

Epifragma Mineral Bileşiminin ve Oluşum Sürecinin Dört Kara Salyangozu Türünde (Mollusca: Gastropoda: Helicidae) İncelenmesi

Hülya Şereflişan^{1*}

¹Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun/ Hatay, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 01.10.2019
Kabul: 04.03.2020
Yayın: 22.05.2020

Araştırma Makalesi

Öz – Kara salyangozları, iklim koşullarının sert olduğu kuru veya sıcak aylarda uyku hali süreci olan estivasyon dönemine girerken, apertür kabuk açıklığını kapatan, vücut sıvısını koruyan ve yumuşak dokuların mekanik hasarını önleyen epifragma tabakasını oluşturmaktadırlar. Bu çalışmada, *Helix pomacella*, *Eobania vermiculata*, *Helix melanostoma* ve *Helix asemnis* türü kara salyangozlarında, epifragma oluşumu ve mineral bileşimi araştırılmıştır. Olgun bireylerden seçilen seksen adet salyangoz, içinde 10 cm derinliğinde humuslu toprak bulunan, 60x60x45 cm büyüklüğündeki dört adet pene yerleştirilmiştir. Salyangozları estivasyona teşvik etmek için sıcaklığın yüksek olduğu Haziran ayında besleme sonlandırılmış ve nem için spreyleme yapılmamıştır. Estivasyon sürecinde oluşan epifragma tabakasının iyonik konsantrasyonu (kalsiyum, demir ve fosfor) analiz edilmiş ve oluşum süresi incelenmiştir. Araştırmada *H. pomacella*, *E. vermiculata*, *H. melanostoma* ve *H. asemnis*'in apertür genişliği ölçülmüş ve sırasıyla 15.6 ± 0.28 mm, 8.1 ± 0.21 mm, 19.4 ± 0.21 mm ve 22.8 ± 0.28 mm olduğu belirlenmiştir. Epifragma oluşum süresi en düşük *E. vermiculata*'da (9 ± 0.35 gün), en yüksek *H. asemnis*'te (15 ± 0.22 gün) olduğu görülmüştür. İyonik konsantrasyonu bakımından en yüksek kalsiyum oranı *H. asemnis*'te (32.52 ± 0.22 mg/g), en yüksek fosfor oranı (4.13 ± 0.18 mg/g) *E. vermiculata*'da ve en yüksek demir oranı ise *H. pomacella*'da (20.78 ± 0.25 mg/g) bulunmuştur. Araştırmada, dört salyangoz türünden elde edilen epifragma ağırlığının, kabuk genişliği, canlı ağırlık ve apertür genişliği ile doğrusal değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, kara salyangoz yaşamında estivasyon aracı olan epifragma'nın, canlı kültüründe ve sürdürülebilir biyoçeşitlilikte oldukça önemli bir yapı olduğuna dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler – *Helicidae*, epifragma , apertür, sıcaklık, Ca, estivasyon

Investigation of Epiphragm Mineral Composition and Formation Process in Four Land Snail Species (Mollusca: Gastropoda: Helicidae)

¹Faculty of Marine Science and Technology, İskenderun Technical University, İskenderun/Hatay, Turkey


Article History

Received: 01.10.2019
Accepted: 04.03.2020
Published: 22.05.2020

Research Article

Abstract – The land snails form an epiphragm layer when the climatic conditions are harsh. In this study, epiphragm formation and mineral composition of *Helix pomacella*, *Eobania vermiculata*, *Helix melanostoma* and *Helix asemnis* species were investigated. Eighty snails selected from mature individuals were placed in four pens, 60 x 60 x 45 cm in size, filled with 10 cm deep humus soil. The feeding and humidification process was terminated in June to stimulate snails to aestivation. The ionic concentration (calcium, iron and phosphorus) of the epiphragm layer formed during the aestivation process was analyzed and the formation time was investigated. The aperture width of *H. pomacella*, *E. vermiculata*, *H. melanostoma* and *H. asemnis* was measured and it was found to be 15.6 ± 0.28 mm, 8.1 ± 0.21 mm, 19.4 ± 0.21 mm and 22.8 ± 0.28 mm, respectively. Epiphragm formation time was found to be the lowest in *E. vermiculata* (9 ± 0.35 days) and highest in *H. asemnis* (15 ± 0.22 days). In terms of ionic concentration, the highest calcium content was found in *H. asemnis* (32.52 ± 0.22 mg / g), the highest phosphorus rate was found in *E. vermiculata* (4.13 ± 0.18 mg/g) and the highest iron content was found in *H. pomacella* (20.78 ± 0.25 mg/g). The epiphragm weight obtained from the four snail species showed linear values with shell width, live weight and aperture width. In this study, it has been pointed out that epiphragm, which is a means of aestivation in the life of land snails, is a very important structure in living culture and sustainable biodiversity.

Keywords – *Helicidae*, epiphragm, aperture, temperature, Ca, aestivation

¹  <https://orcid.org/0000-0002-2510-3714> hulya.sereflisan@iste.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Yumuşakçalar, karasal fauna içinde, eklembacaklılardan sonra ikinci sırada bulunan en yaygın hayvan grubudur. Yumuşakçalar, yüksek veya düşük sıcaklıklara, aşırı güneş ışığı ve rüzgara karşı vücut yüzeylerinin kurummasını kontrol edemeseler de, kuraklık koşullarında hayatta kalmalarına izin veren mekanizmalar geliştirmişlerdir (González vd., 2009). Hayvanlar, uygun olmayan stresli bir çevresel ortama girdiklerinde fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal olarak buldukları ortama uyum davranışı sergileyebilmektedirler (Storey, 2002; Şereflişan, 2019). Pulmonat kara salyangozlarının en önemli özelliklerinden biri, kuru ve sıcak çevre koşullarında hareketsiz duruma geçip estivasyona (yaz uykusu) girmesidir (Rees ve Hand, 1993). Estivasyon, salyangozların normal fizyolojik sürecini yavaşlatan doğal bir fenomendir. Kuru şartlar altında, kara salyangozları buharlaşmadan kaynaklanan su kaybını en aza indirmek için apertür denilen kabuk açıklığını kalsiyum içerikli mukus zarı olan epifragma ile kapatarak kabuklarına çekilme eğilimi göstermektedirler (Omoyakhi, Osinowo, Onadeko ve Ozoje 2008; Kingsolver, ve Huey, 2008). Süreksiz nefes alma modeli kullanılarak su kaybını daha da geciktirmek için epifragma, hızlı bir CO₂ ve O₂ değişimini sağlamak için aralıklarla açılmaktadır (Hermes-Lima, Storey ve Storey, 1998). Epifragma sayesinde estivasyona giren salyangozlar, yağ ve glikojenin rezervini çok düşük oranda kullanarak, aşırı ağırlık kaybını önlemektedirler (Ademolu, Fakeye, Dedeke ve Idowu, 2009; Abdussamad, Olusegun, Olusiji ve Samuel, 2010). Estivasyon sürecinde büyük salyangozların küçük olanlara göre daha geç epifragma oluşturmaktadırlar (Abdussamad vd., 2010).

Kara salyangozlarında estivasyon, besin ve atığın çeşitli organlara taşınmasında önemli bir ortam olan hemolenf dinamikleri için kritik bir rol oynamaktadır (Akinnusi, 2014). Salyangoz kabuğu ve epifragmanın iyonik ve organik bileşiminin estivasyon sırasında arttığı, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ ve Cl⁻ bakımından zengin olan salyangoz hemolenfinin (Ademolu, Idowu, Mafiana ve Osinnowo, 2004; Abdussamad vd., 2010), epifragma oluşumunun fizyolojik temelini oluşturduğu bildirilmiştir (Ajayi, Fawole, Idowu ve Ademolu, 2012). Salyangozlarda estivasyon süresince epifragma oluşumu strese karşı koymak için önemli bir davranışsal adaptasyon olduğu, %20'ye kadar su tasarrufu sağlayan su koruma stratejilerinden biri olduğu bildirilmektedir (Arad, 2001; Kingsolver, 2009). Epifragma tabakası yırtıcı hayvanlara, patojenlere karşı caydırıcı olup, kabuk içindeki yumuşak dokunun dış etkenlerden mekanik olarak hasar görmesini engelleyen, gelebilecek tehlikeleri tutma görevi olan bir organ niteliğindedir (Ademolu, Fantola, Bamidele, Dedeka ve Idowu, 2016). Salyangozların sürdürülebilir yaşam döngüsünde ve yetiştiriciliğinde önemli olduğu vurgulanan epifragma tabakasının çok daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Doğa, organik bir matrisi inorganik kristallerle birleştiren birçok kompozit malzeme örneği sunmaktadır (Weinier, Addadi ve Wagner, 2000), ancak hepsi tipik olarak, epifragma oluşumuna göre çok daha yavaş oranlarda gerçekleşmektedir. Literatürde, farklı salyangoz türlerinde ve kompozisyonundaki epifragma oluşumu hakkında hala bilgi eksikliği bulunmaktadır.

Bu konuda bulunan en eski referans (Woodward, 1851), epifragmanın bazen kireç karbonatıyla güçlendirilmiş sertleştirilmiş bir mukus tabakası olduğudur (Struthers, Rosair, Buckman ve Viney, 2002). Epifragma yapısının mineral fazda CaCO₃'tan oluştuğu, yaklaşık %1'lik bir oranda MgCO₃ içerdiği bildirilmektedir (Barnhart, 1983; Barnes, 1987; Struthers, Rosair, Buckman ve Viney, 2002). Bu çalışmanın amacı, Hatay ili ve çevresinde bulunan *Helix pomacella*, *Helix vermiculata*, *Helix melanostoma* ve *Helix asemnis*'in biyoçeşitlilikteki önemleri çerçevesinde, sürdürülebilirlik noktasında önem taşıyan epifragma oluşum sürecini, inorganik faza özgü kompozisyonel ve yapısal bilgilerini ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Yeri ve Canlı Materyal Temini

Bu çalışma İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesinde yapılmıştır. Bu çalışmada ortalama ağırlıkları sırasıyla 10.9 ± 0.25 g, 5.6 ± 0.23 g, 13.9 ± 0.24 g, 16.8 ± 0.27 g olan *H. pomacella*, *E. vermiculata*, *H. melanostoma* ve *H. asemnis*, Mayıs 2018 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesi Geyikli mevkiinden, her bir türden 20 adet olmak üzere toplamda 80 adet toplanmıştır.

2.2. Araştırma Prosedürü

Schütt, (1993)'e göre teşhis edilen salyangozlar (*H. pomacella*, *E. vermiculata*, *H. melanostoma* ve *H. asemnis*), 60x60x45 cm büyüklüğünde toplam 4 adet pen (salyangoz kültüründe kullanılan kapaklı veya kapaksız farklı materyalden yapılmış kaplar) içine yerleştirilmiştir. Penlerin içine nemlendirilmiş 10 cm derinliğinde humuslu toprak konulmuştur. Her bir pende bulunan salyangozların beslenmesi için beslenme tabloları yerleştirilmiştir. Salyangozlar bir ay boyunca marul yapraklarıyla beslenerek ortama adaptasyonu sağlanmıştır. Adaptasyon süresince penlerdeki toprak spreyleme yöntemi ile nemlendirilmiştir. Daha sonra, salyangozların besin ve nemlendirilmesi durdurularak estivasyona girmeleri teşvik edilmiştir.

2.3. Veri Toplama

Salyangozların ortama adaptasyonu sırasında estivasyona girmeden önce morfometrik ölçümleri yapılmıştır. Kabuk ve apertür genişliği ölçümü Schultes, (2012)'e göre, 0,01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçümlenmiştir. Canlı ağırlık ölçümü için 0.1 g hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. Ayrıca deneme süresince (Haziran-Temmuz) günlük hava sıcaklığı, nem ve yağış değerleri takip edilmiştir.

2.4. Epifragma Analizi

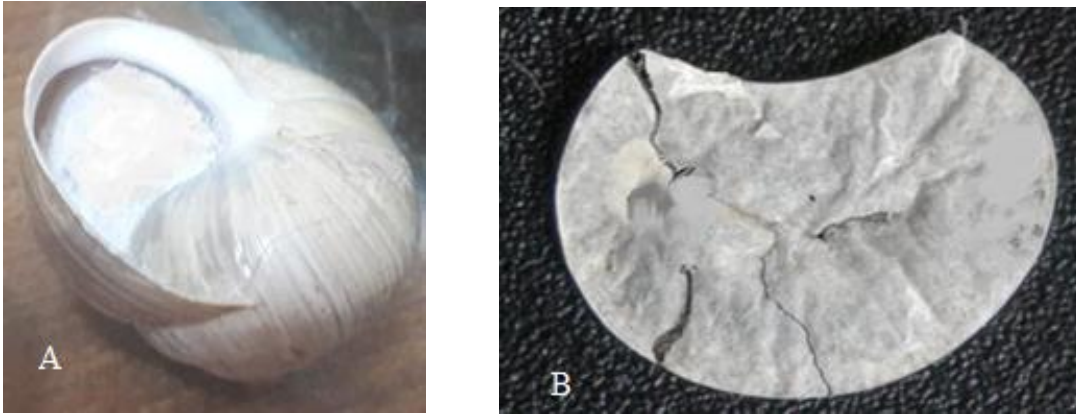
Estivasyon sürecindeki salyangozların, apertür açıklığında oluşan epifragma tabakaları, pens yardımı ile dikkatlice alınarak temiz petri kaplarına konulmuştur. Her birinin tartımları yapıldıktan sonra porselen havanda toz haline getirilmiştir. Kimyasal analiz için 5 g tozlaştırılmış epifragma, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS)'nde, kalsiyum (Ca^{2+}), demir (Fe^{2+}) ve fosfor (P) analizleri yapılmıştır.

2.5. İstatistiksel Analiz

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve vücut ölçümleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Duncan Çoklu Test uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada, salyangozlar arasında ve canlı ağırlık, kabuk ve apertür genişliği bakımından *H. asemnis*'in daha büyük olduğu gözlenmiştir. Tüm türlerin morfometrik değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Türlerin morfometrik değerlerine bakıldığında, kabuk genişliği ile apertür genişliği arasında paralel bir büyüklük olduğu görülmüştür. Apertür genişliği ile epifragma ağırlığına bakıldığında (Tablo 2) kabuğu geniş olan salyangozların epifragma ağırlığının bu büyüklüğe paralel olduğu belirlenmiştir. Epifragma oluşum süresi incelendiğinde, yapısal olarak en büyük tür olan *H. asemnis* bu süreci 15 gün de tamamlarken, en küçük tür olan *E. vermiculata*'nın 9 günde tamamladığı gözlenmiştir. Salyangozlarda epifragma oluşum süresinin (Tablo 1), apertür genişliği ile doğru orantılı olduğu anlaşılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. A) Apertür açıklığında epifragma oluşmuş salyangoz (*H. pomacella*) görüntüsü, B) Epifragma tabakası

Estivasyona girerken oluşturulan epifragma tabakasının mineral bileşimine bakıldığında (Tablo 3), mineral değerlerin salyangoz kabuk genişliği, canlı ağırlık, epifragma ağırlığı ve apertür genişliği ile paralellik göstermediği, değişkenlik içerdiği görülmektedir. Epifragma yapısında oldukça önemli olan kalsiyumun *H. asemnis*'te, fosforun *E. vermiculata*'da ve demirin *H. pomacella*'da en yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Tüm türler içinde epifragma yapısında en az düzeyde fosfor olduğu anlaşılmıştır

Tablo 1

Dört salyangoz türünde ağırlık (g), kabuk ve apertür genişlik değerleri (mm)

Türler n=20	Kabuk genişliği (mm)		Apertür genişliği (mm)		Canlı ağırlık (g)	
	ort. ±SH	min-mak.	ort. ±SH	min-mak.	ort. ±SH	min-mak.
<i>Helix pomacella</i>	27.5 ± 0.25 ^c	24.1-28.3	15.6 ± 0.28 ^c	12.2-15.8	10.9 ± 0.25 ^c	3.2-16.1
<i>Eobania vermiculata</i>	16.2 ± 0.22 ^d	9.2-22.3	8.1 ± 0.21 ^d	4.6-11.7	5.6 ± 0.23 ^d	2.5-9.8
<i>Helix melanostoma</i>	32.2 ± 0.19 ^b	25.3-36.8	19.4 ± 0.21 ^b	15.3-21.1	13.9 ± 0.24 ^b	7.2-16.5
<i>Helix asemnis</i>	39.4 ± 0.31 ^a	33.1-41.5	22.8 ± 0.28 ^a	19.5-25.3	16.8 ± 0.27 ^a	14.2-19.1

Tablo 2

Dört salyangoz türünde epifragma oluşum süreleri (gün)

Türler n=20	Epifragma oluşum süresi (gün)	Epifragma ağırlığı (g)
<i>Helix pomacella</i>	11 ± 0.28 ^b	0.41 ± 0.18 ^a
<i>Eobania vermiculata</i>	9 ± 0.35 ^c	0.05 ± 0.14 ^c
<i>Helix melanostoma</i>	14 ± 0.36 ^a	0.21 ± 0.22 ^b
<i>Helix asemnis</i>	15 ± 0.22 ^a	0.63 ± 0.35 ^a

Tablo 3

Dört salyangoz türünde epifragma tabakasının mineral kompozisyonu (mg/g)*

Mineraller/Türler	<i>Helix pomacella</i> (mg/g)	<i>Eobania vermiculata</i> (mg/g)	<i>Helix melanostoma</i> (mg/g)	<i>Helix asemnis</i> (mg/g)
Kalsiyum	15.35 ± 0.21 ^c	25.32 ± 0.31 ^b	22.18 ± 0.16 ^b	32.52 ± 0.22 ^a
Fosfor	3.88 ± 0.12 ^a	4.13 ± 0.18 ^a	3.42 ± 0.35 ^a	3.92 ± 0.24 ^a
Demir	20.78 ± 0.25 ^a	15.25 ± 0.18 ^c	18.65 ± 0.28 ^{ab}	19.64 ± 0.21 ^a

* Aynı satırda farklı üst simge olan ortalama değerler önemli ölçüde farklıdır (p < 0.05).

Tablo 4

Haziran ve Temmuz aylarının günlük ortalama sıcaklık, nem ve yağış değerleri

Günlük	Haziran	Temmuz	S.H
Maksimum sıcaklık (°C)	34.1	37.3	0.25
Minimum sıcaklık (°C)	24	29	0.33
Ortalama günlük sıcaklık (°C)	31.22	33.15	0.21
Nem (%)	60	63	0.25
Günlük yağış (mm.)	7.9	1.3	0.4

Yapılan estivasyon çalışmalarında, salyangozların stresli koşullarda hayatta kalmak için fizyolojik ve biyokimyasal adaptasyonlar sergilediği (Storey, 2002) ve kalsiyum içerikli epifragma tabakası oluşturarak, vücut suyunu muhafaza ettikleri bildirilmiştir (Storey, 2007). Bu çalışmada, Mayıs ayında toplanılan salyangozların ortama adaptasyonu sağlandıktan sonra besin ve nem girişi kesilmiştir. Haziran ayında sıcaklığın artışı (Tablo 4) ile salyangozların apertür açıklığında epifragma oluşumu gözlenmiştir. Çevresel stresten dolayı salyangoz davranış ve fizyolojisinin anlaşılmasında epifragma oluşumunun organizmadaki en güzel model olduğu belirtilmiştir (Malleswar, Basavaraju, ve Krupanidhi, 2013). Sıcaklık, organizmaların tüm yaşam fonksiyonlarını fizyolojik ve biyokimyasal işlevlerini etkilemektedir (Kingsolver ve Huey, 2008). Canlıların hareket oranı, büyüme, gelişme ve zindelik durumu kritik sıcaklık sınırlarında değişkenlik göstermektedir (Kingsolver, 2009). Bu çalışmada kullanılan salyangozların epifragma oluşturmalarına neden olan en önemli stres faktörünün sıcaklık olduğu anlaşılmıştır. Sıcaklığın 34 °C'ye yükselmesi (Tablo 4) salyangozlarda stres oluşturmuş ve bu durumdan etkilenmemek ya da daha az etkilenmek için bir durağan hal alıp hareketlerini kısıtlayarak, epifragma oluşturmaya başlamışlardır. Literatüre paralel bir sonuç elde edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda, estivasyon süresindeki artışın canlı ağırlık kaybını artırdığı (Onadeko, 2010), epifragma oluşumu ve ağırlık kaybı konusunda, salyangoz kabuk renginin ayrıca etkili olduğu bildirilmektedir (Şereflişan ve Alkaya, 2019). Estivasyon sürecinde Mg / Ca oranı ile ilgili bir çalışmada, mineral tuzlarının kabuktan hemolenf yoluyla kalsik hücrelere ve bağırsak sıvısına taşındığını böylece estivasyon güz sayısı artışında salyangoz kabuğunda incelmeler olabileceği bildirilmektedir (Porcel, Bueno ve Almendros, 1996). Bu araştırmada dört farklı kara salyangozunun epifragma oluşumu gözlenmiş, estivasyon belirtilerini hissetmeye başlayan salyangozların, epifragma tabakasını farklı sürelerde tamamladıkları görülmüştür (Tablo 2). Apertür genişliği ile epifragma oluşum süresi arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Salyangoz kabuk yapısı kalsiyum karbonattan (CaCO₃) oluşmaktadır (Ademolu, ve ark., 2004). Yapılan bir çalışmada, *Achatina achatina* ve *Archachatina marginata*'nın epifragma yapısını oluşturan mineral yapıları kalsiyum bakımından analiz edilmiş, *A. achatina*'da 40.68±1.20 mg/g oranında bulunurken, *A. marginata*'da demirden sonra en yüksek kalsiyum miktarı 10.12±0.32 mg/g düzeyinde bulunmuştur (Ademolu ve ark., 2016). Bu araştırmada, dört kara salyangozu türünün epifragma tabakasının mineral kompozisyonuna bakılmış ve literatüre paralel olarak *H.pomacella* dışındaki tüm türlerde, Ca değeri yüksek düzeyde bulunmuştur. Epifragma mineral kompozisyonu içinde fosfor ve demirin önemli olduğunu belirten Ademolu ve ark., (2016), *A.achatina* ve *A.marginata*'da sırasıyla 4.26±0.13 mg/g ve 4.10±1.01 mg/g olarak bulmuşlardır. Çalışmada, dört tür arasında en küçük tür olan *E. vermiculata*'da fosfor değeri 4.13±0.18 mg/g olarak benzer bir değer de bulunmuştur. Ademolu ve ark., (2016)'nın yaptığı çalışmada, demirin, epifragma yapısında kalsiyumdan sonra yüksek düzeyde bulunan bir mineral olduğunu belirtmiş ve *A. achatina* *A. marginata* *A. fulica* epifragma tabakasında sırasıyla 21.67±0.11mg/g, 20.81±0.32mg/g ve 15.72±0.10mg/g düzeyinde bulmuşlardır. Bu araştırmada, en yüksek demir miktarı *H. pomacella*'da 20.78±0.25 mg/g değerinde, en düşük olarak *E. vermiculata*'da 15.25±0.18 mg/g olarak tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Elde edilen sonuçlara göre; *H. pomacella*, *E. vermiculata*, *H. melanostoma* ve *H. asemnis* türü salyangozlarda, başta sıcaklık artışı olmak üzere ortamda besinin olmayışı ve nemin azalması ile estivasyon (yaz uykusu) süreci başlamıştır. Bu sürecin yaratmış olduğu stresli duruma karşı bir savunma modeli olan epifragma

tabakası, apertür açıklığında oluşturulmuştur. Bu yapının oluşum süresi türlere göre değişmekle birlikte, apertür genişliği ile doğru orantılı bir oluşum süresi kaydedilmiştir. Salyangozun vücut suyunu muhafaza eden önemli bir izolasyon mekanizması olan epifragma tabakasının iyonik kompozisyonunda, en yüksek düzeyde kalsiyum, ikinci yüksek düzeyde ise demir olduğu anlaşılmıştır. Mineral düzeylerinin apertür ve kabuk genişliği ile paralel bir yaklaşımda olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, salyangozların ekolojik toleransları ve sürdürülebilirlikleri noktasında, epifragma yapısının önemi ortaya konulurken, salyangoz yetiştiriciliğinde estivasyon sürecinde epifragma yapısının önemli olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır.

Yazar Katkıları

Hülya ŞEREFLİŞAN: Çalışmanın; analizi, veri toplama, uygulaması, görüntülenmesini yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Kaynaklar

- Abdussamad, M.A., Olusegun, A.O., Olusiji, F.S. and Samuel, A.O. (2010). Some haemolymph biophysical parameters in the giant African land snail *Archachatina marginata* during a six-week aestivation period. *Global Veterinaria*, 4(4): 400–408.
- Ademolu, K.O., Idowu, A.B., Mafiana, C.F. and Osinnowo, O.A. (2004). Performance, proximate and minerals analysis of African giant land snail (*Archachatina marginata*) fed different nitrogen sources. *African Journals of Biotechnology*, 3(8): 412–414.
- Ademolu, K.O., Fakeye, O.D., Dedeke, G.A. and Idowu, A.B. (2009). Activities of glycosidases in the foot muscles of African giant land snail *A. marginata* during aestivation. *Ethiopia Journal of Biological Sciences*, 8(2): 165–170.
- Ademolu, K.O., Fantola, F.O., Bamidele, J.A., Dedeka, G.A. and Idowu, A.B. (2016). Formation and composition of epiphragm in three giant African land snails (*Archachatina marginata*, *Achatina fulica* and *Achatina achatina*). *Ruthenica*, 26(3-4): 165-169.
- Ajayi, O.A., Fawole, J.K., Idowu, A.B. and Ademolu, K.O. (2012). Dynamics of nutrient in the tissues of giant African land snail (*Archachatina marginata*) during aestivation. 1st International Conference on giant African land snails [GALS]. *Held at Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria on 12th-15th February, 2012: 67–71.*
- Akinnusi, O. (2014). Snail production and management. Tolukoya publishing company, Abeokuta, Nigeria, 105 p.
- Arad, Z. (2001). Desiccation and rehydration in land snails – a test for distinct set points in *Theba pisana*. *Israel Journal of Zoology*, 47: 41–53.
- Barnhart, M.C. (1983). Gas permeability of the epiphragm of a terrestrial snail, *Otala lactea*. *Physiological Zoology*, 56: 436–444.
- González, O., Camargo, G.P., Membiela, M., Frezza, D., Bartoloni, N. and Vieites, C. (2009). Discrete observations of the spatial distributions of the *Helix aspersa* snail in an outdoor system. *Cien. Inv. Agr.*, 35(1):123-130.
- Hermes-Lima, M., Storey, J.M. and Storey, K.B. (1998). Antioxidant defenses and metabolic depression. The hypothesis of preparation for oxidative stress in land snail. *Comp. Biochem. Physiol. B. Comp. Biochem.*, 120:437-448.
- Kingsolver, J.G. and Huey, R.B. (2008). Size, temperature, and fitness: three rules. *Evol Ecol Res.*, 10: 251–268.
- Kingsolver, J.G. (2009). The well-temperated biologist. (American Society of Naturalists Presidential Address). *Am. Nat.*, 174: 755–768.
- Malleswar, V.N.S., Basavaraju, R. and Krupanidhi, S. (2013). Behavioral and Physiological Changes in *Pila globosa* (Indian Apple Snail) During Aestivation. *Zoology*, 2:8 ,54-55.
- Omoyakhi, J.M., Osinowo, O.A., Onadeko, S.A., Ozoje M.O. (2008). Adaptive changes in growth and morphological composition of aestivating giant African land snails, *Achatchatina marginata* and *Achatina achatina*. *African Journal of General Agriculture*, (4)4: 241–249.
- Onadeko, S.A. (2010). Live weight changes and mortality rate in the giant african snail *Archachatina marginata* during six week aestivation period. *World journal of Zoology*, 5(2): 75- 81.

- Porcel, D., Bueno, J. D. and Almendros, A. (1996). Alterations in the digestive gland and shell of the snail *Helix aspersa* Müller (gastropoda, pulmonata) after prolonged starvation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 115(1): 11-17.
- Schütt, H. (1993). *Türkische Landschnecken. - Prodromus faunae Anatolicae molluscorum terrestrium viventium testaceorumque. - Vorläufige Zusammenstellung der aus Anatolien bekannt gewordenen gehäusetragenden Landschnecken. - Türkiye'nin karasal salyangozları. - pp. 1-433. Wiesbaden. (Hemmen).*
- Rees, B.B. and Hand, S.C. (1993). Biochemical correlates of aestivation tolerance in the Mountain snail *Oreohelix* (Pulmonata: Oreohelicidae). *Biology Bulletin*, 184: 230–242.
- Schultes, F.W. (2012). *European non-marine molluscs, a guide for species identification. Bestimmungsbuch für europäische Land- und Süßwassermollusken.* Planet Poster Editions, Göttingen. Pp. A1-A3, 1-679, Q1-Q78 ISBN-10: 3-933922-75-5.
- Storey, K.B. (2002). Life in the slow lane: molecular mechanisms of estivation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 133(3): 733-754.
- Struthers, M., Rosair, G., Buckman, J., Viney, C. (2002). The Physical and Chemical Microstructure of the *Achatina Fulica* Epiphragm. *J. Moll. Stud.*, 68:165–171
- Storey, K.B. (2007). Tribute to P. L. Lutz: putting life on 'pause'--molecular regulation of hypometabolism. *Journal of Experimental Biology*, 210(10): 1700-1714.
- Şereflişan, H. ve Alkaya, A. (2019). *Estivasyon Döneminde Siyah Rengin Kara Salyangozunun (Helix aspersa) Ağırlık Kaybı Üzerine Etkisi. 1st International Conference on Environment, Technology and Management. 27-29 June/Niğde Halisdemir Üniversitesi, Environmental Engineering Department/Niğde/ Turkey.*
- Şereflişan, H. (2019). *Biyçeşitlilik Noktasında Kara Salyangozunun (Helix Aspersa) Hayatta Kalma Direnci. 1st International Conference on Environment, Technology and Management. 27-29 June/Niğde Halisdemir Üniversitesi, Environmental Engineering Department/Niğde/ Turkey.*
- Weinier, S., Addadi, L. and Wagner, H.D. (2000). Materials design in biology. *Materials Science and Engineering C-Biomimetic and Supramolecular Systems*, 11: 1–8.