

Nimfal *Conocephalus fuscus fuscus* (Fabricius, 1793) (Orthoptera, Tettigoniidae)'ta Proventrikulusun Histomorfolojik Özellikleri

Damla Amutkan Mutlu^{1*}, Irmak Polat², Zekiye Suludere²

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06500, Ankara, Türkiye

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 18200, Çankırı, Türkiye

Öne Çıkanlar

- Nimfal *Conocephalus fuscus fuscus*'ta proventrikulusun morfolojik ve yapısal özellikleri incelenmiştir.
- Çalışmada ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri kullanılmıştır.
- Diğer böcek türlerinin proventrikulusu ile benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konmuştur.

Makale Bilgileri

Geliş: 29.03.2021
Kabul: 06.05.2021

Anahtar Kelimeler

Ön bağırsak,
Morfoloji,
Histoloji,
Işık mikroskobu,
Taramalı elektron
mikroskobu,
Conocephalus fuscus
fuscus

Özet

Böceklerde sindirim sisteminin morfolojisindeki çeşitlilik, birçok araştırmacıyı, proventrikulusa özel vurgu yaparak, onu sistematik ve filogenik karakter olarak kullanmaya yöneltmiştir. Bu çalışmada, nimfal *Conocephalus fuscus fuscus* (Fabricius, 1793) (Orthoptera, Tettigoniidae), 2017 ve 2018 yıllarının Haziran ayında Ankara-Çankırı yolu üzerindeki arazilerden toplanmış ve disekte edilen proventrikulus yapısı ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskop yöntemleriyle incelenmiştir. *C. fuscus fuscus* dıştan içe doğru kas tabakası ve epitel tabakasından oluşmaktadır. Epitel tabakasının apikal yüzeyinde farklı kalınlıklarda kütikül tabakası yer almaktadır. *C. fuscus fuscus*, 6 skletorize tabanlı uzunlamasına dişi olan proventrikulusa sahiptir. Her uzunlamasına merkezi dişin apikal tarafında kısa dikenler ve bazal tarafında tüy benzeri çıkıntılar vardır. Proventrikulus yapısı, Orthoptera takımındaki diğer türlerin proventrikulusuna benzer temel bir morfolojik model sunar. Ancak diğer böcek türleri ile karşılaştırıldığı zaman uzunlamasına diş üzerinde bulunan dikenlerde bazı farklılıklar olduğunu gözlemledik. Sonuçlar, iç morfolojinin, bu analizlerde böceklerde filogeninin araştırılmasında kullanılabilecek bir karakter olduğunu doğrulamaktadır.

Histomorphological Features of Proventriculus in Nymph of *Conocephalus fuscus fuscus* (Fabricius, 1793) (Orthoptera, Tettigoniidae)

Highlights

- Morphological and structural features of proventriculus in nymph of *Conocephalus fuscus fuscus* were examined.
- Light microscope and scanning electron microscope methods were used in this study.
- Similarities and differences with the proventriculus of other insect species have been revealed.

Article Info

Received: 29.03.2021
Accepted: 06.05.2021

Keywords

Foregut,
Morphology,
Histology,
Light microscope,
Scanning electron
microscope,
Conocephalus fuscus
fuscus

Abstract

The variety in the morphology of the digestive system in insects has led several researchers to use it as systematics and phylogeny character, with special emphasis on the proventriculus. In this study, the nymph of *Conocephalus fuscus fuscus* (Fabricius, 1793) (Orthoptera, Tettigoniidae) was collected from the lands on the Ankara-Çankırı road in June 2017 and 2018, and the dissected proventriculus structure was examined using light microscopy and scanning electron microscopy methods. *C. fuscus fuscus* consists of the muscle layer and epithelial layer from the outside to the inside. There is a cuticle layer of different thickness on the apical surface of the epithelial layer. *C. fuscus fuscus* has proventriculus with 6 sclerotized base longitudinal teeth. Each longitudinal central tooth has short denticles on the apical side of it and hair-like protrusions on the basal side of it. The proventriculus structure presents a basic morphology pattern similar to that of other Orthopteran species. However, we observed that some differences about the denticles founded on the longitudinal tooth when it is compared with other insect species. The results confirm that internal morphology is a character that can be used in studies of the phylogeny in insects in these analyses.



GİRİŞ

Böceklerde sindirim sistemi, ağızdan başlayıp anüsün sonuna kadar devam eden tüp şeklinde bir yapıdır. Böceklerin sindirim sistemi temel olarak ön bağırsak, orta bağırsak ve son bağırsak olmak üzere üç bölgeye ayrılır [1-12]. Farinks, özofagus, kursak ve proventrikulus kısımlarından meydana gelen ön bağırsak gıdanın yutulması, taşınması, depolanması, öğütülmesi ve ilk sindiriminden sorumludur [10]. Gastrik çekum ve ventrikulustan oluşan orta bağırsak, besinlerin sindirilmesi ve emiliminde görev yapmaktadır [7, 8, 11]. Arka bağırsak ise ileum, kolon ve rektum olmak üzere üç kısma ayrılır. Bu kısımlar suyun geri emilimi ve dışkı oluşumunu gerçekleştirirler [2, 9].

Proventrikulus ön bağırsağın son bölgesidir. Yapısındaki büyük dişlerden dolayı çiğneyici mide olarak da isimlendirilir. Gıda parçacıklarının ezilmesinden ve filtrelenmesinden sorumludur. Bu yüzden sindirim kanalının en özel bölgesidir [13-15].

Uzun kanatlı ve huni kafalı olan *Conocephalus fuscus fuscus* (Fabricius, 1793) (Orthoptera), Tettigoniidae ailesinin bir üyesidir ve Avrupa'nın çoğunda ve Asya'nın ılıman bölgelerinde yayılış göstermektedir. Son yıllarda küresel iklimde yaşanan değişiklikler, bu türün yayılmasında oldukça önemli bir etki yaratmıştır. *C. fuscus fuscus*, esas olarak otlarla beslenen fitofag bir türdür. Bitkilerin besin kalitesinde önemli bir düşüşe ve küresel ekonomide büyük kayıplara neden olmaktadır [16, 17]. Bir böceğin biyolojisinin bilinmesi, fizyolojik sürecinin daha iyi anlaşılması ve zararlı kontrol stratejilerinin geliştirilmesi için gereklidir. Böceklerde proventrikulusun histolojisi ve ince yapısı ile ilgili çalışmalar çok sınırlı olduğundan, daha önce ışık ve elektron mikroskobu düzeyinde çalışılmamış nimfal *C. fuscus fuscus*'un proventrikulusunun yapısını incelemeyi amaçladık. Bu çalışmada elde edilen verilerin, böcek dokuları hakkında çeşitli deneysel, taksonomik, histolojik ve ultrastrüktürel çalışmalara katkı sağlayacağını umuyoruz.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

C. fuscus fuscus'un nimfleri, 2017 ve 2018 yıllarının Haziran ayında Ankara-Çankırı yolu üzerindeki arazilerden toplanmış ve Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Zooloji Laboratuvarına getirilmiştir. Leica EZ4 marka stereomikroskop altında disekte edilen sindirim sisteminin genel fotoğrafı çekildikten sonra çalışmanın konusu olan proventrikulus kısımları sindirim kanalından ayrılmış ve ışık mikroskobu (IM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri için ayrı ayrı hazırlanmıştır.

2.1. Histolojik Analizler

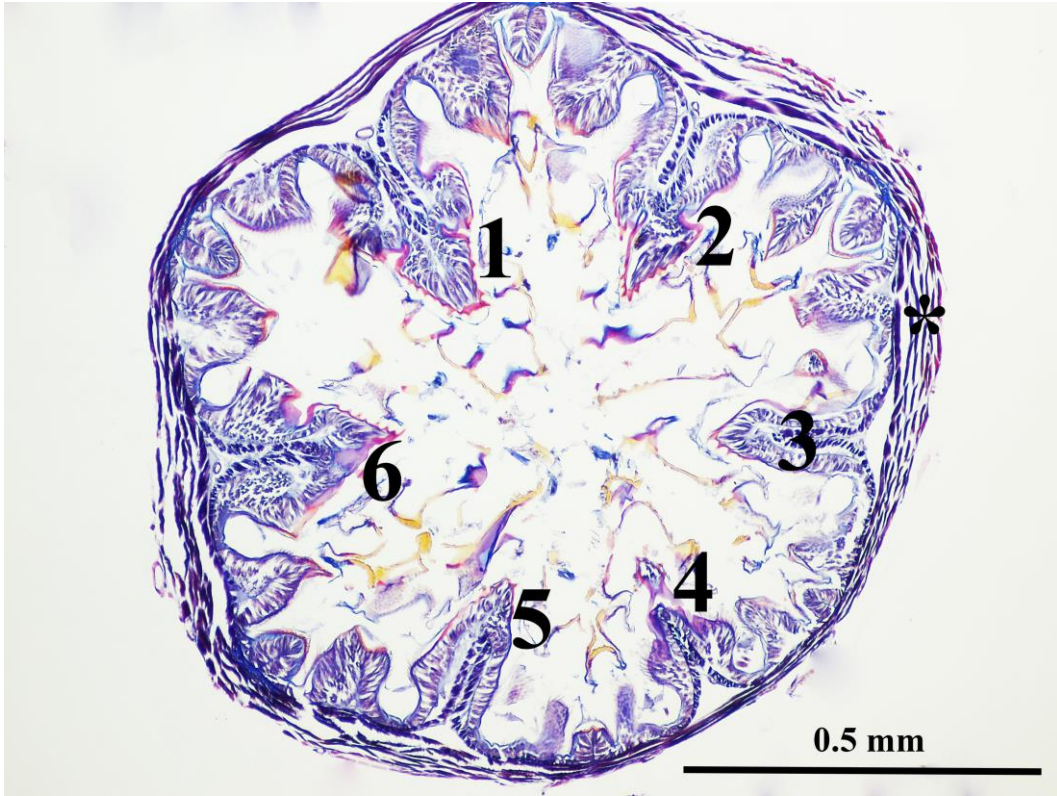
Disekte edilen proventrikulus kısımları Formaldehit solüsyonu içerisinde 24 saat tespit edilmiştir. Dokular artan alkol serilerinden (%70, %80, %90 ve %100) geçirilerek dokuların dehidrasyonu yapılmıştır. Ksilolde yıkanan örnekler parafin içerisine gömülmüştür. Parafin bloklardan alınan 6-7 mikron kalınlığında kesitler Hematoksilen-Eozin (H&E) ve Mallory 3'lü boya ile boyanmıştır. Daimi preparat haline getirilen kesitler Leica ICC50 marka ışık mikroskobunda incelenmiş ve farklı büyütme oranlarında fotoğraflar çekilmiştir [18]. Işık mikroskobu çalışmaları Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Zooloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu

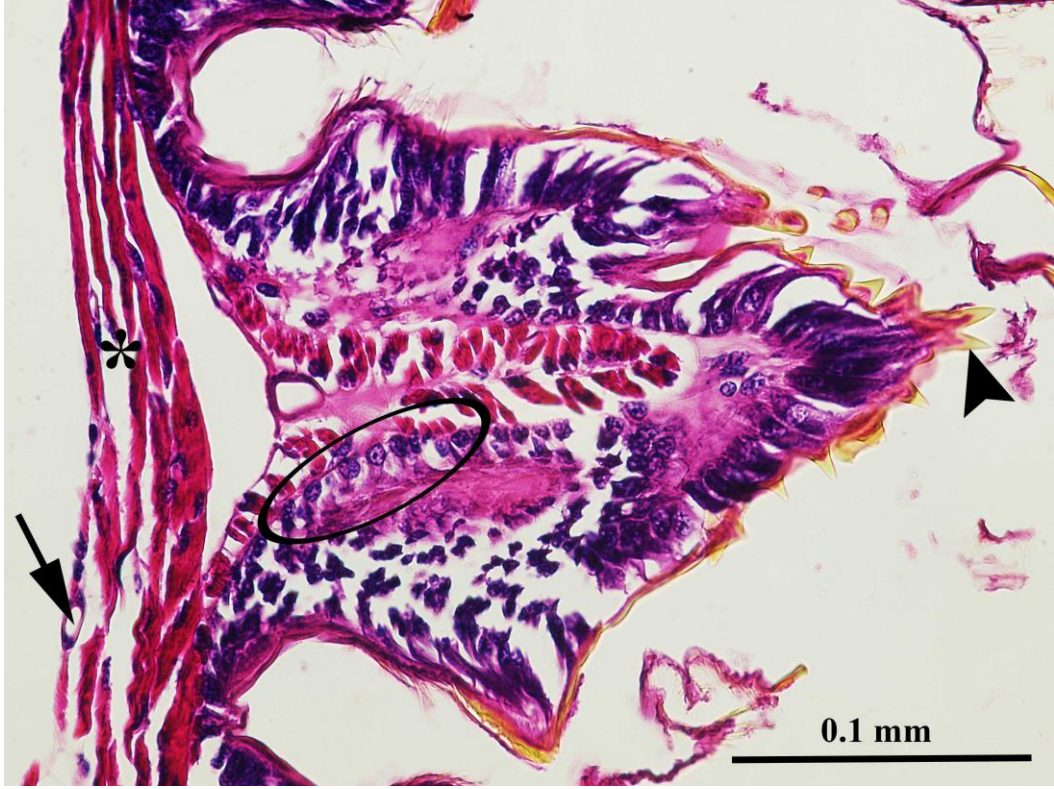
Proventrikulus kısımları 24 saat Gluteraldehitte tespit edildikten sonra fosfat tamponuyla yıkanmıştır. Ardından artan alkol serilerinden (%70, %80, %90 ve %100) geçirilerek dehidrasyonu gerçekleştirilmiştir. Dokular kritik noktada kurutma cihazı (Polaron CPD 7501 Critical Point Drier) kullanılarak kurutulmuş ve SEM staplarına yerleştirilen dokuların yüzeyi Polaron SC502 Sputter Coater ile altınla kaplanmıştır. Kaplanan örneklerin JEOL JSM-6060LV SEM cihazında genel fotoğrafları çekilmiş, sonrasında kırılarak farklı büyütme oranlarında fotoğrafları alınmıştır [18]. Elektron mikroskop çalışmaları Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Prof. Dr. Zekiye SULUDERE Elektron Mikroskop Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

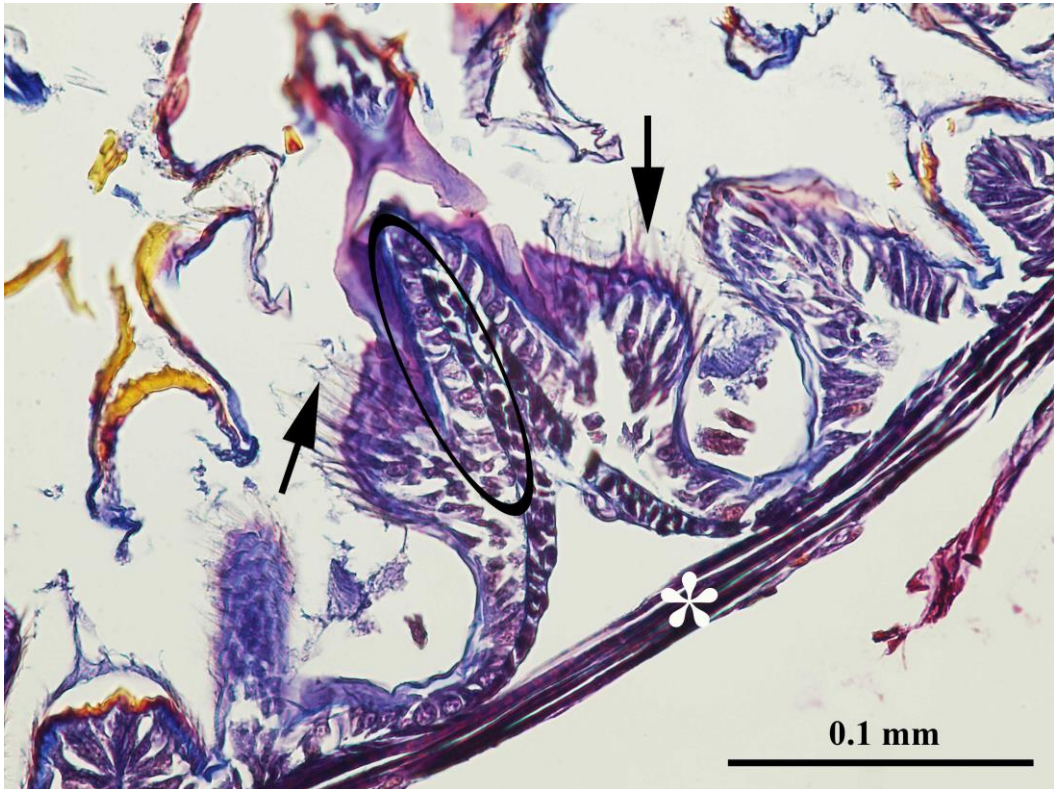
Proventrikulus ön bağırsağın son kısmında yerleşim gösteren bir organdır. Proventrikulusu dıştan çevreleyen yoğun bir bağ dokusu tabakası bulunur (Şekil 1). Bu tabakanın üzerinde kas tabakası ve trakeler de seçilir (Şekil 1-3). Enine geçen kesitlerde kas tabakasındaki hücrelerin yassı çekirdeklere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 2). Lümeneye doğru bağ dokusunun üzerinde ince bir bazal laminaya oturmuş tek tabakalı epitel yer almaktadır. Epitel tabakasında bulunan hücreler yer yer kübik veya kısa-uzun silindirik şekillerde görülmektedir (Şekil 2, 3). Epitel tabakasının lümeneye bakan apikal yüzeyinde kalın bir kütikül tabakası yer almaktadır (Şekil 1-3). Bu tabaka yer yer kalınlaşarak proventrikulus lümenine doğru girinti yapmaktadır. Bu yaptığı girintilere bağlı olarak 6 adet sklerotize diş grubundan meydana geldiğini gözlenmiştir (Şekil 1). Her grupta ortada bir adet merkezi diş ve merkezi dişin her iki tarafında boyu daha kısa olan lateral loblar bulunmaktadır. Bu yapıların aralarında ise çok daha küçük üçgen şekilli dişçikler yer alır. Bu dişlerin tepe bölgeleri tabanlarına göre daha ince görülmektedir (Şekil 1). Merkezi dişlere ışık ve elektron mikroskobunda yüksek büyütmelede bakıldığında iki kısımdan meydana geldiği gözlenmiştir. Bu kısımlardan biri; kısa, dallanma göstermeyen ve çok sayıda dikenlerin yer aldığı apikal bölgedir (Şekil 4, 5). Diğer kısım ise merkezi dişin bazal bölgesidir. Bu bölgede dişlerin taban kısmında daha ince, uzun ve sık dizilim gösteren çok sayıda tüy benzeri çıkıntının olduğu gözlenmiştir (Şekil 6). Taban kısmındaki bu tüy benzeri yapılar çok sayıda dallanma yapmaktadırlar (Şekil 7).



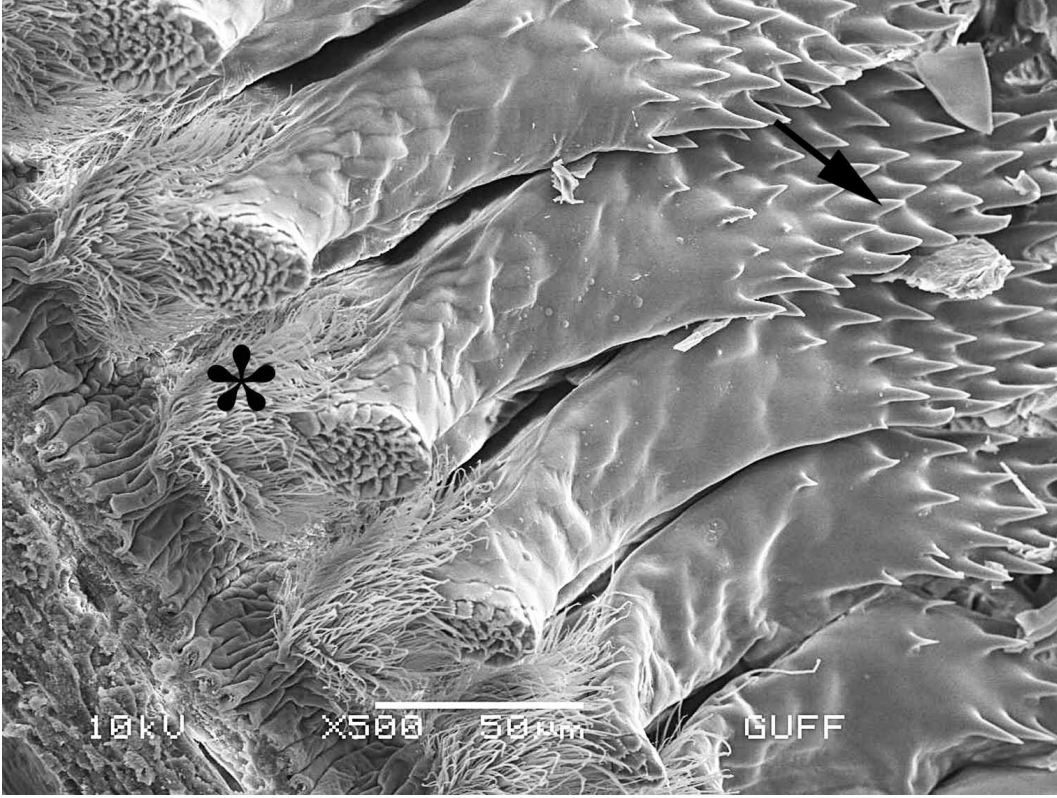
Şekil 1. Geniş sklerotize tabanlı altı diş grubu olan proventrikulusun enine kesiti. Kas tabakası: * (IM, Mallory 3'lye boyası, X100)



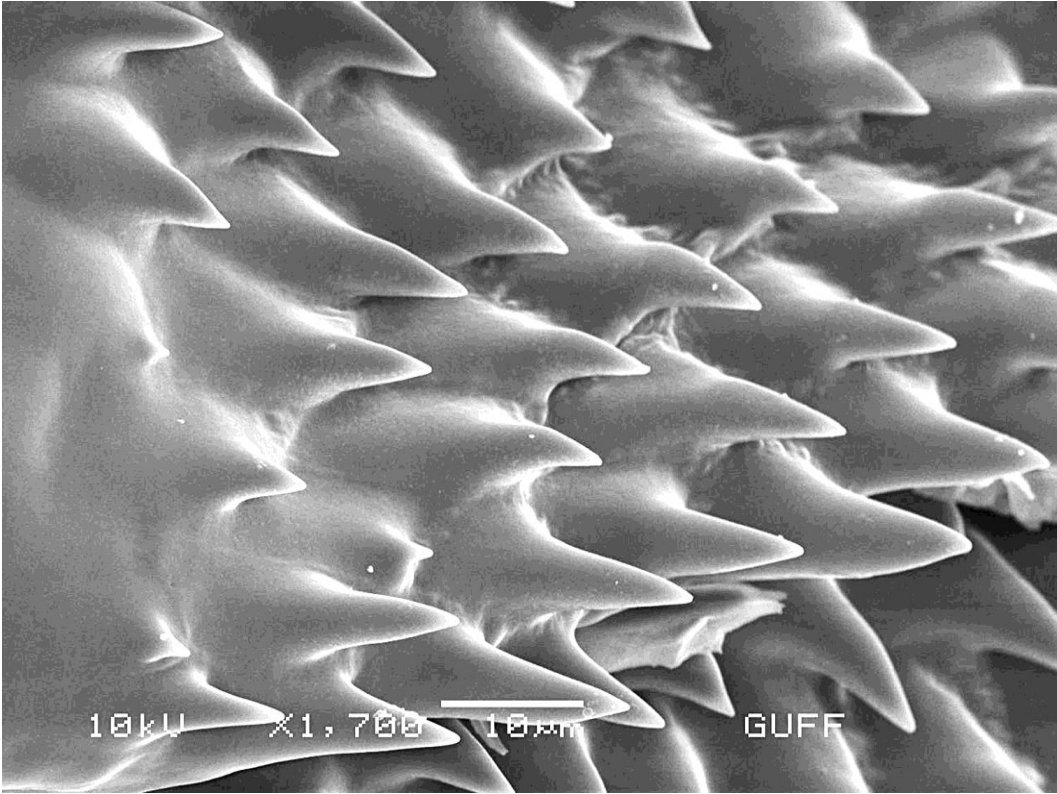
Şekil 2. Proventrikulusun enine kesitindeki geniş sklerotize tabanlı altı merkezi dişten birinin yüksek büyütmede görünümü. Kas tabakası: *, trake: →, epitel tabakasında bulunan hücrelerin çekirdekleri: O, kütikül tabakası: ▶ (IM, H&E, X400)



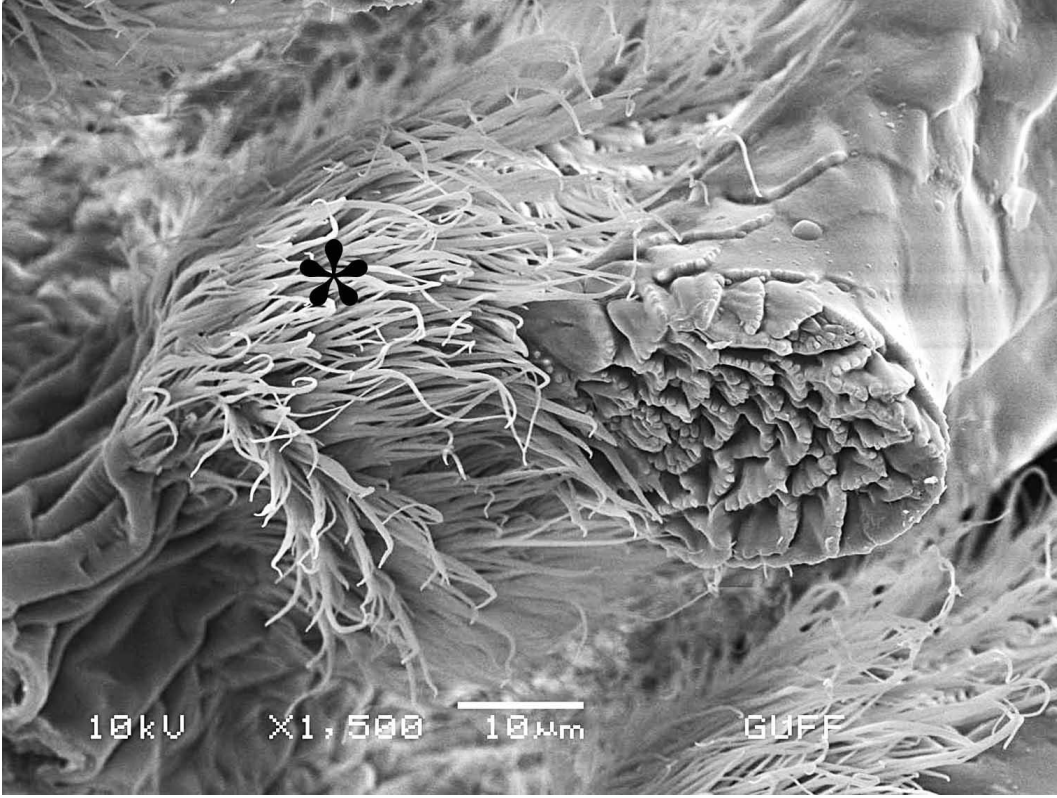
Şekil 3. Proventrikulusun enine kesitinde merkezi dişlerin tabanında bulunan tüy benzeri çıkıntılar (→). Kas tabakası: *, epitel tabakasında bulunan hücrelerin çekirdekleri: O (IM, Mallory 3'lü boyası, X400)



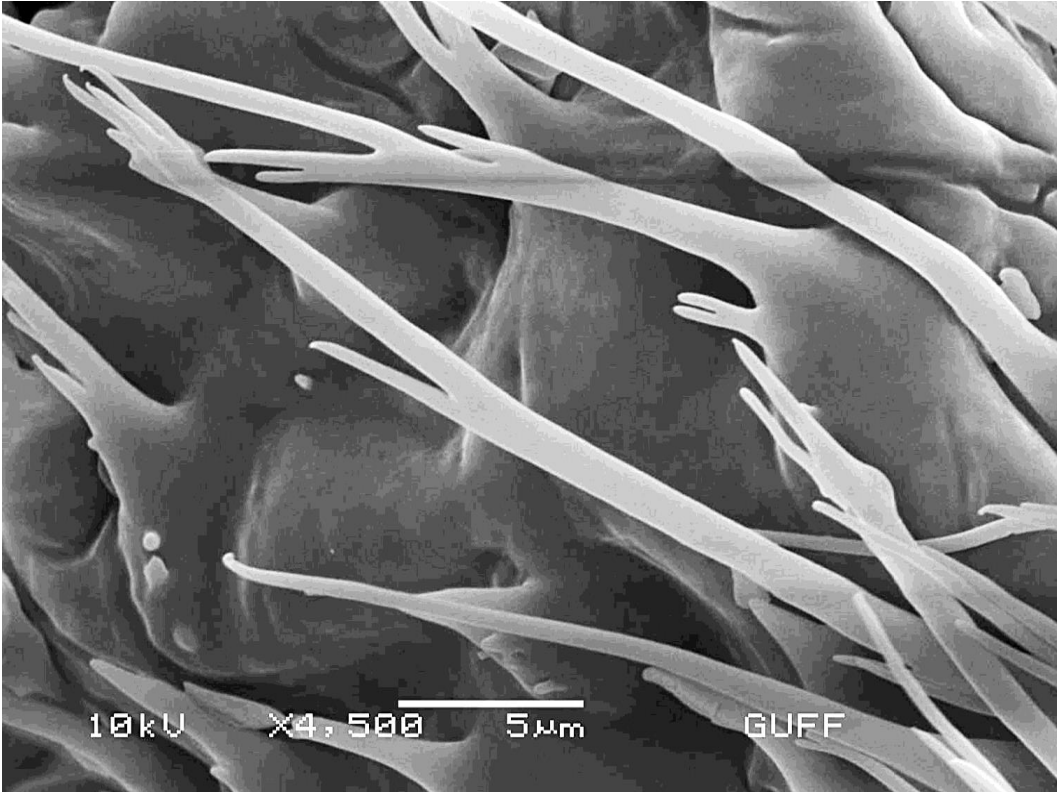
Şekil 4. Proventrikulusun kesitinde merkezi dişlerin apikalinde bulunan kısa dikenler (→) ve bazalinde bulunan tüy benzeri çıkıntılar (*) (SEM)



Şekil 5. Proventrikulusun kesitinde merkezi dişlerin apikalinde bulunan kısa dikenlerin yüksek büyütmede görünümü (SEM)



Şekil 6. Proventrikulusun kesitinde merkezi dişlerin bazalında bulunan tüy benzeri çıkıntıların (*) yüksek büyütmede görünümü (SEM)



Şekil 7. Proventrikulusun kesitinde merkezi dişlerin bazalında bulunan tüy benzeri çıkıntılarının yüksek büyütmede görünümü (SEM)

4. TARTIŞMA

Böcek türlerinde sindirim sistemi genel olarak ön bağırsak, orta bağırsak ve son bağırsaktan meydana gelmektedir. Bu bölgelerdeki morfolojik farklılık, çeşitli gruplarda sistematik ve filogenetik bir karakter olarak kullanılmaktadır [19-21].

Cırcır böceklerinin büyük çoğunluğu doğada her yerde bulunur, ancak bu, cırcır böceklerinin bulunduğu takımdaki farklı türlerin diyetlerinin tamamen aynı olduğu anlamına gelmemektedir [22]. Aynı cins içerisinde bile türlerin bazılarının predatör olduğu ve yumurta, pupa gibi savunmasız avlarla beslendikleri rapor edilmiştir [22, 23]. Bland ve Rentz (1991), ot veya bitkiyle beslenen çekirgelerin proventrikulusta bulunan diş yapılarının yırtıcı türlerle beslenen çekirgelere göre farklı olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu farklılığın da taksonomik karakter olarak kullanılmasına işaret etmektedirler [22, 24]. Benzer şekilde, çekirgelerin proventrikulus yapılarının, Gryllidae, Phalangopsidae [20], Gryllacrididae [24], Oecanthidae, Trigonidiidae, Eneopteridae, Mogoplistidae ve Gryllidae [25] familyalarında taksonomik karakter olarak kullanılması için güçlü bir araç olduğu öne sürülmüştür.

Sistematik ve taksonomik karakter olarak kullanılan ve böceklerin sindirim sisteminde bulunan sklerotize dişler, dişçikler, dikenler veya tüy benzeri çıkıntılar gibi ön bağırsağın kütiküler tabakası, böcek takımları arasında türden türe değişiklik gösterebilir [21, 26-28].

Bu çalışmada elde edilen verilerde, proventrikulusta bulunan her bir sklerotize tabanlı dişin tüy benzeri çıkıntılarının bulunduğu bazal bölge ve kısa dikenlerin yer aldığı apikal bölge olmak üzere iki bölgeye ayrıldığı görülmektedir. Bu özellik türün bulunduğu takım içerisindeki ve diğer takımlarda bulunan böcek türlerinde değişik şekillerde olabilmektedirler. Örneğin Hymenoptera takımındaki türlerle yapılan bir çalışmada proventrikuler dişlerin sadece apikal kısmında çok sayıda tüy benzeri çıkıntılarının bulunduğu rapor edilmiştir [13]. Isoptera takımındaki türlerde proventrikulus morfolojisinin diyetle doğrudan bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Selülozla beslenen termitlerin, selüloz içermeyen besinlerle beslenen türlere kıyasla daha güçlü proventrikular dişlere ve güçlü sklerotize apendislere sahip bir proventrikulus yapısı gösterdiği ifade edilmiştir [29]. *Endecous* (Grylloidea, Phalangopsidae) cinsinde ise 6 sklerotize dişle beraber orta ve yan kısımlarında yer alan dişçiklerin bulunduğu belirtilmiştir [22, 29]. *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera, Gryllidae)'un proventrikulusunda *C. fuscus fuscus*'un proventrikulusunda olduğu gibi 6 merkezi dişin bulunduğu Woodring and Lorenz (2007)'in çalışmasında ortaya konmuştur [30].

Orthoptera takımından Tettigoniidae familyasına [31] ve Grylloidea familyasına [32] ait türlerle yapılan çalışmalarda da ufak farklılıklar olmakla beraber proventrikulusun kütikular yapısı oldukça benzerlik göstermektedir. Yapılan araştırmalarda *Elimaea punctifera* (Walker, 1869), *Isopsera nigroantennata* Hsia & Liu, 1992, *Isopsera tonkinensis* Carl, 1914, *Isopsera denticulata* Ebner, 1939, *Holochlora venosa* Stal, 1873, *Parapsyra nigrovittata* Hsia & Lin, 1992, ve *Phaneroptera gracilis* Burmeister, 1838 gibi pek çok Tettigoniidae türünde proventrikulusun genellikle çıkıntı şeklinde 6 adet sklerotize yapıdan oluştuğu görülmektedir [33]. Farklı terimlerle isimlendirilseler de *Bolua turkiyae*, *Gampsocleis sedakovii*, *Metrioptera ussuriiana*, *Tettigonia caudata*, ve *Uvarovites inflatus*'ta proventrikulus 1 merkezi çıkıntı ve 2 lateral lobdan oluşan 6 adet sklerotize yapıdan meydana gelmektedir [31, 34]. Yine Tettigoniidae türleri olan *Poecilimon cervus* ve *Isophya nervosa*'da 6 adet sklerotize çıkıntı bulunmaktadır [18, 21]. *C. fuscus fuscus*'un proventrikulusunun, araştırmacıların daha önce yaptıkları çalışmalarda inceledikleri tüm bu türlerin proventrikulus yapısıyla yakın benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Böceklerin proventrikulusunda bulunan bu dişlerin düzenlenmesi, sayısı, boyutu, dikenlerin şekli sistematik ve taksonomik karakter olarak kullanılması önem taşımaktadır.

Genel olarak, ortopteroid böceklerde, proventrikulusta bulunan kütiküler çıkıntılar daha belirgin ve çeşitli şekillerde olma eğilimindedir. Bu çeşitliliğe bağlı olarak üstlendikleri görevde de farklılık olabilmektedir. *C. fuscus fuscus*'ta dahil Orthoptera takımındaki türlerin proventrikulusun iyi gelişmiş sklerotize tabanlı dişlere sahip olmasının nedeni, besinlerin öğütülmesinde ve mekanik olarak parçalanmasında rol

oyunamalarıdır [34]. Bununla birlikte, Acrididae familyasındaki türlerin proventrikulusunda bulunan dişler gıdanın orta bağırsağa geçişinin düzenlenmesi için kapak işlevine katkıda bulunacağı varsayılmıştır [27]. Diğer böcek takımlarına bakıldığında, Coleoptera takımına ait türlerde bulunan proventrikulusunun, sadece kapakçık olarak değil, aynı zamanda öğütme görevi de üstlendiği görülmüştür. Lümeneye doğru dişlerin girinti yapması, lümeni neredeyse tamamen kaplar ve bir kapak görevi yapar. Hymenoptera takımına ait türlerde ise, proventrikulus, öğütme yerine yalnızca kapakçık olarak hizmet etmektedir [28].

Bu çalışmanın sonuçları, *C. fuscus fuscus*'taki proventrikulusun histolojik ve morfolojik yapısının, bazı morfolojik farklılıklara rağmen, diğer Orthoptera türlerinin ön bağırsak yapıları ile önemli benzerliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bu verilerin daha sonraki deneyler için temel oluşturacağı ve yapılacak taksonomik çalışmalara da katkı sağlayabilmesinin yanı sıra, böcek kontrolü için geliştirilebilecek yöntemlerin değerlendirilmesi için de büyük potansiyele sahip olması umulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Lee, W. Y., Chen, M. E., and Lin, T. L. (1998). Morphology and ultrastructure of the alimentary canal of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) (I): the structure of the foregut and cardia. *Zoological Studies*, 1 (37), 95-101.
- [2] Levy, S. M., Falleiros, Â. M., Moscardi, F., Gregório, E. A., and Toledo, L. A. (2004). Morphological study of the hindgut in larvae of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, 33 (4), 427-431.
- [3] Levy, S. M., Falleiros, Â. M., Moscardi, F., Gregório, E. A., and Toledo, L. A. (2008). Ultramorphology of digestive tract of *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) at final larval development. *Semina: Ciências Agrárias*, 29 (2), 313-321.
- [4] Bution, M. L., Caetano, F. H., Britto, F. B., Gomes, G. T., and Zara, F. J. (2006). Histology and histochemistry of the ventriculus of *Dolichoderus* (= *Monacis*) *bispinosus* (Olivier, 1792) (Hymenoptera: Formicidae). *Micron*, 37 (3), 249-254.
- [5] Boonsriwong, W., Sukontason, K., Olson, J. K., Vogtsberger, R. C., Chaithong, U., Kuntalue, B., Ngerklun, R., Upakut, S., and Sukontason, K. L. (2007). Fine structure of the alimentary canal of the larval blow fly *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae). *Parasitology Research*, 100 (3), 561-574.
- [6] Rubio, G., José, D., Bustillo, P., Alex, E., Vallejo, E., Luis, F., José, R., Acuña, Z., and Pablo Benavides, M. (2008). Alimentary canal and reproductive tract of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Neotropical Entomology*, 37 (2), 143-151.
- [7] Serrão, J. E., Ronnau, M., Neves, C. A., Campos, L. A., and Zanuncio, J. C. (2008). Ultrastructure of anterior midgut region of corbiculate bees (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101 (5), 915-921.
- [8] Fialho, M. D., Zanuncio, J. C., Neves, C. A., Ramalho, F. S., and Serrão, J. E. (2009). Ultrastructure of the digestive cells in the midgut of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) after different feeding periods on prey and plants. *Annals of the Entomological Society of America*, 102 (1), 119-127.
- [9] Santos, C. G., Neves, C. A., Zanuncio, J. C., and Serrão, J. E. (2009). Postembryonic development of rectal pads in bees (Hymenoptera, Apidae). *The Anatomical Record*, 292 (10), 1602-1611.
- [10] De Sousa, G., Scudeler, E. L., Abrahão, J., and Conte, H. (2013). Functional morphology of the crop and proventriculus of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 106 (6), 846-852.
- [11] Gonçalves, W. G., Fernandes, K. M., Barcellos, M. S., Silva, F. P., Magalhaes-Junior, M. J., Zanuncio, J. C., Martins, G. F., and Serrão, J. E. (2014). Ultrastructure and immunofluorescence of the midgut of *Bombus morio* (Hymenoptera: Apidae: Bombini). *Comptes Rendus Biologies*, 337 (6), 365-372.
- [12] Harris, M. N., Azman, S., and Nurul Wahida, O. (2019). Gross anatomy and histology of alimentary system of stick insect, *Pylaemenes mitratus* (Phasmid: Basillidae). *Serangga*, 24 (1), 151-158.
- [13] Serrão, J. E. (2001). A comparative study of the proventricular structure in corbiculate apinae (Hymenoptera, Apidae). *Micron*, 32, 379-385.
- [14] Serrão, J. E. (2005). Proventricular structure in solitary bees (Hymenoptera: Apoidea). *Organisms Diversity & Evolution*, 5, 125-133.

- [15] Serrão, J. E. (2007). Proventricular structure in the bee tribe Augochlorini (Hymenoptera: Halictidae). *Organisms Diversity & Evolution*, 7, 175-180.
- [16] Ragge, D. R. (1965). *Grasshoppers, Crickets and Cockroaches of the British Isles*. London: Frederick Warne & Co., 272-274.
- [17] Sadiq, S., Panhwar, W. A., Sultana, R., Saeed, M., Wagan, S. A., and Ahmed, S. (2017). New record of *Conocephalus (Anisoptera) fuscus* (Fabricius, 1793) (Conocephalinae: Tettigoniidae: Orthoptera) from Pakistan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (3), 1431-1434.
- [18] Polat, I. (2016). *Poecilimon cervus* Karabag, 1950'un Sindirim, Boşaltım, Dişi ve Erkek Üreme Sisteminin Ultrastrüktürel Özellikleri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-187.
- [19] Mews, C. M., Szinwelski, N., and Sperber, C. F. (2009). Comparison of proventricular structure among adults and nymphs of six cricket species (Orthoptera: Grylloidea). *Características Morfológicas Externas E Internas De Machos, Fêmeas E Ninfas Para A Identificação De Grilos*, 65-81.
- [20] Fontanetti, C. S. and Zefa, E. (2000). Morphological characterization of the proventriculus of *Gryllus assimilis* Fabricius (Orthoptera, Gryllidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 17 (1), 193-198.
- [21] Amutkan Mutlu, D. and Suludere, Z. (2020). Ultrastructure of the proventriculus in adult *Isophya nervosa* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Munis Entomology and Zoology*, 15 (2), 647-654.
- [22] Fontanetti, C. S., Zefa, E., Passetti, F., and Mesa, A. (2002). Morphological characterization and comparative analysis of the proventriculus from three species of *Endecous* Saussure, 1878 (Orthoptera: Gryllidae: Phalangopsinae). *Entomotropica*, 17 (1), 15-23.
- [23] Walker, Tj. and Masaki S. (1989). Natural History. *Cricket Behavior and Neurobiology*. London: Cornell University Press. 1-42.
- [24] Bland, T. G. and Rentz, D. C. F. (1991). Studies in Australian Gryllacrididae: the proventriculus as a taxonomic character. *Invertebrate Taxonomy*, 5, 443-455.
- [25] Judd W. W. (1948). A comparative study of the proventriculus of orthopteroid insects with reference to its use in taxonomy. *Canadian Journal Research*, 26, 93-161.
- [26] Muralirangan, M. C. and Ananthakrishnan, T. N. (1974). Taxonomic significance of the foregut armature in some Indian Acridoidea (Orthoptera). *Oriental Insects*, 8 (2), 119-145.
- [27] Bentos-Pereira, A. and Lorier, E. (1995). Taxonomic value of the cuticular structures of the stomodeum in Acridomorpha (Orthoptera). *Journal of Orthoptera Research*, 4, 185-195.
- [28] Kerkut, G. A. (2013). Structure of the Digestive Ssystem. *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry, and Pharmacology. Regulation: Digestion, Nutrition, Excretion*. Oxford: Pergamon Press, 165-212.
- [29] Szinwelski, N., Rodrigues, M. S., Pereira, M. R., Serrão, J. E., and Sperber, C. F. (2009). Proventriculus of three nemobiinae crickets (Orthoptera: Grylloidea: Trigonidiidae). *Journal of Orthoptera Research*, 18 (1), 59-63.
- [30] Woodring, J. and Lorenz, M. W. (2007). Feeding, nutrient flow, and functional gut morphology in the cricket *Gryllus bimaculatus*. *Journal of Morphology*, 268, 815-825.
- [31] Wang, Y., Su, Y., Zhang, X., Li, N., and Ren, B. A. (2012). A comparative study of the proventriculus structure in twenty Chinese Tettigoniidae (Orthoptera) species. *Entomologica Fennica*, 23, 140-148.
- [32] Li, X., Ren, B., Zou, Y., Zhang, J., and Wang, Y. (2011). The study of proventricular micromorphological charazterization of ten Grylloidea species (Orthoptera: Grylloidea) from China. *Zootaxa*, 2906, 52-60.
- [33] Li, Z. and Zheng, Z. (2007). Studies on the internal structure of the foregut of Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae). *Oriental Insects*, 41, 327-337.
- [34] Polat, I. (2021). Morphological and ultrastructural characterization and cuticular armature of the proventriculus in *Bolua turkiyae* Ünal, 1999 (Orthoptera: Tettigoniidae). *Microscopy Research and Technique*. <https://doi.org/10.1002/jemt.23734> (baskıda).