

왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)감각 정보 제공에 따른 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)의 웹 건축 전략

진 우 영*, 김 길 원**†

Web building strategy of a wasp spider, *Argiope bruennichi*, under sensory stimuli emitted by a cricket, *Teleogryllus emma*

Woo Young Jin* / Kil Won Kim**†

요약 : 거미의 웹 건축 행동은 먹이 사냥을 위한 투자 행동이며, 적극적인 포식 전략의 반영이다. 성공적인 포식 전략 수립을 위해서 개체는 먹이 동물로부터 오는 감각 정보를 반영해야 할 것이다. 본 연구는 우리나라에 널리 분포하는 대표적 논거미인 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)의 건축 행동이 피식자인 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)에 의해 제공되는 감각 정보를 바탕으로 수정되는가를 알아보기 위해 수행되었다. 웹의 물리적 구조가 수정되는 양상을 보기 위해 감각 자극 전과 후에 건축된 웹의 구조를 정량적으로 측정하고 대조군과 비교 분석하였다. 먹이가 공급되지 않는 상황에서 웹 건축 행동을 보인 개체의 수는 대조군(자극 없음)과 실험군(자극 공급)에서 모두 감소하는 경향을 보였다. 대조군과 실험군에서 나타난 증감 양상이 뚜렷한 차이를 드러내 않았다. 왕귀뚜라미에 의한 자극 공급 1일째에 해당하는 날에 실험군 웹 건축 행동은 전일 대비 3.7% 감소한데 반해 대조군은 11.8% 감소하는 차이를 나타냈다. 흰띠줄 건축 행동 역시 전반적으로 감소하는 경향이 나타났다. 대조군에서 흰띠줄을 건축한 개체수가 자극 1일에 14.7% 감소한데 비해, 실험군에서는 7.4%로 두 배 가량 감소 경향이 낮게 나타났다. 본 실험 디자인에 의한 연구 결과는 개체가 감각 정보에 따라 웹의 높이와 넓이를 수정하지 않는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 웹 건축 행동, 감각 정보, 긴호랑거미, 귀뚜라미

Abstract : Web structure of spiders is a foraging strategy as well as an investment to get prey. In order to make a good foraging decision spiders should change its foraging strategy in the basis of sensory information provided by potential prey species. We conducted experiments to demonstrate whether a wasp spider, *Argiope bruennichi* modifies its web-building behavior after experiencing sensory information emitted by a cricket species, *Teleogryllus emma*. To know how the web structures would be modified, we quantified web characteristics after providing sensory information of the cricket and compared to the control group. Web construction decreased in the course of the experiment in both, control group(without stimulus) and experimental group(with stimuli). The results did not show remarkable differences between two groups. However, on the first day after providing sensory information of the cricket, the web-building behavior of *A. bruennichi* decreased only in 3.7% of the experimental group individuals against 11.8% of the control group individuals. The number of the stabilimentum constructions decreased overall in both groups. On the first day the decreasing proportion was doubled in the control group(14.7%), comparing to the experimental group(7.4%). The individuals did not lower its web height and did not extend its web area according to sensory information of the prey.

Keywords : web-building behavior, sensory information, *Argiope*, cricket

† Corresponding author : kilwon@incheon.ac.kr

* 정희원 · 인천대학교 자연과학대학 생명과학부 · E-mail : lwoxjt@nate.com

** 정희원 · 인천대학교 자연과학대학 생명과학부 교수 · E-mail : kilwon@incheon.ac.kr

1. 서 론

먹이를 효율적으로 획득하는 동물은 그렇지 못한 동물에 비해서 생존과 번식의 기회를 늘릴 수 있다. 예측하기 어렵고 늘 변화하는 환경에서 제공되는 감각 정보(sensory information)를 토대로 개체들은 끊임없이 그들의 행동을 수정해야 한다. 신호자로부터 정보를 받아 일어 날 수 있는 수신자의 특정 행동은 때때로 개체의 생존에 직접적으로 연관되기 때문이다(Dugatkin, 2009). 감각 정보를 제공하는 개체(signaler)와 감각 정보를 수집하는 개체(receiver)가 피식자(preys)와 포식자(predator)의 관계에 놓이는 경우 이 문제는 심각하다. 피식자는 포식자에게 자신의 정보를 노출시키지 않아야 하겠지만 포식자의 입장에서는 피식자, 즉 먹이로부터 오는 감각 정보를 정확하게 해석하고 포식을 위한 전략 수립에 반영해야 할 것이다(Stephens et al., 2007).

거미는 육상의 대표적인 포식 동물로서 주어진 환경에서 제공되는 여러 가지 감각 정보를 바탕으로 자신의 포식 전략을 수정한다(Rita and Friedrich, 1983; Persons and Uetz, 1996, 1998). 특히 웹 건축 행동은 거미 종의 대표적인 포식 전략으로서 이 중 정주성(sedentary) 거미의 웹 건축 행동은 개체의 적응도(fitness)를 높이기 위한 에너지 투자 전략이다(Tanaka, 1989). 비록 거미의 건축 행동은 진화적 구속에 의해 제한적인 양상을 보이지만 주어진 생물, 비생물적 환경 요인에 따라서 가변성을 보일 수 있다(Herberstein and Fleisch, 2003; Lubin and Henschel, 1996; Kronk and Riechert, 1979; Morse and Fritz, 1982). 먹이로부터 오는 감각 정보를 수용하고 웹 변인을 수정하는 행동을 보이는 거미 개체는 그렇지 않은 개체에 비해 생존과 번식에 유리할 것이다(Bruce et al., 2004). 피식자를 포함해 주변의 생물종으로부터 제공되는 감각 정보를 토대로 웹 건축 전략을 수정하는 행동은 개체가 적응

도를 높이고 이전에 수립된 전략보다 포식자, 또는 피식자의 관점에서 유리한 입지를 점유하기 위한 이익 극대화 전략이라 볼 수 있다. 이익 극대화에 근접하기 위한 거미 웹의 물리적 구조를 정량화 할 수 있다면, 웹 변인을 통한 최적 포식자의 포식전략 수립을 예측하는 것이 가능할 것이다.

Wise and Barata(1983)의 연구와 Opell(1990) 연구에 따르면, 포식에 성공할 가능성이 많은 조건에서 더 많은 포식을 원하는 개체는 보다 큰 웹을 건축하고자 할 것이다. 또한 공중에 둥근 웹을 건축하는 일부 거미들이 웹 위에 장식처럼 추가하는 지그재그 형태의 흰띠줄(stabilimentum)이 있다. 이 흰띠줄 건축 행동이 거미가 먹이를 효과적으로 포획하기 위한 투자 행동이라는 가설이 있다. 흰띠줄 기능에 관한 이른바 '먹이유인 가설(prey-attraction hypothesis)'에 지지적인 근거를 제시하는 Craig와 Bernard(1990)의 연구와 Tso(1996)의 연구에 따르면, 자외선 반사율이 높은 흰띠줄의 건축은 먹이 곤충의 감각편향기제(sensory bias)를 이용한 유인 전략이라는 것이다. 즉, 꽃의 중앙 부위에서 반사되는 자외선을 인식하여 날아오는 꽃꿀 채집 곤충들이 흰띠줄에서 반사되는 자외선에 유인된다는 것이다. 하지만 UV를 인식할 필요가 없는 먹이 종을 포획하는데 있어서 에너지와 단백질이 많이 드는 흰띠줄 건축은 자원 낭비일 것이다.

긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)는 논습지와 관목 나대지에 많이 서식하는 종으로 공중에 둥근 형태의 웹을 건축하고 종종 웹 위에 흰띠줄 장식을 추가하는 건축행동을 보인다. 귀뚜라미는 긴호랑거미(*A. bruennichi*)가 많이 서식하는 지역에서 흔히 관찰되는 종으로 실제 높이가 낮게 건축된 긴호랑거미의 웹에 의해서 포식되는 것이 관찰되기도 하였다. 비행하는 먹이가 아닌 지상에 상주하는 먹이 종을 보다 효과적으로 포획하기 위해서 개체는 웹의 높이를 낮추는 전략을 사용하는 것이 유리할 것이다.

공중 웹을 건축하는 거미를 대상으로 수행한 Lubin and Henschel(1996), Venner et al(2000)의 연구는 따르면 먹이 종류와 배회성(wander) 먹이의 가용성에 따라 포식자(*Seothyra henscheli*, *Zygiella x-notata*)의 웹 건축 투자율이 증가함을 시사하였다. 또한 나비목(Lepidoptera)의 먹이보다 메뚜기목(Orthoptera) 귀뚜라미의 먹이 섭식이 공중 웹 건축 포식자인 *Nephila pilipes*의 웹 건축 활성에 긍정적인 영향을 끼친다는 연구 결과도 제시된 바 있다(Tso et al, 2004).

특정한 먹이종으로부터 제공되는 감각 정보가 있는 환경과 그러한 감각 정보가 전혀 없는 환경에서 거미가 건축하는 웹은 자원 투자의 효율성 차원에서 차별적 전략이 필요할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 가설을 제안한다. 먹이종에 대한 감각 정보가 없는 환경에 놓인 개체와 비교해, 지상에 상주하며 UV 인식에 민감하지 않은 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)의 감각 정보를 제공받은 긴호랑거미(*A. bruennichi*)는 웹 건축 전략 차이를 보일 것이다. 다시 말해, 지상 부에서 웹의 중앙까지 이르는 웹 높이가 감소하고, 포식 성공 가능성의 증가로 웹 넓이가 증가하며, 흰띠줄 건축 빈도는 감소할 것이라는 가설을 설정하였다.

2. 연구 방법

2.1 대상종: 긴호랑거미(*Argiope bruennichi*)와 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)

긴호랑거미(*A. bruennichi*)는 대표적인 논거미로서 다른 *Argiope* spp.에 비해 상대적으로 쉽게 관찰되는 종이다. 성체뿐만 아니라 발달 단계에 있는 개체들도 지상에서 쉽게 관찰된다. 또한 개체가 웹의 중심(hub)에 주로 위치하고 있어 채집이 용이하다. 실험실 환경에서도 잘 사육되는 것으로 관찰되었다. 성체 출현 시기는 7월-10월이다. 둥근 모양의 웹(orb web)을 건축하며, 중앙에

특이적 웹 부속물(web decoration)인 UV 반사율이 높은 흰띠줄을 건축한다. 성체의 흰띠줄은 웹의 중앙을 가로질러 일자형으로 건축하는 것이 일반적이며, 아성체의 경우 나선형(spiral)등의 이형적인 형태를 보이기도 한다.

왕귀뚜라미(*T. emma*)는 국내, 일본을 비롯한 아시아 일대에 주로 서식하며, 야외에서 관찰되는 배회성(wanderer) 동물 중 거미의 대표적인 먹이종(pre-y species)이다. 사육 시 온 습도 조건(25-30°C, 60-70%)만 적정하면 실험실 내에서 사계절 사육이 가능하다.

2.2 개체 채집 및 사육

긴호랑거미(*A. bruennichi*) 암컷 성체를 채집하였다. 장소는 인천광역시 남동구 논현동에 위치한 소래 습지 생태 공원 일대(37°24'29.09"N, 126°44'49.07"E)이며, 8월 12일, 23일, 29일 3회에 걸쳐 오전 중(AM09:00-11:30)에 채집하였다. 채집된 개체는 개별적으로 실험을 위해 디자인된 사육 상자에 넣어졌다(Fig. 1).

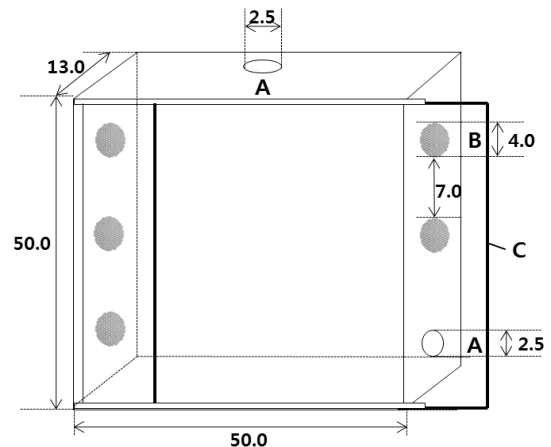


Fig. 1. Breeding box for *Argiope bruennichi* (cm; 50x50x13cm³). It is made from acryl material. A: hole for prey provision, B: wire meshed hole for ventilation, C: transparent sliding door for observation.

사육실은 12h/12h(낮: 08-20시(663-734lux), 밤: 20-08시)의 일주기를, 29.5-31°C의 온도를, 69.8-72.2%의 습도를 유지하였다. 분무기를 사용하여 70°C의 증류수를 매일 12시와 17시에 2회 사육 상자 상단 3번, 하단 3번 분사하였다. 동애등에(*Ptecticus tenebrifer*) 먹이 공급과 연구진 외에 타 생물종에 속하는 개체의 사육실 출입을 차단하였다.

파리목 동애등에(*P. tenebrifer*)를 개체 당 4 마리씩 실험을 위한 먹이 자극을 차단하는 기간에 들어가기 24시간 전에 먹이로 제공하였다. 동애등에는 40-60mg의 몸무게(body mass)를 가진다. 이 과정은 실험 기간 동안 개체의 활성을 유지하기 위해서 수행되었다.

2.3 실험 설계

대조군(control group) 34개체, 실험군(experimental group) 27개체가 실험에 사용되었다. 대조군과 실험군에 투입된 개체에 대한 실험은 감각 정보(sensory information)의 차단을 위해 각각 격리된 실험실에서 수행되었다. 감각 정보는 특정 감각 정보를 통제된 것이 아닌 시각, 후각, 청각의 모든 먹이감각 정보를 총체적으로 제시하는 것이다.

대조군 개체에게 실험 기간 동안 먹이를 공급하지 않았으며 먹이에 대한 감각 정보 또한 제공하지 않았다, 먹이 감각 정보가 제공되지 않은 기간은 총 6일(144시간)이다.

실험군 또한 실험 기간(6일) 동안 먹이를 공급하지 않았다. 처음 3일(72시간)은 먹이 자극이 주어지지 않는 환경을 제공하였고, 이어지는 3일은 왕귀뚜라미(*T. emma*)의 감각 정보만이 제공되는 상황을 만들었다(Fig. 2). 감각 제공은 오전 9시를 시작으로 1시간의 정보 제공 시간, 1시간의 무자극 시간을 번갈아가며 총 4회 실시하였다. 정보 제공이 끝난 16:00로부터 1시간 뒤인 17:00에 이전에 건축된 웹을 모직천을 이용하여 제거한 후 다음날 08:00에 건축된 웹을 영상 촬영하고 변인

을 측정하였다.

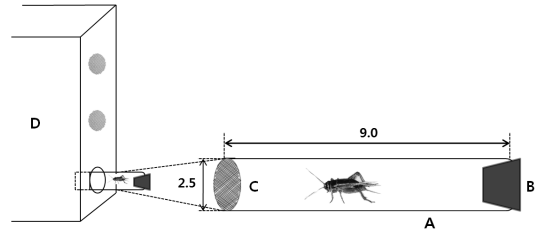


Fig. 2. Method used to provide sensory information emitted by *Teleogryllus emma* (cm).

A: transparent acryl tube, B: gum stopper, C: wire meshed window, D: breeding box (50x50x13cm³)

2.4 웹 변인 측정

실험 기간 동안 오전 8시에 대조군과 실험군에서 웹을 건축한 개체와 건축하지 않은 개체가 기록되었다. 흰띠줄의 경우는 웹 중심(hub)에서 상단(upper area)과 하단(lower area) 둘 중 한 지역에서만 흰띠줄이 관찰되어도 흰띠줄을 건축한 것으로 간주하고, 선형(linear)이 아닌 일반 실크의 색깔과 구분이 되지 않는 색이 희미한 안개형 웹 부속물은 흰띠줄을 건축하지 않은 것으로 간주하였다.

웹의 높이는 사육장의 바닥으로부터 건축된 웹의 중심까지의 최단 거리로 측정하였다. 웹의 중앙에서 가장 먼 거리에 있는 마지막 점착실(spiral)까지의 거리인 장반경(longer radius)과 가장 가까운 마지막 점착실까지의 거리인 단반경(shorter radius)을 측정하고 이를 바탕으로 웹 면적(web area)을 산출하였다. 즉, 장반경과 단반경의 평균값을 반지름(r)으로 하고 계산한 원의 넓이(πr^2)를 웹의 면적으로 간주하였다(Fig. 3).

상단 흰띠줄 길이(upper stabilimentum length)와 하단 흰띠줄 길이(lower stabilimentum length), 흰띠줄 전체 길이(stabilimentum length)를 측정하였다(Fig. 3).

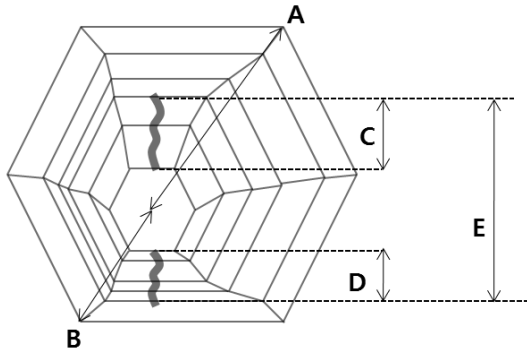


Fig. 3. Measurement of web structure variation. A: longer radius, B: shorter radius, C: upper stabilimentum length, D: lower stabilimentum length, E: stabilimentum length.

2.5 통계 분석

대조군과 실험군에서 각 개체의 웹 건축 구조 변화의 통계적 분석을 위해, 동일한 표본에 대한 반복 측정치를 비교하기 위해 SYSTAT version 12(2007)에 의해 제공되는 Chi-square test, 반복 측정분산분석(One way repeated measurement ANOVA)과 비모수통계검정법(non-parametric statistical hypothesis test)인 Wilcoxon signed-rank test를 사용하였다.

3. 연구 결과

웹을 건축한 긴호랑거미(*A. bruennichi*) 개체의 수 비교 결과 대조군과 실험군 모두에서 전반적으로 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 또한 대조군과 실험군 모두 실험전과 실험후의 건축 빈도가 통계적으로 유의미한 수준을 보였다(Chi-square test: $P < 0.05$). 대조군에서 웹을 건축한 개체 수의 비율이 자극 전일(previous day: 먹이 공급이 차단된 지 3일째 해당하는 날임)과

자극 1일(sensory day 1: 먹이 공급이 차단된 지 4일째 해당하는 날로 실험군에서는 왕귀뚜라미(*T. emma*)의 첫 번째 자극이 주어진 후이며, 대조군에서는 계속해서 먹이 자극이 없는 날임)에 11.8% 감소한대 비해, 실험군에서는 왕귀뚜라미 자극 전일과 자극 1일 사이에 3.7%가 감소한 것으로 나타났다. 하지만 먹이 자극이 있음에도 불구하고 사냥에 성공하지 못한 자극 2일(sensory day 2: 먹이 공급이 차단된 지 5일째 되는 날로 실험군에서는 두 번째 왕귀뚜라미 자극이 주어진 다음날이며, 대조군에서는 계속해서 먹이 자극이 없는 날임)에 실험군 개체의 웹 건축 행동은 33.9%의 큰 감소를 보였다. 이는 대조군에서 보인 11.8%의 감소 경향과 비교해 볼 때 세배 정도 감소한 수치이다. 그리고 왕귀뚜라미 자극 두 번째 날(sensory day 2)과 세 번째 날(sensory day 3: 먹이 공급이 차단된 지 6일째 되는 날이며, 실험군에서는 세 번째 왕귀뚜라미 자극이 주어진 다음날이며, 대조군에서는 계속해서 먹이 자극이 없는 날임) 사이에 두 그룹 모두에서 다소 증가하는 양상을 보였는데, 대조군에서는 5.9%의 증가를 보인 반면, 실험군에서는 11.7%로 두 배에 달하는 증가 경향을 나타냈다(Table 1).

흰띠줄을 건축한 개체의 수를 비교한 결과 대조군과 실험군에서 모두 감소하는 경향이 연속적으로 나타났다(Table 1). 또한 대조군과 실험군 모두 실험전과 실험후의 건축 빈도가 통계적으로 유의미한 수준을 보였다(Chi-square test: $P < 0.05$). 대조군에서 흰띠줄을 건축한 개체 수의 비율이 전일과 자극 1일에 14.7% 감소한대 비해, 실험군에서는 전일과 자극 1일에 7.4% 감소하여 상대적으로 두 배 가량 감소 경향이 낮게 나타났다. 하지만 이어지는 측정일인 자극 1일과 자극 2일에 대조군에서 보인 14.7%의 감소 경향과 달리 실험군에서는 33.3%의 높은 감소 경향을 보였다. 그리고 자극 3일째에 실험군에서 다소의 증가 양상이 관찰되었다.

Table 1. Comparison of the number of individuals that constructed its web and stabilimentum between control group and experimental group.

		Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Web construction	Control group (n=34)	64.71% (n=22)	52.94% (n=18)	41.18% (n=14)	47.05% (n=16)
	Experimental group (n=27)	77.78% (n=21)	74.07% (n=20)	40.17% (n=11)	51.85% (n=14)
Stabilimentum construction	Control group (n=34)	58.82% (n=20)	44.12% (n=15)	29.41% (n=10)	23.53% (n=8)
	Experimental group (n=27)	70.37% (n=19)	62.96% (n=17)	29.63% (n=8)	37.04% (n=10)

긴호랑거미가 건축한 웹의 높이는 대조군과 실험군에서 모두 뚜렷한 변화 양상을 나타내지 않았다(Table 2). 전일과 자극 1일의 비교, 자극 1일과 2일의 비교, 자극 2일과 3일의 비교 모두에서

통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다(Wilcoxon signed-ranks test for the matched pairs: $P>0.05$).

Table 2. Comparison of the web height between control group and experimental group (cm; mean±SD)

	Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Control group (n=34)	25.31±6.22 (n=22)	24.92±5.04 (n=18)	29.16±8.46 (n=14)	27.07±6.19 (n=16)
Experimental Group (n=27)	22.85±4.74 (n=21)	26.09±6.21 (n=20)	23.72±9.23 (n=11)	26.01±11.05 (n=14)

긴호랑거미가 건축한 상부 흰띠줄 길이(upper stabilimentum length)는 일이 지남에 따라 실험군과 대조군 사이에서 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 3; One way repeated measurement ANOVA: $F=6.69$, $n_1=n_2=12$,

$P=0.03$). 특별히, 자극 전일과 1일의 경우 대조군과 실험군 사이의 차이가 통계적으로 유의미하였다(Wilcoxon signed-rank test: $t=2.04$, $n=12$, $P=0.04$).

Table 3. Comparison of the upper stabilimentum length between control group and experimental group (cm; mean±SD)

	Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Control group (n=34)	2.10±1.31 (n=20)	2.59±0.60 (n=15)	1.51±1.31 (n=10)	1.03±1.43 (n=8)
Experimental Group (n=27)	2.49±0.67 (n=19)	2.21±0.65 (n=17)	2.33±0.69 (n=8)	2.03±0.37 (n=10)

긴호랑거미가 건축한 하부 흰띠줄 길이의 변화 양상을 관찰한 결과 실험군과 대조군에서 모두 뚜렷한 변화 양상이 나타나지 않았다(Table 4). 실험일 간의 전후 비교는 전체적으로 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 보인다($P>0.05$).

Table 4. Comparison of the lower stabilimentum length between control group and experimental group (cm; mean±SD)

	Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Control group (n=34)	3.51±0.87 (n=20)	3.50±0.80 (n=15)	3.24±0.96 (n=10)	3.22±0.86 (n=8)
Experimental Group (n=27)	3.28±0.82 (n=19)	3.02±1.00 (n=17)	3.01±0.88 (n=8)	2.82±0.88 (n=10)

긴호랑거미가 건축한 흰띠줄 전체 길이를 관찰한 결과 실험군과 대조군에서 모두 뚜렷한 변화 양상이 나타나지 않았다(Table 5). 실험일 전후 비교는 전체적으로 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 보인다($P>0.05$).

Table 5. Comparison of the total stabilimentum length between control group and experimental group (cm; mean±SD)

	Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Control group (n=34)	7.79±2.52 (n=20)	6.23±3.33 (n=15)	7.30±2.99 (n=10)	6.82±3.34 (n=8)
Experimental Group (n=27)	7.33±1.94 (n=19)	6.66±2.66 (n=17)	6.16±2.83 (n=8)	5.87±2.02 (n=10)

긴호랑거미가 건축한 웹 넓이는 일이 지남에 따라 실험군과 대조군 사이에서 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났으나(Table 6; One way repeated measurement ANOVA: $F=7.02$, $n_1=$

$n_2=18$, $P=0.02$), 실험일 전후 비교는 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다 ($P>0.05$).

Table 6. Comparison of the web area(cm^2) between control group and experimental group (mean±SD)

	Previous day	Sensory day 1	Sensory day 2	Sensory day 3
Control group (n=34)	782.8±247.5 (n=22)	784.6±172.9 (n=18)	693.4±292.5 (n=14)	813.1±360.5 (n=16)
Experimental Group (n=27)	836.9±254.5 (n=21)	752.6±279.0 (n=20)	779.2±355.3 (n=11)	741.4±349.1 (n=14)

3. 토 의

3.1 웹 건축 변화(web construction variation)

본 연구는 먹이 동물인 왕귀뚜라미(*T. emma*)의 감각 정보를 인지한 긴호랑거미(*A. bruennichi*)의 웹 건축 빈도가 감각 정보가 제공되지 않은 대조군과 비교해 증가할 것이라는 가설을 제안한 바 있다. 웹 건축 빈도는 대조군과 실험군에서 모두 전반적인 감소 경향을 나타내었으나, 본 연구진은 감각 정보가 주어진 다음 측정된 건축 빈도에서 실험군(3.7%)이 대조군(11.8%)에 비해 현저히 낮은 감소 경향을 나타냈다는 것에 주목한다. 감각 정보만을 제공하고 포식 성공 경험은 주어지지 않은 상황임에도 불구하고, 실험군에 포함된 개체에서 웹 건축을 위한 의사결정이 더 높은 빈도로 관찰되었다. 본 결과는 먹이 동물로부터 주어지는 감각 정보에 따라 거미의 포식을 위한 투자가 달라질 수 있다는 것을 제안한다. 이 결과는 잠재적 포식 성공 가능성이 개체로 하여금 투자 비용을 높게 하는데 일조할 것이라는 선행 연구들(Wise and Barata, 1983; Opell, 1990)의 제안과 부합하고 있다.

3.2 흰띠줄 건축 변화

(stabilimentum construction variation)

본 연구는 거미의 포식 전략의 하나로 먹이 유인 기능이 있는 흰띠줄(stabilimentum)의 건축은 먹이의 종류에 영향을 받을 것이라는 가설을 제안하였다. 즉, 자외선 인지 능력이 없는 먹이 동물인 왕귀뚜라미(*T. emma*)의 정보만이 제공된 상황에서도 개체는 비용이 많이 드는 흰띠줄의 건축 빈도를 줄일 것이라는 것이다. 대조군과 실험군에서 모두 흰띠줄의 건축 빈도는 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었으나, 자극 1일(sensory day 1)에 대조군에서 14.7% 감소, 실험군에서는 7.4% 감소하였고 자극 2일에 대조군에서 14.7% 감소 실험군에서는 33.3%의 높은 감소 경향을 보였다. 먹이에 대한 감각 정보가 없는 상황

에서 흰띠줄 건축은 낭비일 것이다. 마찬가지로 먹이가 자외선 인지 능력이 없는 경우에도 흰띠줄 건축은 낭비적 투자일 것이다. 무침벌(stingless bee)의 존재가 정주성 거미 *Argiope argentata*의 흰띠줄 건축 투자율을 높인다는 Craig et al.(2001)의 연구 결과 또한 같은 제안을 하고 있다. 흰띠줄 건축의 감소는 이러한 먹이유인가설에 부합하는 면이 있지만, 더 정밀하게 디자인된 실험을 통한 후속 연구가 필요한 부분이다.

3.3 웹 높이와 웹 면적(web height and web area)

본 연구는 지상에 상주하는 먹이종인 왕귀뚜라미의 감각 정보만이 제공된 상황에서 긴호랑거미(*A. bruennichi*)는 웹의 높이를 보다 지상에 가까운 쪽으로 낮출 것이라는 가설을 제안한 바 있다. 또한 웹 넓이의 경우 먹이 정보가 주어지지 않은 대조군의 상황과 비교해 실험군에서 의미있는 증가를 예측하였다. 그러나 연구 결과는 웹 높이 및 웹 넓이의 변동을 충분히 드러내지 않는 것으로 나타났다. 웹의 높이가 변화 양상을 보이지 않은 것은 웹 건축 시 사육 상자의 공간적 제약에 의한 것일 수 있다는 예측이 가능하다. 사육 상자의 높이를 대폭 증가시키는 실험 디자인이 필요한 부분으로 사료된다. 웹 넓이의 경우 개체가 사육 상자의 공간을 충분히 활용하지 않고 지은 경우가 대부분이고, 웹 넓이의 증감 양상이 대조군과 실험군 모두에서 뚜렷한 경향성을 가지고 있지 않은 것으로 보여 실험 조건에 크게 영향을 받은 것으로 판단하기 힘든 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구 수행 과정에서 야의 채집을 도와준 김평래, 임승현 학생과 데이터 수집 및 분석을 위해 함께 토의해준 김덕래 학생에게 감사의 마음을 전한다. 본 연구 수행을 위해 동애등에를 무상으로 제공해 준 농촌진흥청 국립농업과학원에 감사

한다. 본 연구는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단(현 한국연구재단)의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-331-C00270).

참 고 문 헌

1. 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.
2. Craig, C.L., and Bernard, G.D., Insect attraction to ultra violet-reflecting spider webs and web decorations, *Ecology*, Vol. 71, pp. 616-623, 1990.
3. Craig, C.L., Wolf, S.G., Davis J.L.D., Hauber, M.E. and Maas, J.L., Signal polymorphism in the web decorating spider *Argiope argentata* is correlated with reduced survivorship and the presence of stingless bees, its primary prey, *Evolution*, 55, pp. 986-993, 2001.
4. Dugatkin, L.A., Principles of animal behavior. W.W. Norton and Company, New York and London, 2009.
5. Herberstein, M.E., and Fleisch, A.F., Effect of abiotic factors on the foraging strategy of the orb-web spider *Argiope keyserlingi* (Araneae: Araneidae). *Australian Ecology*, Vol. 28, pp. 622-628, 2003.
6. 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.
7. Lubin Y., and Henschel, J., The influence of food supply on foraging behaviour in a desert spider, *Oecologia*, Vol. 105, pp. 64-73, 1996.
8. Morse, D.H., and Fritz, R.S., Experimental and observational studies of patch choice at different scale by the crab spider *Misumena vatia*, *Ecology*, Vol. 63, pp. 172-182, 1982.
9. Opell, B.D., Material investment and prey capture potential of reduced spider webs, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 26, pp. 375-381, 1990.
10. Persons, M.H., and Uetz, G.W., The influence of sensory information on patch residence time in wolf spiders (Araneae: Lycosidae), *The Association for the Study of Animal Behaviour*, 51, pp. 1285-1293, 1996.
11. Persons, M.H., and Uetz, G.W., Presampling sensory information and prey density assessment by wolf spiders (Araneae, Lycosidae), *Behavioral Ecology*, Vol. 9, pp. 360-366, 1998.
12. Rita, H., and Friedrich, G.B., Vibratory signals: how do the sensory inputs from the eight legs interaction in orientation?, *Journal of Comparative Physiology*, Vol. 152, pp. 361-371, 1983.
13. Stephens, D.W., Brown, J.S., and Ydenberg, R.D., Foraging: behavior and ecology. The University of Chicago Press, Chicago and London, pp. 608. 2007.
14. Systat, Systat software Inc., 2007.
15. Tanaka, K., Energetic cost web construction and its effect on web relocation in the web building spider *Agelena limbata*, *Oecologia*, Vol. 81, pp. 459-464, 1989.
16. Tso, I.M., Stabilimentum of the garden spider *Argiope trifasciata*: a possible prey

- attractant, *Animal behaviour*, Vol. 52, pp. 183-191, 1996.
17. Tso, I.M., Hsuan-Chen, W., and In-Ru, H., Giant wood spider *Nephila pilipes* alters silk protein in response to prey variation, *The Journal of Experimental Biology* Vol. 208, pp. 1053-1061, 2004.
18. Venner, S., Pasquet A., and Leborgne, R., Web building behaviour in the orb weaving spider *Zygiella x-notata*: influence of experience, *Animal Behaviour*, Vol. 59, pp. 603-611, 2000.
19. 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 : 11년 03월 14일

○심사의뢰일 : 11년 03월 22일

○심사완료일 : 11년 04월 26일