

## 한국산 도토리거위벌레(*Cyllorhynchites ursulus*) 구기의 해부학적 관찰과 유사종과의 큰턱 비교 연구

김지영, 김영건<sup>1</sup>, 이은옥\*

국립생태원 보전평가연구본부 생태정보연구실 생태모방연구팀, <sup>1</sup>국립생태원 멸종위기종복원센터 복원연구실 동물복원1팀

## Anatomical observation of the mouthpart of *Cyllorhynchites ursulus* and comparison with other species

Ji Young Kim, Yung Kun Kim<sup>1</sup> and Eunok Lee\*

Biomimicry Team, Bureau of Ecological Research, NIE, Seocheon 33657, Republic of Korea

<sup>1</sup>Animal Recovery Team (Mammals), Division of Restoration Research, Research Center for Endangered Species, NIE, Yeongyang 36531, Republic of Korea

### \*Corresponding author

Eunok Lee  
Tel. 041-950-5362  
E-mail. eunoklee@nie.re.kr

Received: 6 March 2019

First Revised: 8 August 2019

Second Revised: 30 August 2019

Revision accepted: 2 September 2019

**Abstract:** *Cyllorhynchites ursulus* drills holes in acorn and cuts branches with mandibles. To understand this special behavior, we observed the mouthpart of this species using several microscope methods. The stereoscopic microscope used in this study shows that the adductor tendon is thicker than the abductor tendon which confirms that mandibles exert more force pulling inwards than pushing outwards. Also, the shape and position differences were observed using an optical microscope. We found differences of the shape, position, and movement of mandibles among *C. ursulus*, *Curculio sikkimensis* and *Paracynotrachelus longiceps* by way of observation using SEM. The width of the adductor tendon and the abductor tendon of males of the *C. ursulus* species was 32.87  $\mu\text{m}$ , and 53.83  $\mu\text{m}$ , respectively. And, the width of females was 40.81  $\mu\text{m}$  and 75.55  $\mu\text{m}$ , respectively. Based on a variety of observations and analyses, we found that the unusual behavior of *C. ursulus* is deeply related to the morphological features, and these features could be applied to biomimicry.

**Keywords:** anatomy, biomimicry, mouthpart, oak weevil

## 서 론

도토리거위벌레(*Cyllorhynchites ursulus*)는 딱정벌레목(Coleoptera) 주둥이거위벌레과(Rhynchitidae)의 곤충으로 참나무 1과(Fagales)를 기주식물로 하고 있다(Park and Park 2014). 성충은 도토리에 알을 낳는데, 주둥이로 도토

리의 각두와 종피에 구멍을 뚫고 산란한다(Lee 1997; Mun 2011). 산란 후 각두의 안쪽 면을 긁어 나온 톱밥으로 구멍을 메우고 가지를 잘라 땅으로 떨어뜨린다(Byeon 1991; Noh 1999).

도토리거위벌레와 가장 유사한 생활사를 보이는 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)는 딱정벌레목(Coleoptera) 바구

미과(Curculionidae)의 곤충으로 참나무1과를 기주식물로 하며 밤나무를 포함해 갈참나무 및 종가시나무 등에도 피해를 입히고 있다(Kang *et al.* 1975; Korea Forest Research Institute 2003; Kim *et al.* 2008). 8월에서 10월 사이에 주로 밤의 종실에 구멍을 뚫고 산란하며 밤 속에서 20~25일간 성숙한 노숙유충은 종실에서 탈출한 후 토양으로 잠입해 1년에서 3년 사이에 성충으로 우화한다(Kim and Kim 1984).

왕거위벌레는 1년생이며 암컷이 참나무류의 잎사귀를 재단하고 원통 모양으로 말아 요람을 만든 후 속에 알을 낳는다(Park 2004). 몸길이는 암컷이 7~8 mm, 수컷은 9~12 mm이고, 머리의 기저부가 길게 늘어나 있어 목이 긴 거위 같아 거위벌레라고 불린다. 위에 언급한 도토리거위벌레와 밤바구미는 종실에 구멍을 뚫는 행동을 하지만 왕거위벌레는 섬세한 큰턱의 움직임으로 잎을 말기 때문에 큰턱의 형태 차이를 비교하기 위한 종으로 선정하였다.

곤충은 다양한 생활사에 따른 다양한 구기 형태를 지니고 있으며 씹기, 핥기, 흡즙, 물기, 찢어서 흡즙, 여과섭식 등 다양하게 구분할 수 있다(Gullan and Cranston 2005). 핥는 구기는 풍뎡이과(Scarabaeidae) 등에서 발달했으며 큰턱(mandible)을 가지고 있지만 혀(glossae)를 이용해 나무의 수액이나 꿀 등을 섭취한다. 흡즙하는 구기는 대표적으로 나비목(Lepidoptera)의 성충이 있으며 꿀 같은 액체상의 먹이를 빨아먹는다. 잠자리목(Odonata)의 유충에서는 아랫입술을 재빠르게 뺀어 순식간에 먹이를 무는 형태의 구기를 볼 수 있다. 찢어서 흡즙하는 구기는 대표적으로 노린재과(Pentatomidae)에서 잘 발달하였으며, 콩이나 과실을 흡즙해 피해를 입혀 해충으로 분류된 종이 많아 방제에 관한 연구가 많이 이루어져 있다(Kwon *et al.* 2011). 여과섭식을 하는 구기의 형태는 모기과(Culicidae) 유충 등의 수서곤충에서 볼 수 있는데 솔이나 부채모양의 강모로 세균이나 미세조류 등을 걸러서 먹는다. 그리고 씹는 형태의 구기는 딱정벌레과(Carabidae)가 대표적이며 빠르게 이동하며 큰턱으로 다른 곤충을 포식한다. 이중 씹는 구조를 가지는 곤충은 큰턱이 잘 발달해 있고 큰턱을 움직여 양쪽 큰턱 안쪽에 있는 음식을 씹어 섭취한다. 도토리거위벌레의 경우 큰턱을 좌우로 움직이는 것은 타 종과 같지만 턱 안의 음식을 씹는 것이 아닌 턱 바깥쪽을 긁어내는 움직임을 한다(Kim *et al.* 2017). 이는 두더지가 흙을 파고들 때 흙을 양쪽으로 밀어내는 움직임과 유사하다.

생태모방연구 및 기술은 환경 훼손을 최소화하며 인간의 삶을 향상시키기 위해 활발히 추진되는 연구분야로, 생물·생태 특성을 이용하여 여러 산업에 활용되고 있다(Bae *et al.* 2019). 도토리거위벌레, 밤바구미 그리고 왕거위벌레는 큰턱을 이용해 정밀하게 천공 및 절삭 행동을 한다. 특히 도토리거위벌레는 입구는 좁지만 내부를 넓게 확장하는 확공형 천공과 나뭇가지의 절삭도 가능하다. 이러한 다양한 작업을 큰턱 하나만을 이용하고 있다. 본 연구는 생물·생태학에서 출발하는 생태모방연구의 하나로서 생물의 독특한 특성을 찾아 삶에 유용한 기술로 발전시키기 위하여 3종의 곤충들의 큰턱 형태와 그 기능을 분석하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 도토리거위벌레와 유사종의 채집

도토리거위벌레 채집은 2년간(2016~2017년) 전국적으로 실시하였으며, 성충으로 우화하는 7~9월에 채집하였다. 채집 방법은 아침과 늦은 오후에 기주식물인 참나무속(*Quercus*) 식물의 도토리가 열린 부분을 포충망을 이용해 털어서 채집하였다. 성충의 채집뿐만 아니라 산란하여 땅에 떨어뜨린 도토리도 채집하여 실험실 내에서 부화시켜 이듬해에 시료로 사용하였다. 유사종인 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)는 밤나무의 과실이나 잎을 포충망을 이용해 털어서 잡았으며, 왕거위벌레(*Paracynotrachelus longiceps*)는 밤나무(*Castanea crenata*) 잎에 앉아있거나 요람을 만드는 것을 육안으로 확인하고 채집하였다(Fig. 1).

### 2. 실체현미경 관찰

도토리거위벌레는 딱지날개 길이와 비슷한 길이의 긴 주둥이를 가졌으며(Byeon 1991; No 1999; Moon 2011; Kim *et al.* 2017), 주둥이 끝에 위치한 큰턱을 이용해 도토리에 구멍을 뚫고 가지를 자르는 행동을 한다. 큰턱이 움직이는 원리를 알아보기 위해 큰턱과 주둥이 그리고 두부를 해부하여 실체현미경으로 관찰 및 측정을 하였다. 또한 비교를 위해 유사종인 밤바구미와 왕거위벌레에 대해서도 같은 실험을 하였다. 채집된 시료는 100% EtOH에 보관했으며, EtOH은 몸체의 경화를 일으켜 측정에 어려움이

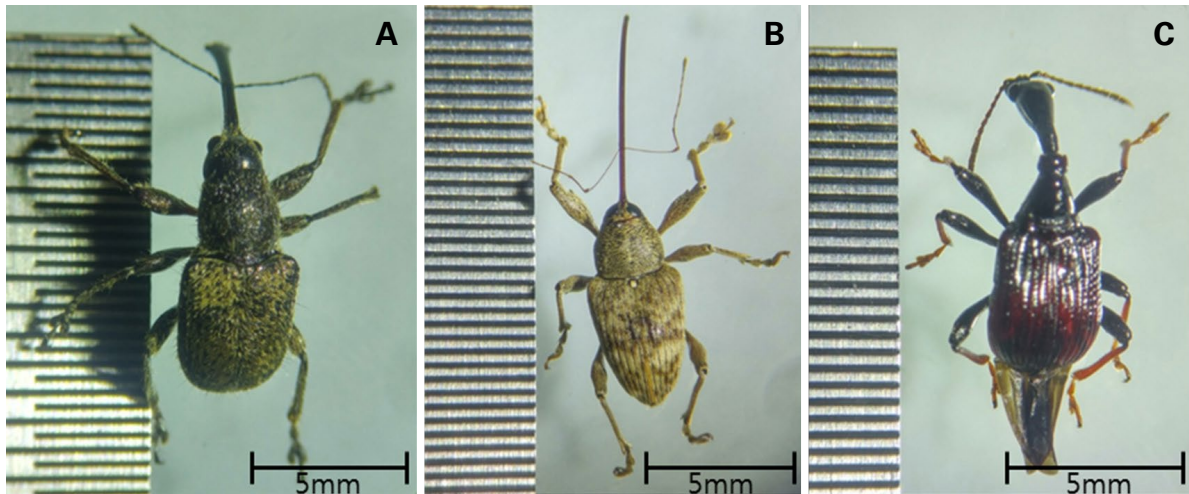


Fig. 1. Species used in this study. (A) *Cyllorhynchites ursulus*, (B) *Curculio sikkimensis*, (C) *Paracycnotrachelus longiceps*. Scale bars = 5 mm.

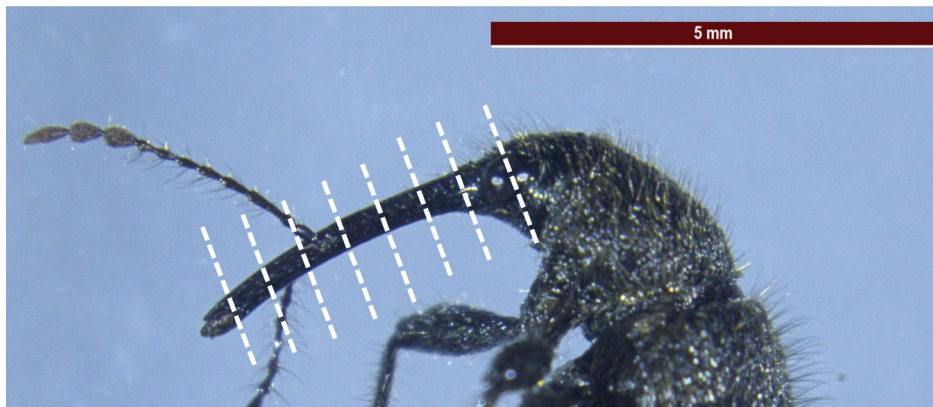


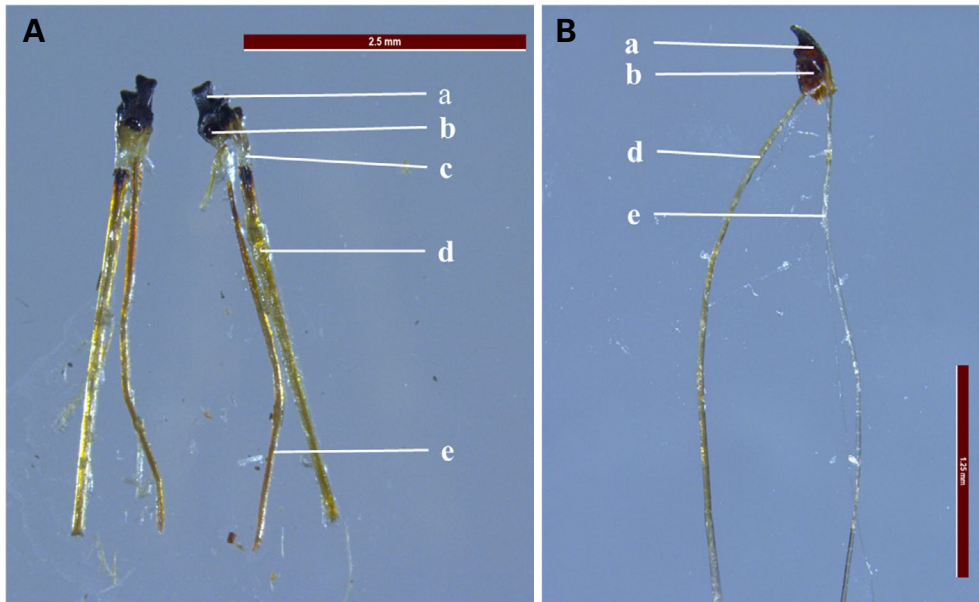
Fig. 2. Cutting locations of *Cyllorhynchites ursulus* mouthpart for sections. Scale bar = 5 mm.

있어 50°C의 온수에 10분간 침지하여 연화시켰다. 연화된 도토리거위벌레의 주둥이를 포함한 머리부분을 분리하고 핀셋을 이용해 키틴질로 이루어져 있는 갑피를 벗겨내고 큰턱에서 두부까지 연결된 건을 분리하여 육안으로 관찰하였다. 암컷과 수컷 각각 20개체를 이용하여, 건의 너비를 측정하였으며, 건의 길이가 약 5 mm고 너비가 일정하지 않아 큰턱과 건의 접합부에서 약 500 µm 떨어진 곳을 측정 기준으로 설정하였다. 수컷 내전건(MDT; male adductor tendon), 수컷 외전건(MBT; male abductor tendon), 암컷 내전건(FDT; female adductor tendon), 암컷 외전건(FBT; female abductor tendon)으로 나누어 측정하였고 관찰 및 측정은 실체현미경(Leica M205C, Leica Microsystems, Germany)과 ImageJ software (Image Processing and Analysis

in Java by <http://imagej.nih.gov/ij/>)를 이용하였다.

### 3. 광학현미경 관찰

도토리거위벌레의 주둥이와 두부의 내부구조를 파악하기 위해 파라핀 절편을 제작하고 광학현미경으로 분석을 실시하였다. 절편을 제작하기 위해 Glutaraldehyde를 이용한 고정작업, EtOH을 이용한 탈수작업, Prophylyene oxide를 이용한 치환작업 그리고 건조작업을 거쳐 다이아몬드 나이프로 절편을 제작한 후 Methylene Blue로 염색하였다. 위치에 따른 내부구조의 차이를 관찰하기 위해 큰턱에서부터 두부까지 8개의 절편을 제작하였다(Fig. 2).



**Fig. 3.** Inside of mouthpart (A) *Cylorhynchites ursulus* mandible and tendon (dorsal view). (B) *Curculio sikkimensis* mandible and tendon (left lateral view) a: mandible, b: ball-socket, c: connection mandible and tendon, d: abductor tendon, e: adductor tendon. Scale bars = 2.5 mm (A) and 1.25 mm (B).

#### 4. 전계방사형주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope; FE-SEM) 관찰

채집된 관찰 대상 3종은 100% EtOH에 보관이 되어 있어 FE-SEM 측정을 위해 계면활성제를 소량 희석한 종류수에 침지해 약 10분간 초음파 처리하여 표면에 부착된 불순물을 제거하였다. 그 후 완전히 건조시키고 관찰을 위한 부위를 추출 후 Stub에 Paste 또는 Carbon tape를 이용하여 부착시켰다. 다음 백금을 이용하여 5분간 이온증착 시키고 관찰하였다.

큰턱의 형태를 등쪽(dorsal), 배쪽(ventral)의 방향에서 관찰하였으며 도토리거위벌레와 왕거위벌레는 100~120배, 밤바구미는 250~300배 확대하여 관찰하였다.

#### 5. 통계분석

수컷 20개체와 암컷 20개체의 내전건 및 외전건을 실체현미경을 이용하여 각각 계측하였고, 계측 데이터에 대한 기술통계량(내전건 및 외전건의 최대값, 최소값, 평균값과 표준편차)을 계산하였고, Boxplot으로 도식화하였으며, 내전건과 외전건의 성별 내 비교를 위해서 Paired t-test를 수행하였다. 위의 모든 과정은 PAST (PAleontological STatistics version 3.14, Hammer 2001)를 사용하여 수행되었다.

#### 결과 및 고찰

##### 1. 실체현미경을 이용한 건의 형태 비교 분석

Fig. 3은 도토리거위벌레와 밤바구미의 주둥이 부분 외피를 제거하고 큰턱과 건만 남겨놓은 것이다. (A)는 도토리거위벌레 암컷이며 dorsal view이고 (B)는 밤바구미 수컷이며 오른쪽 턱과 건만 떼어낸 left lateral view이다. a는 큰턱이며 도토리거위벌레의 경우 큰턱이 좌우 운동을 하고 바깥쪽의 이빨이 발달한 것으로 미루어 볼 때 구멍을 뚫는 행동을 할 때 큰턱의 바깥쪽을 주로 이용한다는 것을 짐작할 수 있다. 밤바구미의 경우 큰턱이 상하운동을 하고 이빨이 아래쪽으로 발달하여 있으므로 구멍을 뚫을 때 큰턱의 아랫부분을 주로 이용할 것으로 추측할 수 있다. b는 큰턱에 원형으로 솟아있는 구조로 볼-소켓구조처럼 큰턱의 외피와 연결되어 있어 고정과 동시에 회전운동을 가능하게 해준다. c는 큰턱과 건의 연결부위이며 딱딱한 건과는 다르게 부드러운 조직이다. 또한 원통형의 건과 달리 납작한 모양이다. d와 e는 각각 내전건과 외전건으로 힘을 더 강하게 주는 쪽의 건이 훨씬 굵은 형태를 하고 있다. 도토리거위벌레의 경우 바깥쪽으로 힘을 주기 때문에 양쪽 바깥쪽의 외전건이 더 두꺼우며 밤바구미의 경우 아래쪽

**Table 1.** Comparison between adductor tendon and abductor tendon of *Cyllorhynchites ursulus*

Sex	Adductor tendon			Abductor tendon			p-value
	Max	Min	Mean $\pm$ SD <sup>1</sup> ( $\mu$ m)	Max	Min	Mean $\pm$ SD ( $\mu$ m)	
Male (n=20)	42.39	25.13	32.87 $\pm$ 4.85	66.98	40.51	53.83 $\pm$ 7.33	<0.001
Female (n=20)	55.77	25.42	40.81 $\pm$ 9.59	97.02	54.97	75.55 $\pm$ 11.64	<0.001

<sup>1</sup>Standard Deviation

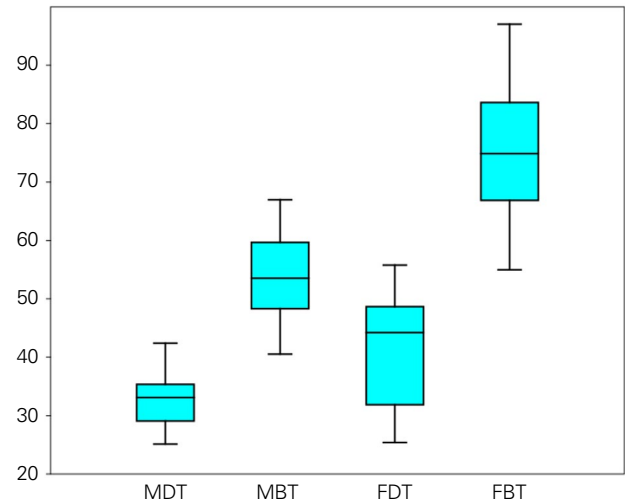
으로 힘을 주기 때문에 아래쪽의 외전건이 더 두껍게 발달한 것으로 볼 수 있다.

Table 1은 암수 각각의 내전건과 외전건의 너비를 비교 분석한 결과이다. 수컷 내전건의 최대값은 42.39  $\mu$ m, 외전건의 최대값은 66.98  $\mu$ m로 확연한 차이가 있으며 최소값 역시 25.13  $\mu$ m과 40.51  $\mu$ m로 큰 차이를 보였다. 또한 평균은 내전건 32.87  $\mu$ m, 외전건 53.83  $\mu$ m로 유의한 차이를 보여 ( $p < 0.001$ ) 내전건보다 외전건의 너비가 넓다는 것을 확인할 수 있다. 암컷의 경우도 내전건과 외전건의 최대값이 각각 55.77  $\mu$ m, 97.02  $\mu$ m로 차이가 두드러지게 나타나며 평균 역시 내전건 40.81  $\mu$ m, 외전건 75.55  $\mu$ m로 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.001$ ).

Fig. 4는 도토리거위벌레 암수의 내전건과 외전건의 계측치를 box plot으로 나타낸 것이다. 결과에 의하면 MDT와 FDT의 경우 사분위수와 중위수에 대한 차이가 거의 보여 지지 않지만 MBT와 FBT는 사분위수와 중위수의 차이가 확연하게 나타났다. 이는 통상적으로 수컷보다 암컷의 몸집과 주둥이길이가 크고 암컷만 가지 자르기를 하는 등 수컷에 비해 큰턱을 이용한 행동이 많고 다양하기 때문에 암컷의 외전건이 더 발달한 것으로 생각할 수 있다.

## 2. 광학현미경을 이용한 도토리거위벌레 구기 분석

Fig. 5는 도토리거위벌레의 구기를 8등분하여 절편을 만들고 염색한 것이다. (A)는 구기의 말단인 큰턱 부근이고 (H)는 두부의 눈 뒤쪽이다. 큰턱에 가까운 쪽을 보면 외전건 a와 내전건 b의 굵기 차이가 확연하게 드러나 있다. 이는 큰턱을 바깥쪽으로 밀어내는 힘이 더 크다는 것을 의미한다. 일자로 배열되어 있던 건들은 두부쪽으로 가면서 조금씩 아래로 배열되다가 두부에 근접하면 내전건은 위쪽으로 이동한다. 또한 (G)의 a와 b처럼 원형이 아닌 납작한 모양으로 변화된다. 두부의 눈 부근에서 완벽히 납작한 모양으로 세로로 정렬되며 근육에 의해 두부 외피의 안쪽에 고정되어 있다(Fig. 6). 이곳의 근육을 수축 이완하며 건을

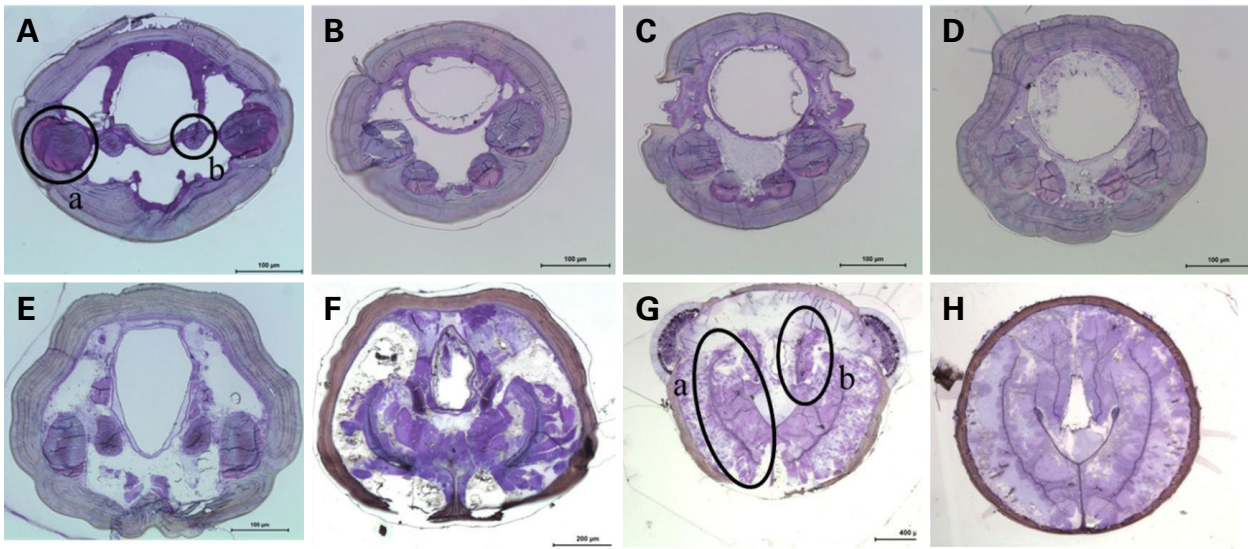


**Fig. 4.** Box plot of *Cyllorhynchites ursulus* tendon (MDT: male adductor tendon, MBT: male abductor tendon, FDT: female adductor tendon, FBT: female abductor tendon).

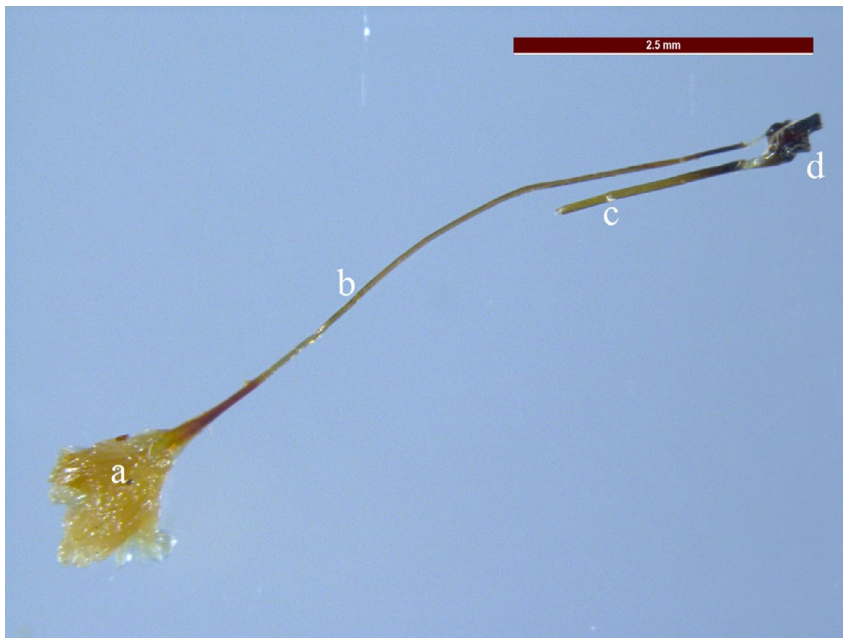
움직이고 건과 연결된 큰턱이 움직이게 된다. 건은 근육에서 발생된 동력을 큰턱에 전달만 해주는 메신저 역할을 하는 것으로 보인다.

## 3. 전자현미경을 이용한 도토리거위벌레와 유사종의 큰턱 형태 분석

도토리거위벌레, 밤바구미, 왕거위벌레 큰턱의 관찰을 위해 전자현미경 촬영을 하였다(Fig. 7). (A), (B), (C)는 각각 도토리거위벌레, 밤바구미, 왕거위벌레의 dorsal view이고 (D), (E), (F)는 ventral view이다. 도토리거위벌레인 (A)와 (D)를 보면 큰턱을 다물면 구기의 폭과 거의 비슷하고 큰턱을 벌리면 구기의 폭보다 넓게 벌어진다. 또한 큰턱의 바깥쪽으로부터 이빨이 발달한 것으로 미루어 볼 때 두더지와 같이 바깥으로 밀어내는 힘으로 구멍을 파는 행동을 할 것이라 짐작할 수 있다. (B)와 (E)는 밤바구미의 구기이며 이빨이 아래쪽으로 향해 있고 큰턱이 상하로 운동하는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 좌우 반대방향으로 큰턱이 움



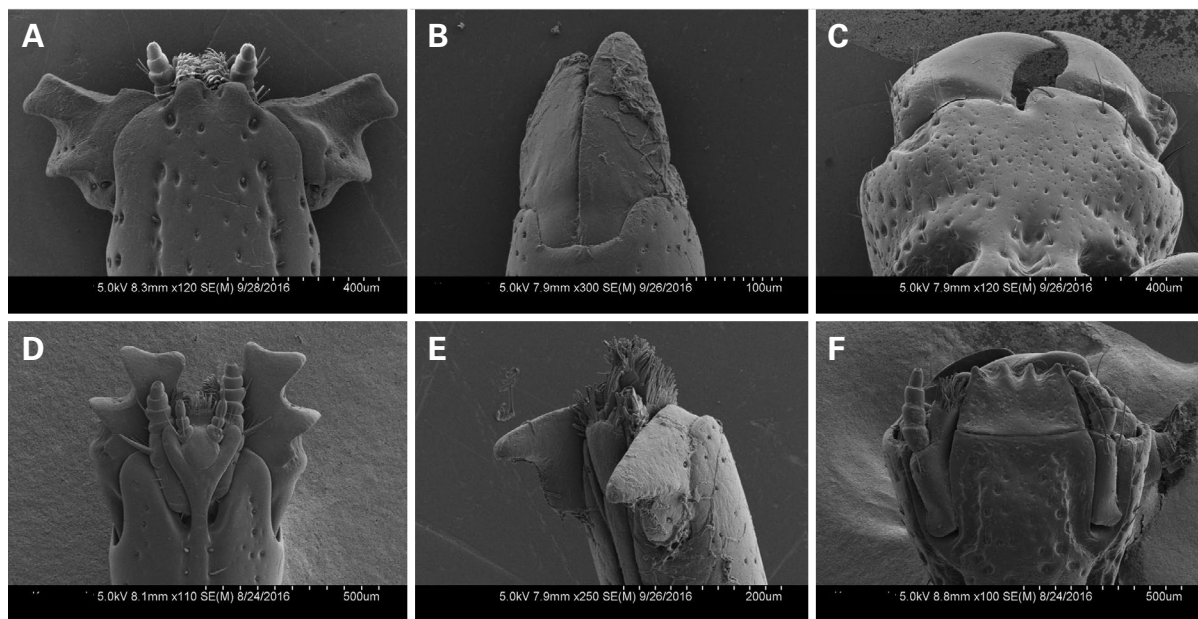
**Fig. 5.** Cross section of *Cyllorhynchites ursulus* mouthpart (a: abductor tendon, b: adductor tendon). Scale bars = 100 μm (A-E), 200 μm (F) and 400 μm (G, H).



**Fig. 6.** Muscle located at the proximal end of the tendon (a: muscle, b: adductor tendon, c: abductor tendon, d: mandible). Scale bar = 2.5 mm.

직이는 타 곤충들과 달리 두개의 큰턱이 상하 같은 방향으로 운동을 하는 독특한 형태이다. 큰턱의 움직임으로 볼 때 씹는 행동 보다는 긁어내는 행동을 하는 것으로 추정된다. 기주식물인 밤나무 종실의 단단한 외피에 구멍을 뚫는 행동을 할 때에는 큰턱의 좌우 움직임보다 상하 움직임이

효율적으로 작용하는 것으로 유추할 수 있다. (C)와 (F)는 왕거위벌레의 두부와 큰턱의 사진으로서 넓고 끝이 날카로우며 안쪽으로 휘어진 두개의 큰턱을 가지고 있다. 큰턱을 다물 때는 우측 큰턱이 좌측 큰턱을 완전히 덮으며 포개지는 형태로 다물고 두부 안쪽으로 완전히 수납된다. 전형



**Fig. 7.** SEM images of mouthpart. (A) *Cyllorhynchites ursulus* dorsal view, (B) *Curculio sikkimensis* dorsal view, (C) *Paracynotrachelus longiceps* dorsal view, (D) *Cyllorhynchites ursulus* ventral view, (E) *Curculio sikkimensis* ventral view, (F) *Paracynotrachelus longiceps* ventral view. Scale bars = 100  $\mu$ m (B), 200  $\mu$ m (E), 400  $\mu$ m (A, C) and 500  $\mu$ m (D, F).

적인 씹는 형태의 큰턱 구조라고 할 수 있다.

전자현미경을 이용한 유사종과의 큰턱 형태 비교분석을 통해 큰턱의 운동 방향과 더 강하게 힘이 주어지는 방향을 유추할 수 있었다. 또한 비슷한 생활사를 가진 곤충이라도 큰턱이 다양한 형태로 진화했음을 알 수 있었다.

도토리거위벌레의 큰턱은 외부에 있는 이빨을 이용해 안쪽에서 바깥쪽으로 밀어내며 천공, 확장 및 절삭을 하고, 왕거위벌레의 큰턱은 안쪽으로 휘어진 형태로 절삭을, 밤바구미의 큰턱은 상하로 움직이며 천공을 한다. 각각의 종이 큰턱으로 확장, 천공, 그리고 절삭을 하는 기작을 큰턱의 해부학적 형태를 통해 연구하였으며, 이 연구를 바탕으로 기존의 회전형 드릴을 대체할 수 있는 천공장치에 적용하는 등 생태모방기술에의 응용이 기대된다.

## 적 요

도토리거위벌레는 큰턱을 이용하여 도토리에 구멍을 뚫고 가지를 자르는 독특한 행동을 한다. 이러한 행동을 이해하기 위해 다양한 현미경을 이용하여 구기의 해부학적 특징을 관찰하였다. 실체현미경을 이용한 연구에서는 도토리거위벌레 수컷의 평균 내전건과 외전건의 두께는

각각 32.87  $\mu$ m, 53.83  $\mu$ m이었고, 암컷의 평균 내전건과 외전건의 두께는 각각 40.81  $\mu$ m, 75.55  $\mu$ m이었다. 내전건과 외전건의 유의한 두께 차이로 인해 큰턱을 닫는 힘보다 벌리는 힘이 더 강하다는 것을 유추할 수 있다. 광학현미경을 이용한 관찰에서는 주둥이 안쪽에 위치한 내전건과 외전건의 너비 차이와 큰턱 쪽에서는 원형으로 위치하며 두부로 갈수록 납작해져 두부 외피 안쪽에 근육으로 연결된다는 것을 확인할 수 있었고, 내전건의 위치와 모양의 변화에 대한 관찰을 수행하였다. 전자현미경을 통한 연구에서는 외전건이 내전건보다 더 굵으며 이로 인해 큰턱을 안쪽으로 당기는 힘보다 바깥쪽으로 밀어내는 힘이 더 크다는 것을 확인하였다. 관찰 결과를 바탕으로, 도토리거위벌레, 밤바구미, 왕거위벌레의 큰턱의 형태와 이빨의 위치 그리고 큰턱의 움직임에 대해 비교 분석하였고, 도토리거위벌레가 보여주는 특징적인 행동은 해부학적/형태적 특징과 연관되어 있음을 확인할 수 있었다.

## 사 사

본 연구는 국립생태원 기초생태연구(생태모방연구, NIE-기반연구-2017-18)와 환경부의 재원으로 한국환경산

업기술원의 생태모방 기반 환경오염관리 기술개발사업의 지원(20190028000071)을 받아 수행된 연구임.

## REFERENCES

- Bae H, EJ Park and E Lee. 2019. Current concept of biomimicry - Ecological approach for sustainable development. Korean J. Environ. Ecol. 33:116-123.
- Byeon BH. 1991. Pest of September to October - *Mechoris ursulus*. Landscaping Tree 4:9.
- Gullan PK and PS Cranston. 2005. The Insect - An Outline of Entomology 3<sup>rd</sup> Edition. Worldscience, Seoul.
- Hammer Ø, DAT Harper and PD Ryan. 2001. PAST: PAleontological STatistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontol. Electronica 4:9. Available at [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Kang JY, BY Lee and GW Nam. 1975. Pest control of chestnut fruit. Ann. Res. Report 25:99-110.
- Kim JY, YK Kim, YR Lee and E Lee. 2017. Sexual size dimorphism of the mouthpart and antenna of *Cyllorhynchites ursulus* in Korea. Korean J. Environ. Biol. 35:515-520.
- Kim KC and CP Kim. 1984. Studies on damage, emergence, and overwintering of the chestnut curculio, *Curculio sikkimensis* in Chonnam province. Korean J. Plant Prot. 23:132-136.
- Kim YJ, C Yoon, SC Shin, KS Choi and GH Kim. 2008. Seasonal occurrence of the larvae and adults of chestnut weevil, *Curculio sikkimensis* (Coleoptera: Curculionidae). Korean J. Appl. Entomol. 41:9-15.
- Korea Forest Research Institute. 1987. Encyclopedia of Woody Plants of Korea. p. 496.
- Kwon HR, SH Kim, MW Park, SH Jo, HS Shin, HS Cho, MJ Seo, YM Yu and YN Youn. 2011. Environmentally-friendly control of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) by environmental friendly agricultural materials. Korean J. Agric. Sci. 38:413-419.
- Lee KH. 1997. Oviposition and branch-cutting behavior of *Mechoris ursulus* Roelofs. MS thesis. Seoul National University.
- Mun IS. 2011. Disease and pest control - Disease and insect pest of laul scapicy tree - cutting down oak branches *Mechoris ursulus*. Landscaping tree 123:31-32.
- Noh HC. 1999. Reproductive behavior and strategies for male-male competition of *Mechoris ursulus* Roelofs (Coleoptera: Attelabidae). MS thesis. Seoul National University.
- Park JY. 2005. Study on systematic and ecology of the Attelabidae (Coleoptera) from Korea. PhD thesis. Andong National University.
- Park JY and JG Park. 2014. Analysis of host preference of sub-family Apoderinae (Coleoptera: Attelabidae). Korean J. Nat. Conserv. 8:39-46.