3.6	37.0
	<i>Hydrophilus acuminatus</i>	5.8	0.7	6.5
	<i>Sternolophus rufipes</i>	55.8	4.3	57.2
Chaetartrinae	<i>Amphiops mater</i>	57.2	0.7	58.0
Berosinae	<i>Berosus japonicus</i>	3.6	0.7	4.3
	<i>Berosus elongatulus</i>	11.6	0.7	12.3
	<i>Berosus signaticollis punctipennis</i>	21.7	2.9	24.6
	<i>Berosus lewisius</i>	39.9	21.7	39.9
Average		33.7	5.0	34.5

[†]Frequency of occurrence (%) = the number of regions with a particular species/the total number of surveyed regions (138 cities or provinces) × 100

[‡]Total is a value as a result of integrating the mountainous region and the open field region.

하로 출현)를 나타내는 종은 한일넓적물뽕이(1.4%), 등불록물뽕이(2.9%) 및 새가슴물뽕이(4.3%) 3종이었다(Table 1). 한일넓적물뽕이는 문경시 곡간과 제주시 들 지역의 2개 지역에서만 확인되었다. 등불록물뽕이는 남양주시 곡간, 태안군 곡간, 예천군 곡간 및 제주시 들 지역의 4개 지역에서만 확인되었다. 새가슴물뽕이는 거제시, 남해군, 고성군, 통영시 및 사천시의 곡간과 제주시 들 지역의 6개 지역에서만 확인되었다. 따라서, 3종의 물뽕이류에 대해서는 경지정리 등 환경변화에 따라 밀도 및 분포지역이 더욱 줄어들 가능성이 높은 것으로 판단되며, 서식지 환경 및 생태 특성에 대한 연구가 시급히 이루어져야 할 것이다.

특정 분포 양상을 나타내는 종

논 내에 서식하는 물뽕이류 중에서 잔물뽕이, 애물뽕이, 알물뽕이, *Berosus elongatulus*, 점박이물뽕이, 뒷가시물뽕이 및 북방물뽕이 7종은 특정한 분포 한계(지역적 특이성)를 나타내는 것으로 확인되었다(Fig. 1).

잔물뽕이의 주요 분포지역은 경기도, 충청남도 및 경상북도로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 1마리/m², 평균 밀도는 1마리/m²로 최대밀도와 평균밀도가 동일하였다.

애물뽕이의 주요 분포지역은 충청남도, 전라남도 및 경상남북도로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 3.7마리/m²(전라남도 담양군)이며, 평균 밀도는 1마리/m²이다. 전라남도 담양군 이외에도 전라남도 장흥군(2.7마리/m²)과 충청남도 아산시(2.7마리/m²)에서 상대적으로 높은 밀도를

나타냈다.

알물뽕이의 주요 분포지역은 경기도, 충청남도, 전라남도 및 경상남북도로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 1마리/m², 평균 밀도는 1마리/m²로 최대 밀도와 평균밀도가 동일하였다.

긴뒷가시물뽕이의 주요 분포지역은 전라남도로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 1마리/m²이며, 평균 밀도는 0.9마리/m²이다. 본 종은 Han et al.(2010)에 의해서 국내에서 처음 기재되었다.

뒷가시물뽕이의 주요 분포지역은 경상남도과 경상북도로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 32.7마리/m²(경상남도 하동군)이며, 평균 밀도는 3.3마리/m²이다. 다른 물뽕이와 비교하면 출현 지역에서 높은 밀도를 나타내고 있었다. 그 중에서도 특히 경상남도 하동군을 포함하여 경상남도 밀양시(26.3마리/m²)와 합천군(16.3마리/m²), 대구광역시 달성군(28마리/m²), 경상북도 성주군(16마리/m²)과 김천시(22.3마리/m²)가 높게 나타났다. 본 종은 유사종인 긴뒷가시물뽕이와 분포역에 있어서 연결성을 나타내고 있지만, 중복하지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 이 두 종은 분포 지역이 확실히 구분되어 있음을 알 수 있다.

점박이물뽕이의 주요 분포지역은 경기도 및 강원도 일대로 나타났으나, 조사 지점별 최대 밀도는 강원도 삼척시(6.7마리/m²)로 나타났으며, 평균 밀도는 1.1마리/m²이다.

북방물뽕이의 주요 분포지역은 충청북도, 경상북도 및 경기도 일부로 나타났으며, 조사 지점별 최대 밀도는 1마리

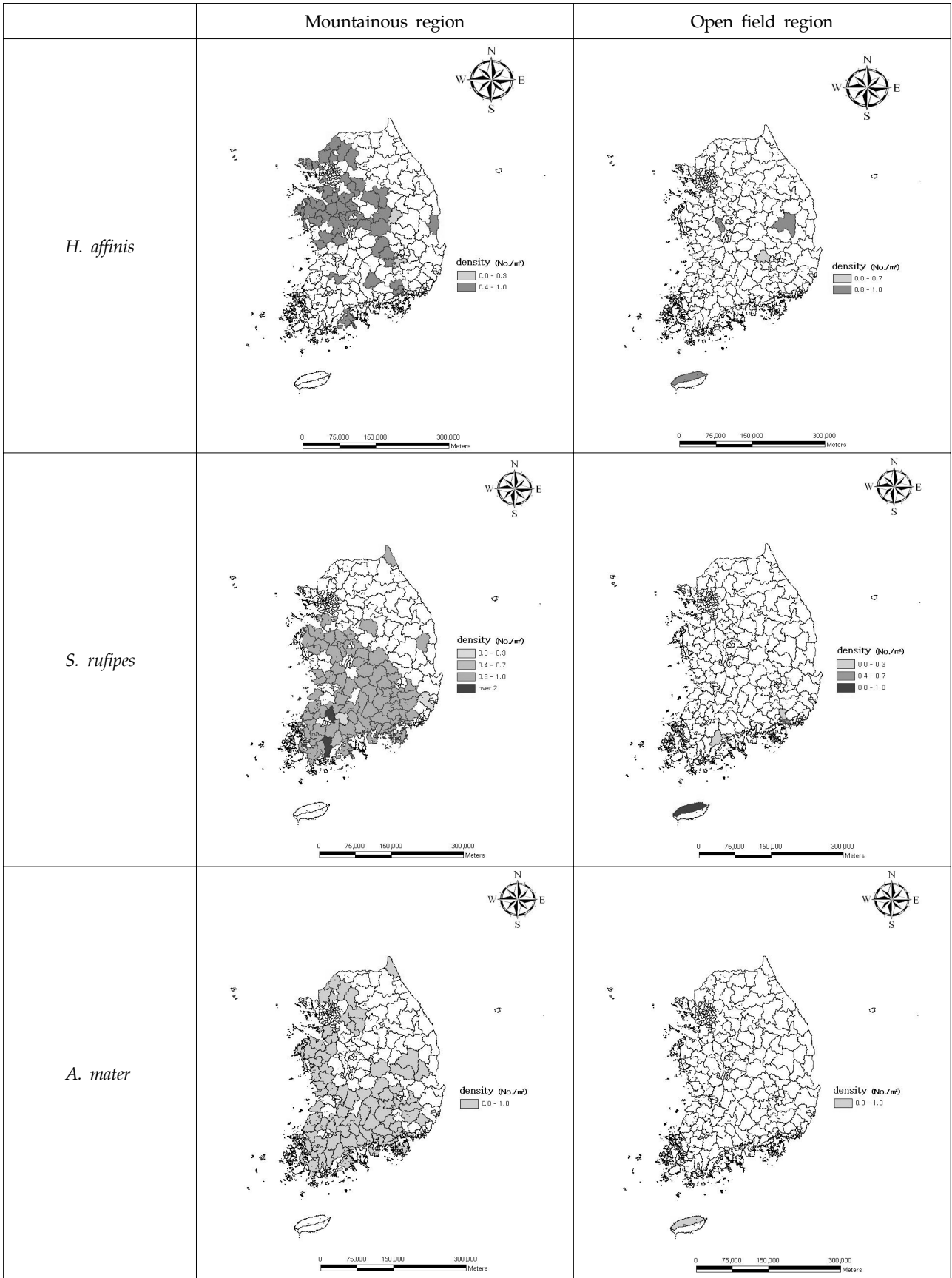


Fig. 1. Distribution of Hydrophilidae (seven species) in Korean paddy field.(Continued)

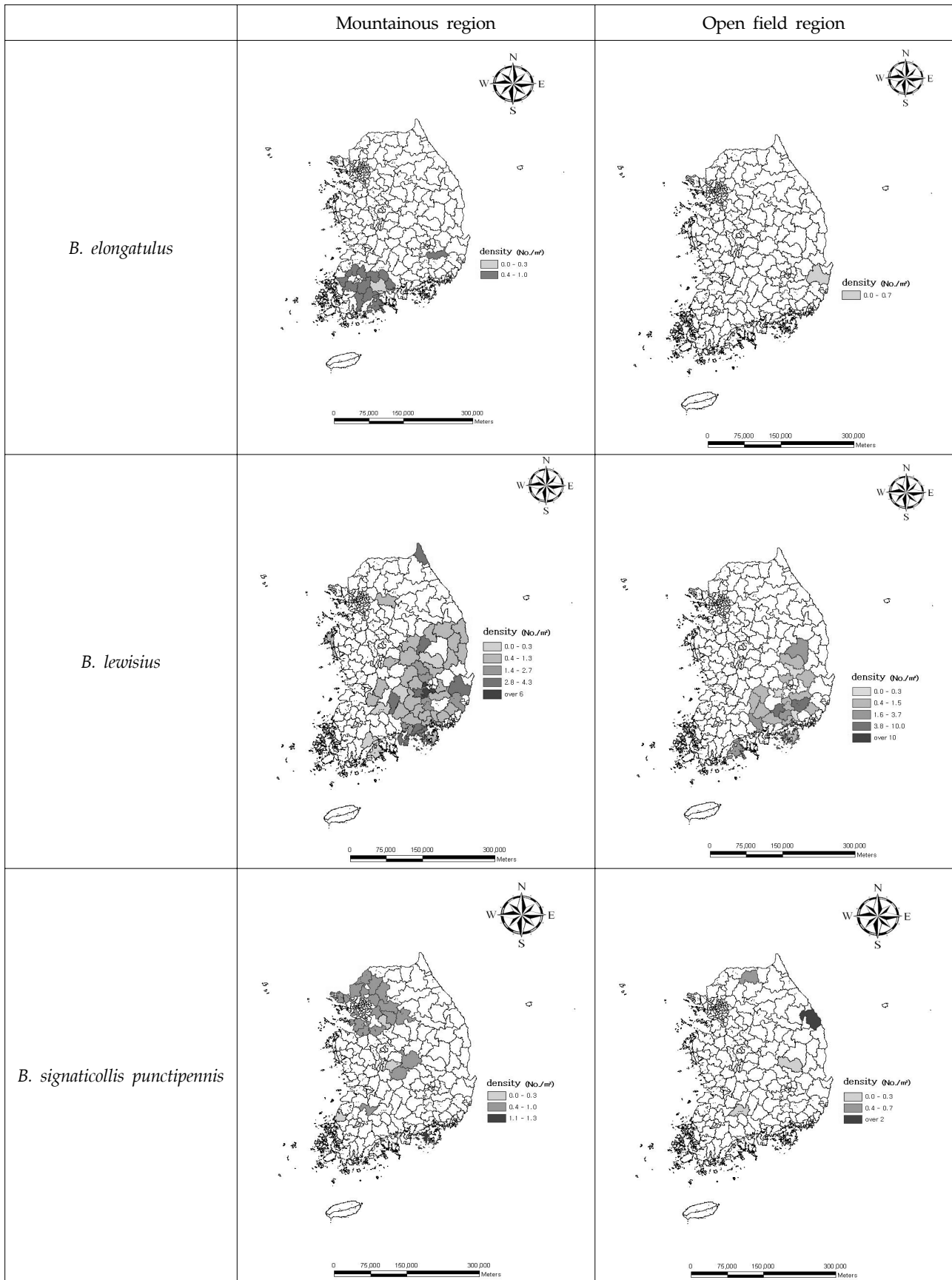


Fig. 1. Distribution of Hydrophilidae (seven species) in Korean paddy field.

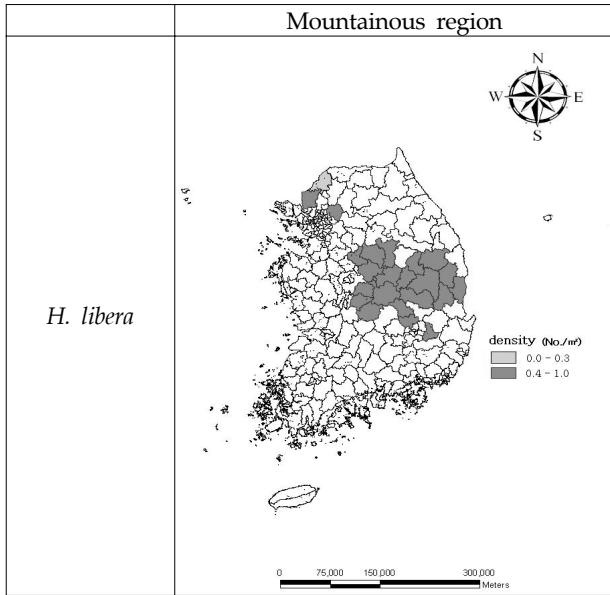


Fig. 1. Distribution of Hydrophilidae (seven species) in Korean paddy field.

/m²이며, 평균 밀도는 1마리/m²이다.

위에서 언급한 것과 같이 우리나라 논에 서식하고 있는 물땡땡이류는 지역 특이성을 나타내고 있었다. 크게 분류하면 잔물땡땡이, 점박이물땡땡이 및 북방물땡땡이는 남한의 북쪽에 주로 분포하고 있으며, 애물땡땡이, 알물땡땡이, 긴뒷가시물땡땡이 및 뒷가시물땡땡이는 남쪽에 주로 분포하고 있다고 할 수 있다. 이 중에서 특히 우리나라의 기후적 특성에 가장 유사하게 분포하는 종은 애물땡땡이, 알물땡땡이 및 북방물땡땡이였다. 애물땡땡이와 알물땡땡이는 남쪽에 주로 분포하면서 서해안을 따라서 분포하는 특성을 나타내고 있으며, 북방물땡땡이는 경상북도 경산시가 가장 남쪽에 위치하는 서식지로 나타났다. 따라서, 본 3종은 최근 전세계적으로 관심이 되고 있는 기후변화의 지표종으로 국내에서 활용성이 매우 높다고 할 수 있다. 우리나라의 농업기후지대(Choi *et al.*, 1985; Shim *et al.*, 1999)와 비교하면, 북방물땡땡이는 태백고냉지대, 태백준고냉지대, 소백산간지대, 영남내륙산간지대, 중북부내륙지대, 중부내륙지대, 영남분지지대, 동해안북부지대 및 동해안중부지대에 분포하였다. 애물땡땡이는 북방물땡땡이와 중복되지 않는 노령소백산간지대, 소백서부내륙지대, 노령동서내륙지대, 호남내륙지대, 영남내륙지대, 중서부평야지대, 차령남부평야지대, 남서해안지대, 남부해안지대 및 동해안남부지대에 분포하였다. 알물땡땡이는 애물땡땡이와 비슷한 분포양상을 나타내지만 일부 지역에서 북방물땡땡이와 중복되는 경향을 나타냈다. 기후적 특성을 나타내지는 않지만, 지역적 분포를 나타내는 나머지 4종의 분포 특성을 살펴보면, 잔물땡땡이와 점박이물땡땡이는 경기도를 중심으로 경상도 일부와 충청도 일부에 분포하며, 긴뒷가시물땡땡이는 전라남도를 중심으로 분포하고, 뒷가시물땡땡이는 경상도를 중심으로 분포함으로써, 크게 3지역으로 나뉘어 분포하고 있었다. 물땡땡이류는 논생태계 내에서 상위 포식자의 역할을

하고 있으며, 그 지역의 환경특성에 적응한 종이 우점하게 된 결과라고 판단된다. 이들의 분포 특성에 영향을 주는 요인으로는 기후요인, 토양요인, 영농방법이 있을 것이다. 이들 요인에 대한 정확한 원인 규명을 위해서는 각 종에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다. 논생태계에서 물땡땡이류의 분포 특성에 영향을 주는 요인으로는 기후, 토양, 영농방법 등 직간접적인 요인이 있을 것이며, 그 지역의 환경특성에 적응한 종이 우점하게 된 결과라고 판단된다.

요 약

논을 포함한 주변의 일시적 또는 연속적인 정수지를 가지는 논생태계는 다양한 수서생물의 서식처를 제공함으로써 국가 생물다양성 확보를 위한 중요한 역할을 하고 있다. 하지만, 최근 수로정비, 경지정리 등에 의해서 서식환경에 변화가 일어나고 있으며, 앞으로도 계속적으로 일어날 것이다. 따라서, 본 연구에서는 논생태계 내에 출현하는 수서곤충 중에서 상위 포식자 역할을 하고 있는 물땡땡이류의 전국 분포 조사를 하였다. 그 결과 논 내에서 총 15종의 물땡땡이류가 확인되었다. 그중 전국적으로 애넓적물땡땡이(98.6%)와 점물땡땡이(87.7%)가 높은 출현빈도를 나타냈다. 대부분의 물땡땡이류는 경지정리가 이루어진 들에 위치한 논(33.7%)보다는 곡간에 위치한 논(5.0%)에서 출현빈도가 높았다. 한일넓적물땡땡이(1.4%), 등볼록물땡땡이(2.9%) 및 새가슴물땡땡이(4.3%) 3종은 곡간과 들 모든 지역에서 낮은 출현빈도를 보였다. 잔물땡땡이, 애물땡땡이, 알물땡땡이, *Berosus elongatulus*, 점박이물땡땡이, 뒷가시물땡땡이 및 북방물땡땡이 7종은 지역 특이적 분포 특성을 나타냈다. 이러한 종들은 향후 기후변화를 포함한 농업환경변화에 따른 논생태계 생물의 변화를 연구함에 있어서 좋은 지표로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 여젠다과제(과제번호 200901FTH 051430505 농경지 출현 수서생물 분포도 작성)를 수행하면서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

참고문헌

Choi, D.H., Jung, Y.S., Kim, B.C., Kim, M.S., 1985. Zoning of agroclimatic regions based on climatic characteristics during the rice planting period, *Korean J. Crop Sci.* 30(3), 229-235.

Han, M.S., Shin, J.D., Na, Y.E., Lee, N.J., Park, M.H., Kim, S.G., 2002. Changes of invertebrate density in rice paddies of different fertilizer managements in demonstration villages of sustainable agriculture, *Korean J. Environ. Agric.* 21(2), 96-101.

Han, M.S., Kang, K.K., Na, Y.E., Bang, H.S., Kim, M.H., Jung, M.P., Lee, J.T., Hong, H.K., Yoon,

- D.U., 2010. Aquatic invertebrate in paddy ecology of Korea, pp. 332-376, Kwang Moon Dang Press, Suwon, Korea.
- 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., Lee, D.B., 2007. Ecological analysis and environmental evaluation of aquatic insects in agricultural ecosystem, *Korean J. Appl. Entomol.* 46(3), 335-341.
- Kurosawa, K., Hisamatsu, S., Sasaji, H., 1985. Colored illustrations of the coleoptera of Japan, Volume III. Hoikusha Publishing, Osaka, Japan. 500 pp.
- Lee, S.H., Cho, Y.B., Lee, C.E., 1993. Some addition to the Hydrophilidae of Korea II (Coleoptera), *Nature and Life (Korea)* 23(2), 145-149.
- Lee, S.H., Lee, C.E., Park, H.C., 1988. A taxonomy of the aquatic Hydrophilidae of South Korea (Coleoptera), *Nature and Life (Korea)* 18(2), 79-91.
- Shim, K.M., Lee, J.T., Yun, S.H., Choi, D.H., 1999. Determination of safe cropping season in direct-seeding of rice on flooded paddy by using effective temperatures in agroclimatic zones, *Korean J. Agric. Forest Meteorol.* 1(1), 1-9.
- Tanida, K., 1985. An illustrated book of aquatic insects of Japan, Tokai University Press, Tokyo., pp. 1-198.
- Yoon, S.M., 2008. Taxonomic study of the Genus *Cercyon* (Coleoptera, Hydrophilidae) in Korea. M.S. Thesis, Hannam National University, Daejeon, Korea.