

# 미소서식지 특성에 따른 긴호랑거미 (*Argiope bruennichi*)의 웹 구조 분석

김길원\* / 김덕래\*\* / 진우영\*\*\*

## Web Structure of the Wasp Spider, *Argiope bruennichi*, Depending on Micro-Habitat Characteristics

Kil Won Kim\* / Duk Rae Kim\*\* / Woo Young Jin\*\*\*

**요약** : 거미의 건축행동은 유전적 요인의 제한을 받지만 서식지의 다양한 환경 요인을 반영하는 먹이 사냥을 위한 투자 행동이며, 능동적인 의사결정의 반영이다. 본 연구는 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)를 대상으로 나대지('dry field')와 논습지('wet field')에 서식하는 개체가 건축한 웹의 물리적 구조를 정량적으로 측정 비교하였다. 습도 46.4%인 나대지(인천시 천마산)에서 35개체, 습도 73.9%의 논습지(충남 태안군)에서 13개체의 웹 구조가 분석되었다. 상대적으로 습도가 낮고 초본이 우거진 나대지 환경에 건축하는 개체의 경우 논습지 환경과 비교해 더 많은 거미실을 투자해(32.5±12.8 vs. 16.9±5.4 개의 나선실 사용), 더 넓은 웹을 건축하였다(976±643cm<sup>2</sup> vs. 532±254cm<sup>2</sup>). 또한 나대지에 서식하는 개체가 논습지 개체에 비해 더 높은 웹을 건축하는 것으로 나타났다(71.4±39.6cm vs. 49.6±31.2cm). 흰띠줄 건축행동을 측정한 결과 나대지의 개체가 상대적으로 큰 흰띠줄을 건축하는 것으로 나타났다(18.8±3.4cm vs. 3.9±3.2cm). 웹의 기울기를 측정한 수직경사와 동서경사의 경우 나대지와 논습지에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 본 연구 결과는 성체 암컷 긴호랑거미가 환경 요인에 따라 건축행동을 변화시킬 수 있다는 것을 시사한다.

**핵심용어** : 건축행동, 미소서식지, 긴호랑거미

**Abstract** : Web building of the spider is an investment behavior for prey foraging with genetic constraint. Individual's decision-making on the web construction depends on diverse environmental variables. This study investigated web structure of the wasp spider, *Argiope bruennichi*, to compare individual's behaviors in dry field and in wet field. We measured 35 web structures in dry field (Chunma-San, Incheon) showing relatively low humidity (46.4%) and luxuriant herbage, and 13 web structures in the wet rice field (73.9%; Taean-Gun, Chungnam). Comparing to the wet field the individuals in the dry field invested significantly more silk: 32.5±12.8 number of silk spirals used in the dry field vs. 16.9±5.4 in the wet field. The web area of the dry field was greater than that of the wet field: 976±643cm<sup>2</sup> vs. 532±254cm<sup>2</sup>. The web height, distance between the ground and the center of the web, appeared higher in the dry field than in the wet field: 71.4±39.6cm vs. 49.6±31.2cm. Also the web constructed in the dry field showed longer stabilimentum than the web of the wet field: 18.8±3.4cm vs. 3.9±3.2cm. The perpendicular inclination and the inclination to East-West of the web showed no difference between the two fields. This study suggests that adult females of *A. bruennichi* could modulate its construction behavior depending on the micro-habitat factors.

**Keywords** : Construction Behavior, Micro-Habitat, *Argiope bruennichi*

+ Corresponding author : kilwon@incheon.ac.kr  
\* 정희원 · 인천대학교 자연과학대학 생명과학부 교수  
\*\* 정희원 · 인천대학교 자연과학대학 생명과학부  
\*\*\* 정희원 · 인천대학교 자연과학대학 생명과학부

## 1. 서 론

공중에 웹을 건축하여 사냥을 하는 소위 ‘sit-and-wait’ 거미의 행동은 특별한 방해 요인이 없는 한 건축행동의 시작에서 마무리까지 유전적으로 프로그래밍된 패턴에 따라 실행되는 정형화된 과정으로 간주되었었다. 하지만 최근의 연구들은 거미의 건축행동을 유전적 요인의 제한을 받지만 개체의 생리적 상태와 다양한 환경 요인을 반영한 의사결정 과정으로 해석한다 (Sherman, 1994; Fœlix, 1996; Vollrath 등, 1997).

대부분의 육상 생태 환경에 서식하는 포식자(ubiquitous predator)인 거미의 웹 건축행동은 적절한 장소와 위치(방향) 결정에서부터 투자한 거미실의 재활용까지 먹이 사냥을 위한 투자 행동이며, 연속적인 의사결정(decision making)의 반영이다. 개체를 둘러싼 환경은 거미의 포식 전략에 가장 중요한 변인을 제공한다.

거미의 건축물은 당장의 무생물 환경 요소를 반영한다(Fœlix, 1996). 서식지의 온도 변화에 따라 거미의 건축행동이 조절될 수 있음을 시사하는 연구 결과가 있으며(Li와 Jackson, 1996), 주변 공간의 구조(Krink와 Vollrath, 2000; Bruce 등, 2004; Nørgaard 등, 2007), 바람의 방향과 세기, 빛의 강도(Adams, 2000), 습도 변화(Vollrath 등, 1997) 등도 거미의 의사결정에 영향을 미칠 수 있을 것이다.

개체를 둘러싼 생물 환경 또한 거미의 건축행동에 영향을 미칠 수 있는 요인이다. 먹이 자원의 특징들, 즉 먹이의 밀도(Lubin와 Henschel, 1996), 가용성(Edgar, 1971; Kronk와 Riechert, 1979; Morse와 Fritz, 1982), 먹이의 종류(Fœlix, 1996) 등에 의해 개체는 선택적 의사결정을 할 수 있다. 보다 풍부한 먹이 자원을 확보하기 위해 가만히 앉아서 먹이가 오기를 기다리는 행동을 넘어선 적극적인 포식 전략을 진화시킬 수 있는 것이다.

왕거미과(Araneidae)에 속한 거미들은 공중에 원형의 그물을 건축하여 먹이를 사냥한다. 왕거미과에 속한 일부 거미들은 웹 중앙에 얼른 눈에 뜨

이는 흰색의 구조물을 만든다(Fœlix, 1996). 선명한 흰색으로 보이는 이 흰띠줄(stabilimentum)은 대개 지그재그 형태를 보이는데, 거미종에 따라 X자 모양, 나선 모양 등 다양하게 나타난다. 우리나라의 풀숲이나 논, 밭 분포 지역에서 가장 흔하게 관찰되는 거미 중 하나인 왕거미과에 속한 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)의 성체는 둥근 웹의 중앙에서 위 아래로 곧게 뻗은 일자형의 흰띠줄을 만든다. 이 흰띠줄은 웹 건축 과정의 가장 마지막에 만들어진다.

거미실을 분비해서 만드는 건축물의 물리적 구조는 비교적 쉽게 정량화될 수 있고, 건축에 드는 에너지를 추정할 수 있다. 다양한 환경 요인들에 따라 거미의 포식 전략이 역동적이고 능동적으로 변화하는지를 밝히고자 수행된 예비 연구로써, 본 연구는 긴호랑거미를 대상으로 서식지 환경 요인 중 습도 차이가 가장 심하게 나는 나대지 환경과 논습지 환경의 웹 건축물의 구조를 비교하였다.

## 2. 연구방법

긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)는 보통 암컷은 2.0-2.5cm, 수컷은 0.8-1.2cm의 몸 크기를 가진다. 가슴 부분은 밝은 흰색의 짧은 털로 덮여 있고, 배는 수직으로 길며 황색과 검은색의 가로 줄무늬가 있다. 공중에 둥근 모양의 웹(orb-web)을 짓고 중앙에 선명한 흰색의 자외선 반사율이 높은 수직으로 긴 일자형의 흰띠줄(stabilimentum)을 장식한다. 아성체(subadult) 단계에서는 웹 중앙에 나선형으로 동그랗게 흰띠줄을 만드는 것이 성체와 구별되는 특성 중 하나이다. 8월에서 10월에 걸쳐 성체가 되고 번식한다. 호리병 모양의 알집을 만들고 나뭇가지 등에 메달아 월동한다. 우리나라를 비롯한 아시아 지역은 물론 세계적으로 광범위하게 분포하는 거미종이다(Im와 Kim, 2000).

우리나라의 대표적인 논거미(Im와 Kim, 2000)인 긴호랑거미는 개체수가 풍부하고 눈에 띄이는 흰띠줄 때문에 채집이 용이하다. 또한 흰띠줄 모양으로부터 개체의 성장 단계를 쉽게 파악할 수

있고 실험실 환경에도 잘 적응하여 실험 연구를 위한 모델 생물종으로 적합하다고 본다. 긴호랑거미의 건축행동은 새벽에 일어난다. 낮 동안에는 웹을 보수하지 않는다.

인천시 천마산 일대(위도: 37°27'43.88"N; 경도: 126°44'59.87"E)에 '나대지(dry field)'와, 충남 태안군 근흥면 정죽1리(위도:36°41'53.29"N; 경도: 126°11'44.62"E) '논습지(wet field)'를 비교 대상 서식지로 설정하였다. 2009년 9-10월에 각 지역에서 긴호랑거미의 미소서식지(micro-habitat)를 관찰하고 습도를 측정하였다. 암컷 성체를 대상으로 각 개체의 웹 구조를 관찰하였다.

측정된 변수는 웹의 높이(web height): 바닥면에서 웹의 중앙(hub)까지의 길이, 장직경(longer diameter): 웹의 가장 긴 직경으로 보통 수직직경에 해당, 단직경(shorter diameter): 웹의 가장 짧은 직경으로 보통 수평직경에 해당, 장반경(longer radius): 웹의 중앙에서 가장 먼 거리에 있는 마지막 점착실(spiral)까지의 거리, 단반경(shorter radius): 웹의 중앙에서 가장 가까운 거리에 있는 마지막 점착실까지의 거리, 웹의 면적: 장직경/2x단직경/2x $\pi$ , 점착실 개수, 상부 흰띠줄 길이: 웹의 중앙에서 위쪽으로 건축한 흰띠줄의 길이, 하부 흰띠줄 길이: 웹의 중앙에서 지면을 향해 건축한 흰띠줄의 길이, 흰띠줄 전체 길이: 상부 흰띠줄 길이 + 하부 흰띠줄 길이, 수직경사(perpendicular inclination): 지면에서 수직인 선으로부터 기울어진 웹의 각도, 동서경사(inclination to EW): 동서직선으로부터 기울어진 웹의 각도 등이다. 또한 웹에 걸려 있는 먹이종을 수집해 분류군을 확인하였다.

각 측정 변수에 대한 서식지 간의 비교는 독립된 두 집단 간의 측정값을 비교하는 비모수추정법인 Mann-Whitney U test를 사용하여 통계적으로 분석하였다. 분석에는 StatView version 5.0 (SAS Institute 2001)을 사용하였다.

### 3. 연구결과

인천시 천마산 일대 나대지('dry field')에서는

모두 35개의 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*) 웹이 측정되었고, 충남 태안군 논습지('wet field')에서는 모두 13개체의 웹이 측정되었다. 측정된 모든 개체는 성체이고 암컷이었다.

나대지의 미소서식지 습도는 46.4%(±10.9)로 논습지 서식지에서 측정된 습도 73.9%(±0) 보다 더 건조하다(Mann-Whitney U test: U=455, P<0.0001, n1=35, n2=13). 나대지는 주로 버려진 밭 주변에 형성된 일년생 또는 다년생 초본이 우점종을 이루는 지역으로 물이 있는 논습지에 형성된 초본에 비해 상대적으로 폐쇄적인 공간을 제공한다.

각 서식지에서 측정된 웹 구조에서 나대지에 건축한 웹에서 장직경(longer diameter), 단직경(shorter diameter), 장반경(longer radius), 단반경(shorter radius)이 모두 유의미하게 크게 나타났다(Fig. 1). Fig. 1에서 나대지는 'Dry Field', 논습지는 'Wet Field'로 표기하였다. 웹 장직경의 경우 나대지에서 39.7±12.9cm(mean±SD)로 27.8±6.9cm로 측정된 논습지의 경우보다 더 크게(Mann-Whitney U test: U=97, P=0.0025, n1=35, n2=13), 단직경의 경우 또한 나대지에서 29.0±11.2cm로 논습지 웹의 단직경(23.1±5.5cm) 보다 더 크게 나타났다(U=142, P=0.0486, n1=35, n2=13). 그리고 장반경과 단반경의 경우도 나대지에서 각각 22.7±8.6cm와 16.7±6.2cm로 논습지에서 15.8±4.4cm와 12.6±3.7cm에 비해 컸다(장반경: U=115, P=0.0094; 단반경: U=135, P=0.0328).

나대지에 건축한 웹 면적(976±643cm<sup>2</sup>)이 논습지에 건축한 웹 면적(532±254cm<sup>2</sup>)에 비해 월등히 큰 것으로 나타났다(Fig. 2; Mann-Whitney U test: U=122, P=0.0144, n1=35, n2=13). 나선실(spiral)의 개수 또한 나대지에 서식하는 긴호랑거미 개체는 하나의 웹에 평균 32.5±12.8 개의 나선실을 사용하는데 반해 논습지의 개체는 상대적으로 적은 16.9±5.4 개의 나선실을 사용하는 것으로 나타났다(U=61, P=0.0001). 즉, 논습지 개체의 경우 하나의 웹 건축에 투자하는 거미실의 길이가 월등히 작은 것으로 보인다.

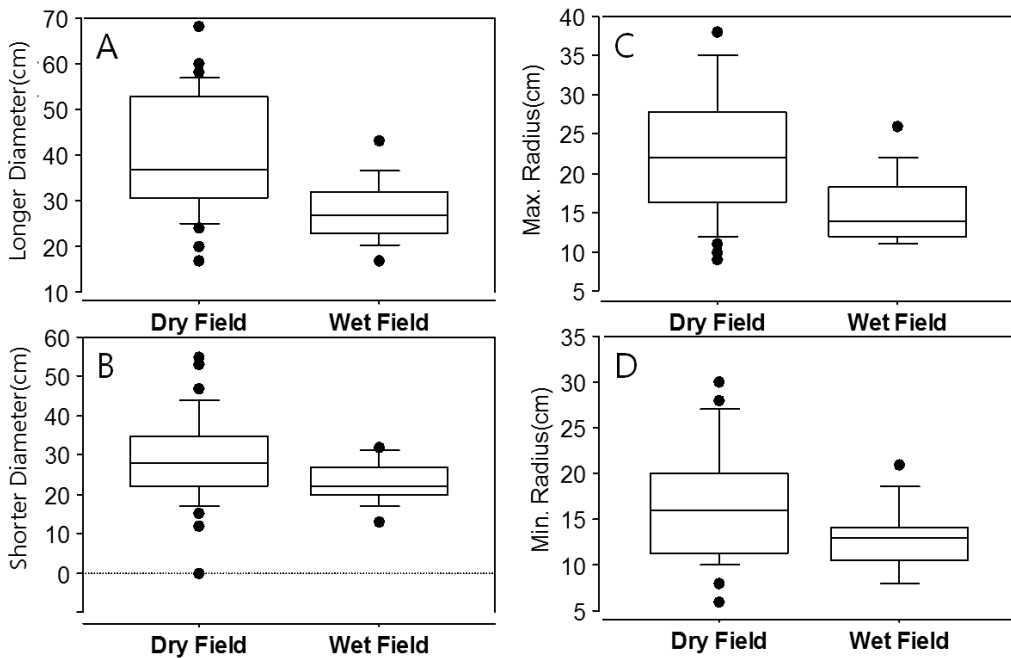


Fig. 1 Comparison of the web diameter and radius in *Argiophe bruennichi* between dry field and wet field.

'Longer diameter'(A) and 'shorter diameter'(B) refers to the longer vertical diameter of the web and the shorter horizontal diameter respectively. 'longer radius'(C) and 'shorter radius'(D) refers to the longer line segment from its center to its outer boundary spiral and the shorter line segment from its center to its outer boundary spiral. The lines displayed in box plots represent 10th percentile, 25th percentile, median, 75th percentile, 90th percentile, and the black dots represent observations above 90th percentile and below 10th percentile including maximum and minimum values.

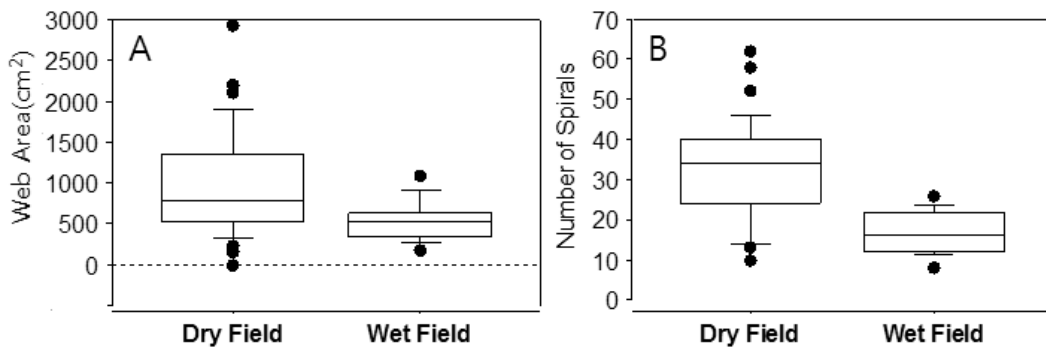


Fig. 2 Comparison of the web area(A) and the number of spirals(B) in *Argiophe bruennichi* between dry field and wet field.

The lines displayed in box plots represent 10th percentile, 25th percentile, median, 75th percentile, 90th percentile, and the black dots represent observations above 90th percentile and below 10th percentile including maximum and minimum values.

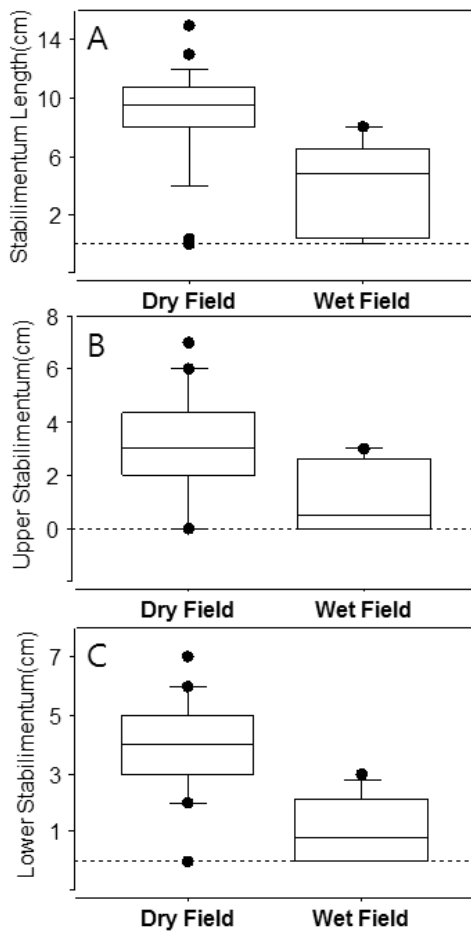


Fig. 3 Comparison of stabilimentum length of *Argiope bruennichi* between dry field and wet field.

A, B and C graphs refer to the total length of stabilimentum, length of upper stabilimentum, and length of lower stabilimentum respectively. The lines displayed in box plots represent 10th percentile, 25th percentile, median, 75th percentile, 90th percentile, and the black dots represent observations above 90th percentile and below 10th percentile including maximum and minimum values.

흰띠줄 건축행동을 측정한 결과 나대지의 개체가 상대적으로 큰 흰띠줄을 건축하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 흰띠줄 전체 길이의 경우 나대지에서  $8.8 \pm 3.4\text{cm}$ 와 논습지에서  $3.9 \pm 3.2\text{cm}$ (Mann-

Whitney U test:  $U=60$ ,  $P=0.0001$ ,  $n_1=35$ ,  $n_2=13$ ), 상부 흰띠줄의 길이는 나대지에서  $3.1 \pm 1.9\text{cm}$ 와 논습지에서  $1.1 \pm 1.3\text{cm}$ ( $U=64$ ,  $P=0.0065$ ), 그리고 하부 흰띠줄의 길이는 나대지에서  $3.9 \pm 1.5\text{cm}$  논습지에서  $1.1 \pm 1.2\text{cm}$ ( $U=23$ ,  $P<0.0001$ )로 나타났다.

지상에서 웹의 중앙까지를 측정한 웹 높이의 경우 나대지의 개체가 논습지의 개체에 비해 더 높이 웹을 건축하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 나대지의 경우 평균  $71.4 \pm 39.6\text{cm}$  높이에 그리고 논습지의 경우  $49.6 \pm 31.2\text{cm}$  높이에 웹 중앙 부분(hub)을 건축하였다(Mann-Whitney U test:  $U=122$ ,  $P=0.0240$ ,  $n_1=35$ ,  $n_2=13$ ). 지상 면에서 수직을 이루는 선으로부터 웹의 기울기를 측정한 수직경사의 경우 나대지의 경우  $16.9 \pm 12.6^\circ$ 로 논습지의 경우  $22.0 \pm 9.3^\circ$ 로 유의미한 차이를 보이지 않았다( $U=169$ ,  $P=0.1747$ ). 동서 직선에 대한 웹의 기울기를 측정한 동서경사의 경우 또한 나대지에서  $87.8 \pm 52.7^\circ$ , 논습지에서  $103.8 \pm 38.4^\circ$ 로 유의미한 차이는 보이지 않았다( $U=187$ ,  $P=0.3534$ ).

각 서식지의 웹에 포획된 먹이종을 수집하였다. 나대지 12개의 웹에서 먹이 개체를 확인할 수 있었던 먹이종으로 파리 8개체, 모기 4개체를 비롯해 나비, 나방, 무당벌레, 잠자리, 개미가 각 1개체씩 확인되었다. 논습지에서는 12개의 웹에서 나비 1개체, 잠자리 1개체, 메뚜기류 11개체가 확인되었다. 먹이 개체의 크기가 2mm이하인 경우는 웹으로부터 제거할 때 거미실에 접촉되어 파괴되는 경우가 있었고, 이미 거미의 소화액 분비로 인해 원래의 형태가 없어진 경우는 분류군 확인이 어려운 경우가 있었다.

#### 4. 토 의

본 연구의 결과는 성체 암컷 긴호랑거미 개체가 환경 요인에 따라 건축행동을 변화시킬 수 있다는 것을 시사한다. 상대적으로 습도가 낮고 초본이 우거진 나대지 환경에 서식하는 개체의 경우

논습지 환경과 비교해 상대적으로 많은 거미실을 투자해 넓은 웹을 건축하였다. 또한 나대지의 개체가 더 높게 웹을 건축하는 것으로 보인다.

공중 원그물을 건축하는 거미의 포식 성공은 웹 넓이 및 거미실 투자와 양의 상관관계를 가진다(Wise와 Barata, 1983; Opell, 1990). 따라서 더 많은 포식을 원하는 원그물 건축 거미의 경우 보다 큰 웹을 건축하고자 할 것이다. 논습지와 같은 보다 개방적인 서식지에 건축하는 개체의 경우 초본 지역에 비해 복잡한 구조물의 방해로 상대적으로 덜 받으면서 큰 웹을 건축할 수 있을 것이다(Kohler와 Vollrath, 1995). 이러한 관점은 본 연구 결과와 상이한 부분이다. 하지만 개방된 서식지의 개체는 상대적으로 말벌이나 새 등의 포식자에게 자신을 노출할 가능성이 크기 때문에 방어를 위한 건축 구조도 고려해야 할 것이다(Gunnarsson, 1996; Blamires 등, 2007). 후속 연구는 개체적 특성을 고려하고 동시에 서식지 위험 요인들을 파악하는 것을 반영해야 할 것이다.

Justice(2005)의 연구는 동일 속(*genus*)의 *Argiope florida*(Araneidae, Argiopinae)에서 웹의 동서경사가 평균 100°, 수직경사가 19°, 웹의 높이가 1m임을 보여준다. 본 연구에서 행한 긴호랑거미의 측정 결과 동서경사 87°(나대지)와 103°(논습지), 수직경사 17°(나대지)와 22°(논습지)과 큰 차이가 없는 것으로 보인다. 하지만 웹의 높이에 있어서 본 연구 결과인 71cm(나대지), 49cm(논습지) 보다는 *A. florida*가 상대적으로 높게 건축하는 것으로 보인다.

웹의 경사나 높이에 반영되는 건축행동은 거미실이 빛을 반사하는 정도(Adams, 2000), 식생의 구조(Bruce 등, 2004), 먹이의 종류(Justice, 2005) 등과 연관된 부분으로 해석될 수 있다. 즉 웹을 숨겨야 할 필요가 있을 때와 자외선 반사를 통해 자외선 인식 곤충을 유인해야 할 필요가 있을 때, 주로 비행성 곤충이 많이 걸리는 서식지와 지면 배회성 곤충이 많이 걸리는 서식지에 건축하는 경우, 식생의 구조 등에 따라서 능동적인 포식자는 자신의 포식 전략을 바꿀 수 있을 것이다. 생물 환경요인, 미소서식지 식생 구조 등에 대한

더 면밀한 연구가 필요한 부분이다.

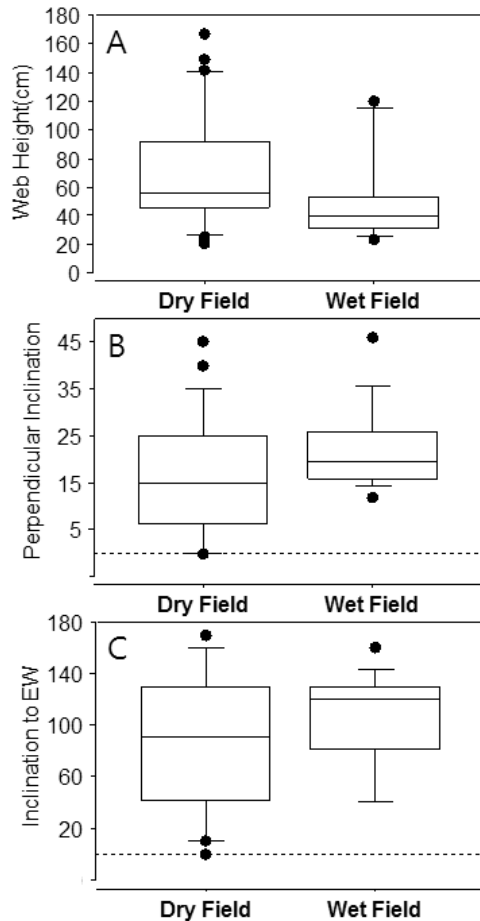


Fig. 4 Comparison of the web height and inclination in *Argiope bruennichi* between dry field and wet field.

Web height(A) refers to distance between the ground and the hub(center) of the web. 'Perpendicular Inclination'(B) refers to an angle degree of perpendicular inclination of the web to the ground, and 'Inclination to EW'(C) to its angle of inclination to the east and west. The comparison in 'B' and 'C' of the figure did not show significant differences. The lines displayed in box plots represent 10th percentile, 25th percentile, median, 75th percentile, 90th percentile, and the black dots represent observations above 90th percentile and below 10th percentile including maximum and minimum values.

흰띠줄의 기능에 대한 가설 및 연구들은 그동안 다수의 학자들에 의해서 행해져 왔다. 상당량의 거미실을 생산해야 하는 에너지 비용에도 불구하고, 개체는 웹 건축이 끝나면 흰띠줄을 추가로 만든다. 흰띠줄의 기능에 관하여 여러 주장들이 제기되어 왔다. 가장 대표적인 3가지는, 첫째, 이름에서 알 수 있듯이 흰띠줄(stabilimentum)은 웹 안정화('stable')에 기여한다는 것이다. 바람 등과 같은 물리적 요인으로부터 웹의 장력과 물리적 힘을 강화한다는 가설이다(Robinson와 Robinson, 1970). 다음은 위장('camouflage')을 통한 방어 기제의 하나로 개체가 자신의 존재를 감추거나 과시하는 효과를 노린다는 것이다(Marson, 1947; Eberhard, 1973; Tolbert, 1975). 이 주장은 둥근 나선무늬의 흰띠줄을 짓는 응달거미과의 *Uloborus diversus*에서 지지를 얻고 있다(Eberhard, 1973). 마지막으로 웹광고가설('web advertisement hypothesis')로서 새와 같은 웹을 파괴할 수 있는 동물들에게 흰띠줄을 이용하여 웹의 가시성(visibility)을 높임으로써 불필요한 웹 파괴를 방지한다는 해석이다(Blackledge, 1998; Eisner와 Nowicki, 1983). 상대적으로 최근에 제기된 흰띠줄의 기능에 관한 연구는 *Argiope* 속을 이용한 실험 결과로 제안된 먹이유인가설('prey-attraction hypothesis')이다(Craig와 Bernard 1990; Tso, 1996). 흰띠줄이 자외선을 반사하여 먹이 동물을 웹으로 유인한다는 것이다.

본 연구 결과 나대지 웹에서 논습지와 비교해 상대적으로 더 큰 흰띠줄 건축행동을 확인할 수 있었다. 그리고 후속 연구에서 더 구체적이고 많은 데이터를 얻어야 하겠지만 본 연구 결과에서 보여준 나대지 웹의 먹이종은 생태 환경에서 자외선 반사에 반응하는 곤충들로 파리, 모기, 개미, 나비, 나방, 무당벌레 등이 포함된 것에 반해 논습지 웹에 걸린 먹이종은 대부분 자외선 반사에 반응하지 않는 메뚜기류로 확인되었다. 생태 환경에서 자외선 반사에 반응하는 곤충은 파리목(Diptera), 벌목(Hymenoptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 나비목(Lepidoptera) 등이 해당되

며, 반응하지 않는 곤충은 메뚜기목(Orthoptera) 등이 해당한다(Silberglied, 1979; Craig와 Ebert, 1994). 이러한 사실은 앞서 설명한 먹이유인가설에 부합하는 것으로 보인다.

본 연구 결과는 Vollrath 등(1997)이 행한 연구에서 제안한 습도 증가가 흰띠줄의 크기를 증가시킨다는 관점과는 상이하게 논습지 웹의 흰띠줄이 더 길게 나타났다. 긴호랑거미(*A. bruennichi*)의 경우 서식지 식생과 먹이의 종류에 따른 웹 건축 행동에 대한 조사가 필요하다고 사료된다.

## 감사의 글

야외 조사에 도움을 준 구영현, 박진아, 최승원, 최우식 학생에게 고마움을 전한다. 이 논문은 인천대학교 2009년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고 문헌

1. Adams, M.R., Choosing hunting sites: web site preferences of the orb weaver spider, *Neoscona crucifera*, relative to light cues. *Journal of Insect Behavior*, Vol. 13, pp. 299-305, 2000.
2. Blackledge, T.A., Stabilimentum variation and foraging success in *Argiope aurantia* and *Argiope trifasciata* (Araneae, Araneidae), *Journal of Zoology*, Vol. 246, pp. 21-27, 1998.
3. Blamires, S.J., Dieter, F., Hochuli, A., Michael, B., and Thompson, A., A Does decoration building influence antipredator responses in an orb-web spider (*Argiope keyserlingi*) in its natural habitat?, *Australian Journal of Zoology*, Vol. 55, pp. 1-7, 2007.
4. Bruce, M.J., Heiling, A.M., and Herberstein, M.E., Web decoration and

- foraging success in *Araneus eburnus* (Araneae: Araneidae), *Annales Zoologici Fennici*, Vol. 41, pp. 563–575, 2004
5. Craig, C.L., and Bernard, G.D., Insect attraction to ultraviolet-reflecting spider webs and web decorations, *Ecology*, Vol. 71, pp. 616–623, 1990.
  6. Craig, C.L., and Ebert, K., Color and pattern in predator-prey interactions: the bright body colors and patterns of a tropical orb-spinning spider attract flower-seeking prey, *Functional ecology*, Vol 8, pp. 616–620, 1994.
  7. Eberhard, W.G., Stabilimenta on the webs of *Uloborus diversus* (Araneae: Uloboridae) and other spiders, *Journal of zoology of London*, Vol. 171, pp. 367–384, 1973.
  8. Edgar, W.D., The life-cycle, abundance and seasonal movement of the wolf spider, *Lycosa (Pardosa lugubris)*, in central Scotland, *Journal of Animal Ecology*, Vol. 40, pp. 303–322, 1971.
  9. Eisner, T., and Nowicki, S., Spider web protection through visual advertisement: Role of the stabilimentum, *Science*, Vol. 219, pp. 185–187, 1983.
  10. Føelix, R.F., *Biology of spiders*, Oxford University Press, New York, 1996.
  11. Gunnarsson, B., Bird predation and vegetation structure affecting spruce-living arthropods in a temperate forest, *Journal of Animal Ecology*, Vol. 65, pp. 389–397, 1996.
  12. Im, M.S., and Kim, S.T., *Field guide of Korean spiders*, Konkuk University Press, 2000.
  13. Justice, M.J., Justice, T.C., and Regina, L.V., Web orientation, stabilimentum structure and predatory behavior of *Argiope florida* Chamberlin & Ivie 1944, *Journal of Arachnology*, Vol. 33, pp. 82–92, 2005.
  14. Kohler, T., and Vollrath, F., Thread biomechanics in the two orb-weaving spiders *Aranues diadematus* (Araneae, Araneidae) and *Uloborus walckenaerius* (Araneae, Uloboridae), *Journal of Experimental Zoology*, Vol. 271, pp. 1–17, 1995.
  15. Krink, T., and Vollrath, F., Optimal area use in orb-webs of the spider *Araneus diadematus*, *Naturwissenschaften*, Vol. 87, pp. 90–93, 2000.
  16. Kronk, A.E., and Riechert, S.E., Parameters affecting the habitat choice of a desert wolf spider, *Lycosa santrita* Chamberlin and Ivie, *Journal of Arachnology*, Vol. 7, pp. 155–166, 1979.
  17. Li, D., and Jackson, R.R., How temperature affects development and reproduction in spiders: a review, *Journal of Thermal Biology*, Vol. 21, pp. 245–274, 1996.
  18. Lubin, Y., and Henschel, J., The influence of food supply on foraging behaviour in a desert spider, *Oecologia*, Vol. 105, pp. 64–73, 1996.
  19. Marson, J.E., Some observations on the ecological variation and development of the cruciate zigzag camouflage device of *Argiope pulchella*, *Proceedings of the Zoological Society, London*, Vol. 117, pp. 219–227, 1947.
  20. Morse, D.H., and Fritz, R.S., Experimental and observational studies of patch choice at different scales by the crab spider *Misumena vatia*, *Ecology*,



- Vol. 63, pp. 172-182, 1982.
21. Nørgaard, T., Henschel, J.R., and Wehner, R., Use of local cues in the night-time navigation of the wandering desert spider *Leucorchestris arenicola* (Araneae, Sparassidae), *Journal of Comparative Physiology*, Vol. 193, pp. 217-222, 2007.
  22. Opell, B.D., Material investment and prey capture potential of reduced spiderwebs, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 26, pp. 375-381, 1990.
  23. Robinson, M.H., and Robinson, B., The stabilimentum of the orb web spider, *Argiope argentata*: an improbable defense against predators, *Canadian Entomologist*, Vol. 102, pp. 641-655, 1970.
  24. SAS Institute, StatView, Version 5, 2001.
  25. Sherman, P.M., The orb-web: an energetic and behavioral estimator of a spider's dynamic foraging and reproductive strategies, *Animal Behaviour*, Vol. 48, pp. 19-34, 1994.
  26. Silberglied, R.E., Communication in the ultraviolet, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 10, pp. 373-398, 1979.
  27. Tolbert, W.W., Predator avoidance behaviors and web defensive structures in orb-weavers *Argiope aurantia* and *Argiope trifasciata* (Araneae, Araneidae), *Psyche*, Vol. 82, pp. 29-52, 1975.
  28. Tso, I.M., Stabilimentum of the garden spider *Argiope trifasciata*: a possible prey attractant, *Animal behavior*, Vol. 52, pp. 183-191, 1996.
  29. Vollrath, F., Downes, M., and Krackow, S., Design variability in web geometry of an orb-weaving spider, *Physiology and Behavior*, Vol. 62, pp. 735-743, 1997.
  30. Wise, D.H., and Barata, J.L., Prey of two synoptic spiders with different web structures, *Journal of Arachnology*, Vol. 11, pp. 271-281, 1983.
- 논문접수일 : 10년 03월 02일  
○심사의뢰일 : 10년 03월 03일  
○심사완료일 : 10년 04월 28일