



Araştırma Makalesi / Research Article

Küresel İklim Değişikliğinin Tatlı Su Midyeleri Toplam Hemosit Sayıları Üzerine Etkisi The Effect of Global Climate Change on Total Hemocyte counts of Freshwater Mussels

Aslıhan Şahin¹, A. Gamze Yücel Işıldar²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Sera gazları, fosil yakıtlar ve ağır metaller insan faaliyetleri sonucunda artmakta ve iklim değişikliğinde önemli rol oynamaktadır. Buna bağlı olarak deniz suyu seviyesi, tuzluluğu, asitlik derecesi ve su sıcaklığı değişebilmektedir. Asitlenme ve iklim değişikliği ile ilgili olarak özellikle dikkat çeken suda yaşayan kabuklu canlılar üzerine olan etkidir. Bu çalışmada da küresel iklim değişikliğinin sucul bir organizma olan tatlı su midyelerinin immünolojik parametrelerinden toplam hemosit sayıları üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Tatlı su midyeleri, 3 değişkenli olarak iki farklı pH (6.5-7.5), tuzluluk (%1-2) ve sıcaklık değerlerine (18-22°C) 14 ve 60 gün boyunca maruz bırakılmıştır. Hemosit sayısındaki değişimi ölçmek için 14 ve 60 gün sonunda midyelerden 2.5 mL enjektör kullanılarak hemolemf sıvısı alınmış ve hemositometre ile sayılmıştır.

Bulgular: Elde edilen değerler incelendiğinde sıcaklık, tuzluluk ve pH değişiminin midyelerin hemosit sayılarına önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek hemosit sayısı 18°C sıcaklık, 14 gün, %2 tuzluluk ve 6.5 pH değeri koşullarında $60.142 \pm 13.918 \times 10^3/\text{mL}$ olarak, en düşük hemosit sayısı ise yine 18°C sıcaklık, 60 gün, %1 tuzluluk ve 6.5 pH değeri koşullarında $22.916 \pm 3.442 \times 10^3/\text{mL}$ olarak gözlemlenmiştir.

Sonuç: Farklı sıcaklık, tuzluluk ve pH değişimlerinin tatlı su midyeleri immünolojik olarak etkilediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sucul Canlılar, İklim Değişikliği, Sıcaklık, Toplam Hemosit Sayısı, Tuzluluk, Tatlı Su Midyesi

Abstract

Objective: Greenhouse gases, fossil fuels and heavy metals increase as a result of human activities and play an important role in climate change. Depending on this, sea water level, salinity, acidity and water temperature can change. Particularly noteworthy regarding acidification and climate change is its effect on aquatic crustaceans. In this study, it was aimed to examine the effects of global climate change on total hemocyte counts, one of the immunological parameters of freshwater mussels, which is an aquatic organism.


Materials and Methods: Freshwater mussels were exposed to two different pH (6.5-7.5), salinity (1-2 ‰) and temperature (18-22°C) in three variables for 14 and 60 days. To measure the change in hemocyte count, hemolymph was taken from mussels using a 2.5 mL injector at the end of 14 and 60 days and counted with a hemocytometer.

Results: When the obtained values were examined, it was observed that temperature, salinity and pH changes had a significant effect on the hemocyte counts of mussels. The highest hemocyte count was $60.142 \pm 13.918 \times 10^3/\text{mL}$ under the conditions of 18°C temperature, 14 days, 2 ‰ salinity and 6.5 pH value and the lowest hemocyte count was observed as $22.916 \pm 3.442 \times 10^3/\text{mL}$ under the conditions of 18°C temperature, 60 days, 1 ‰ salinity and 6.5 pH value.

Conclusion: Different temperature, salinity and pH changes were found to affect freshwater mussels immunologically.

Keywords: Aquatic Organisms, Climate Change, Temperature, Total Hemocyte Count, Salinity, Freshwater Mussel

İletişim adresi/Address for Correspondence:

Aslıhan Şahin:  <https://orcid.org/0009-0009-9775-0513>
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı Ankara, Türkiye.
E-mail: aslhanshn@gmail.com

A. Gamze Yücel Işıldar:  <https://orcid.org/0000-0001-8528-1806>

GİRİŞ

Atmosferde su buharı, karbondioksit, kloroflorokarbon gazları, metan, azot oksitler ve ozon gibi sera gazları doğal olarak bulunmaktadır. Bu gazlar, güneşten doğrudan gelen kısa dalga ışınlarının çoğunu geçirirken, Dünya'nın yüzeyindeki ısınmadan kaynaklanan uzun dalga ışınların büyük bir kısmını tutarak atmosferde kalmasını sağlayarak, "Doğal Sera Etkisi" adı verilen bir süreci oluştururlar.

Sera gazlarının oranındaki değişiklikler, atmosferin doğal dengesinin bozulmasına ve iklim değişikliğine yol açabilmektedir. Hem insan faaliyetlerinden kaynaklanan hem de doğal faktörlerin bir sonucu olarak sera gazlarının miktarı artmaktadır. Bu durum, günümüzde sıkça karşılaşılan iklim değişikliği terimine neden olmaktadır. Bu değişiklikler, kısa veya uzun vadede çeşitli iklim olaylarına neden olabilir ve doğal yaşamı etkileyebilmektedir¹.

Sucul ekosistemler, küresel çevrenin kritik bileşenleridir fakat antropojenik faaliyetler tarafından tehdit edilmektedir. Sucul ekosistemdeki canlılar, belirli sıcaklık aralıklarında hayatta kalabilmek için evrimleşmişlerdir bu nedenle iklim değişikliğine uyum sağlama yetenekleri sınırlıdır².

Küresel iklim değişikliği; sıcaklıktaki artışlar, deniz suyu tuzluluğundaki değişimler, deniz suyu asitlenmesi gibi faktörlerle sucul ekosistemi tehdit etmektedir³. Atmosferdeki yüksek ısı, suların sıcaklığının artmasına neden olup kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerine önemli derecede etki etmektedir. Bu değişimler zinciri sucul canlıların üreme, göç, beslenme gibi yaşamsal faaliyetlerini olumsuz yönde etkiler⁴. Sıcaklık artışına paralel olarak buzlar erimekte ve bu nedenle buzullardan denizlere akan su miktarı artmaktadır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), geçtiğimiz yüzyılda küresel ölçekte deniz seviyesinin 10-20 cm yükseldiğini ve bunun başlıca nedeninin iklim değişikliği olduğunu ve bu yüzyılda 40-60 cm daha yükseleceğini belirtmektedir¹.

Sıcaklık arttıkça sudaki oksijen çözünürlüğü de azaldığı için suda yaşayan canlılarda stres oluşmaktadır. Küresel iklim değişikliği sonucunda oluşan yüksek sıcaklıklar, deniz suyunun buharlaşmasını da artırabilir ve bunun sonucunda sudaki tuz konsantrasyonu artar.

Artan tuzluluk; nehirlerde, akarsularda ve özellikle sulak alanlarda sucul ekosistemlerde istenmeyen değişikliklere neden olur⁴.

Deniz suyundaki pH değerlerindeki azalmanın, sıcaklık ve tuzluluk artışının kabuklarını veya iskeletlerini oluşturmak için karbonata ihtiyaç duyan canlılar için biyolojik etkileri olabilir.

Kalsiyum-karbonat minerallerinin çift kabuklular gibi birçok sucul türün kabuklarını oluşturduğu iyi bilinmektedir. Kabuklu bir canlı olan midyelerin kabukları da kalsiyum karbonattan oluştuğu için bu değişikliklerden en çok etkilenen sucul canlılar içindedir. Özellikle pH değerlerindeki değişim; büyüme,metabolizma ve bağışıklık sisteminde kalıcı hasarlara neden olmaktadır⁵.

Bağışıklık sistemi, çevresel değişikliklere karşı oldukça hassastır ve hemositler, yumuşakçaların bağışıklık işlevinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Hemositler, besin taşınması ve sindirimi, doku ve kabuk oluşumu, homeostazın sürdürülmesi ve bağışıklık tepkisi dâhil olmak üzere birçok önemli fizyolojik fonksiyonda yer almaktadır⁶.

Hemosit sayısı, midyenin bağışıklık sistemi sağlığı üzerinde doğrudan etkilidir. Düşük hemosit sayısı, midyenin enfeksiyonlara karşı direncini azaltabilir ve bağışıklık sistemini zayıflatabilir. Bu durum, midyelerin çeşitli patojenlere veya stres faktörlerine karşı daha savunmasız hale gelmesine neden olabilmektedir.

İklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık, pH ve tuzluluk gibi değişimlere maruz kalan midyelerin de hemosit sayılarında değişim gözlenmektedir. Örneğin, yüksek sıcaklıklar veya farklı pH seviyeleri midyelerin hemosit sayısını azaltabilir. Aynı şekilde, tuzluluk seviyelerindeki değişiklikler de midyelerin hemosit sayısını etkileyebilir. Deney ortamında da buna yönelik gözlemler yapılmıştır. Bu kapsamda 14 ve 60 gün sonunda farklı pH, sıcaklık ve tuzluluk konsantrasyonlarına maruz kalan tatlı su midyelerinde hemosit sayılarındaki değişiklikler incelenmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Tatlı su midyelerinin temini

Hatay Gölbaşı (Türkiye)'dan temin edilen *Unio delicatus* (Lea, 1863) tatlı su midyeleri, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi Laboratuvar ortamına ulaşana kadar sürekli havalandırılmış suda muhafaza edilmiştir. Laboratuvar ortamında optimum şartlarda yetiştirilmiş tatlı su midyeleri, en az iki gün boyunca dinlendirilmiş çeşme suyu ile doldurulmuştur 15 litrelik akvaryumda bekletilmiştir. Akvaryumların tuz değerleri Instant Ocean okyanus tuzu ile, pH değişimi HCl ile

NaOH kullanılarak, sıcaklık değerleri ise termostatlı ısıtıcılar vasıtasıyla sabit tutulmuştur. Deneyde ortalama 34.95 ± 0.82 g ağırlığında, 6.13 ± 0.08 cm uzunluğunda, 3.37 ± 0.74 cm yüksekliğinde, 2.5 ± 0.03 cm kalınlığında tatlı su midyeleri kullanılmıştır.

Tatlı su midyeleri, laboratuvar koşullarına uyum sağlamak için iki hafta boyunca adaptasyon sürecine tabi tutulmuştur. Bu süreçte, midyeler *Spirulina* sp. ile beslenmiş ve akvaryum suları da üç günde bir sifonlama yöntemiyle temizlenmiştir.

Tatlı su midyelerinin farklı tuzluluk, sıcaklık ve pH maruziyeti

Tatlı su midyeleri üç değişkene bağlı olarak incelenmiştir. İki farklı sıcaklık değeri olarak 18°C ve 22°C , %1 ve %2 olmak üzere iki farklı tuzluluk değeri, 7.5 ve 6.5 pH değerleri kullanılmıştır.

Tatlı su midyelerinden numune alınması

Tatlı su midyelerinin farklı tuzluluk, sıcaklık ve pH maruziyetine bırakılmasından 14 ve 60 gün sonra numune alımı gerçekleştirilmiştir.

14 gün sonunda 10 adet midye ve 60 günün sonunda 10 adet midye olmak üzere numune alımı yapılmıştır. Ardından, total hemosit sayısındaki değişimi incelemek için hemolemf örnekleri alınmıştır.

Total hemosit sayımı

Tatlı su midyelerinin umbo kısmına yakın bölgesinden 2.5 mL enjektör kullanılarak hemolemf sıvısı alınmıştır. Hemolemf 1:1 oranında %4'lük formaldehit ile ependorf tüplerinde sulandırılmıştır. Hemositometre kullanılarak tüm hücreler sayılmıştır. Toplam Hemosit Sayısı, Yavuzcan ve Benli⁷ yöntemine göre hesaplanmıştır. Sonuçlar hücre/mL cinsinden ifade edilmiştir.

İstatistik değerlendirme

Toplam hemosit sayılarındaki farklı harfler, istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları belirtmek için Tukey's HSD (Honestly Significant Difference) istatistik yöntemi kullanılmıştır. Aynı harfle belirtilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. ($p > 0.05$).

BULGULAR

Hemositler, midyelerde kan hücreleri gibi işlev görürler ve enfeksiyonlarla mücadelede önemli bir rol oynarlar. Midyelerin kanındaki hemosit sayısı; sıcaklık, süre, tuzluluk ve pH değerleri gibi çevresel faktörlere bağlı olarak

değişebilmektedir. Bu faktörlerin midyelerin immün sistemine etkisi, midyelerin doğal ortamlarında maruz kaldıkları değişen koşullarla ilgili önemli ipuçları sunmaktadır.

Tablo 1. Hemosit sayılarının farklı parametrelere göre değişimi

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Tuzluluk (%)	pH	Hemosit Sayısı ($\times 10^3/\text{mL}$)
18	14	1	7.5	$56.619 \pm 1.784^*$
			6.5	51.238 ± 6.738^a
		2	7.5	51.048 ± 5.13^a
			6.5	60.142 ± 13.918^a
	60	1	7.5	49.004 ± 3.228^a
			6.5	22.916 ± 3.442^c
		2	7.5	30 ± 4.25^b
			6.5	24.25 ± 5.529^c
22	14	1	7.5	57.714 ± 6.649^a
			6.5	35.238 ± 6.118^b
		2	7.5	28.857 ± 6.338^b
			6.5	37.428 ± 6.261^b
	60	1	7.5	26.166 ± 3.939^b
			6.5	30.583 ± 4.083^b
		2	7.5	31.750 ± 3.886^b
			6.5	26.190 ± 4.575^b

Yapılan bu çalışmada iklim değişikliğinin neden olduğu sıcaklık, tuzluluk artışı ve pH değişimi koşullarında ölçülen bir deniz organizması olan bir tatlı su midyesinin (*Unio delicatus*) kanındaki hemosit sayısının değerleri verilmiştir. Tablo 1.'de görülen veriler, farklı deney koşullarının hemosit sayısını nasıl etkilediğini göstermektedir. Veriler, her bir deney koşulu için birden fazla ölçümün ortalaması ve standart sapması şeklinde sunulmuştur. Ortalama hemosit sayısı, " $\times 10^3/\text{mL}$ " biriminde ifade edilirken, standart sapma değerleri ise her bir koşul için farklılık göstermektedir.

Tablo 1.'deki veriler incelendiğinde, en yüksek hemosit sayısı 18°C sıcaklık, 14 gün, %2 tuzluluk ve 6.5 pH değeri koşullarında $60.142 \pm 13.918 \times 10^3/\text{mL}$ olarak gözlemlenmiştir. En düşük hemosit sayısı ise yine 18°C sıcaklık, 60 gün, %1 tuzluluk ve 6.5 pH değeri koşullarında $22.916 \pm 3.442 \times 10^3/\text{mL}$ olarak gözlemlenmiştir.

Aynı sıcaklık ve tuzluluk seviyesinde, pH 6.5 olan ortamda hemosit sayısı istatistiksel olarak diğer pH değerlerine göre daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Benzer şekilde, aynı sıcaklık ve pH seviyesinde, %2 tuzlulukta hemosit sayısı diğer tuzluluk seviyelerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir. 14 gün boyunca yapılan ölçümlerde, %1 ve %2 tuzluluk seviyeleri arasında hemosit sayısı açısından anlamlı bir fark yoktur ($p > 0.05$). Ancak 60 gün boyunca yapılan

ölçümlerde, %01 tuzluluk seviyesi için daha yüksek bir hemosit sayısı gösterilirken, %02 tuzluluk seviyesi için daha düşük bir hemosit sayısı gösterilmektedir. Bu nedenle, uzun süreli tuzluluk artışı hemosit sayısını azaltabilir.

Tuzluluk değeri 1‰ olan ortamda, 60 gün boyunca 18°C'de tutulan örneklerde hemosit sayısı 49.004 ± 3.228 iken, tuzluluk değeri %02'ye yükseldiğinde hemosit sayısı 30 ± 4.25 'e düşmektedir.

Benzer şekilde, 22°C sıcaklıkta, 14 gün boyunca %01 tuzlulukta ve 7.5 pH değerindeki örneklerin hemosit sayısı 57.714 ± 6.649 iken, aynı sıcaklıkta ve 14 gün boyunca %02 tuzlulukta ve 7.5 pH değerindeki örneklerin hemosit sayısı 28.857 ± 6.338 'dir. Bu sonuç, yüksek tuzluluk seviyelerinin belli bir süre sonra midyelerin hücre sağlığını etkileyebileceğini göstermektedir.

pH değeri 6.5 olan ortamlarda hemosit sayıları genellikle daha düşüken, pH değeri 7.5 olan ortamlarda daha yüksek olmaktadır. Tuzluluk değeri %01 olan ortamda, 60 gün boyunca 18°C'de tutulan örneklerde pH 6.5'ta hemosit sayısı 24.25 ± 5.529 iken, pH 7.5'ta hemosit sayısı 31.750 ± 3.886 'dır. Benzer şekilde, 22°C'de 14 gün boyunca pH 7.5'te midyelerin hemosit sayısı 57.714 ± 6.649 iken, aynı koşullarda pH 6.5 olduğunda hemosit sayısı 35.238 ± 6.118 'e düşmüştür.

18°C'de 14 gün boyunca %01 tuzluluk ve 6,5 pH değeri ile ölçülen hemosit sayısı 51.238 ± 6.738 iken, 18°C'de 60 gün boyunca aynı tuzluluk ve pH değerinde ölçülen hemosit sayısı 22.916 ± 3.442 olarak belirlenmiştir. Bu verilere dayanarak, hemosit sayısının zamanla azaldığı ve uzun süreli maruziyet koşullarının etkilerinin görüldüğü sonucu çıkarılabilir.

18°C ve 22°C sıcaklıkta yapılan ölçümler arasında da belirgin bir fark görülmektedir. 18°C'de yapılan ölçümlerde hemosit sayısı genellikle daha yükseken, 22°C'de yapılan ölçümlerde hemosit sayısı daha düşüktür. Aynı tuzluluk düzeyi (%01) ve pH değeri (6,5) için 18°C ve 22°C sıcaklıklarda elde edilen hemosit sayılarına bakıldığında zaman, 18°C'de ölçülen hemosit sayısı ($51.238 \pm 6.738 \times 10^3/\text{mL}$) 22°C'de ölçülen hemosit sayısından ($35.238 \pm 6.118 \times 10^3/\text{mL}$) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ayrıca, 18°C'de tuzluluğun artması, hemosit sayısında hafif bir düşüşe neden olurken, 22°C'de tuzluluğun artması hemosit sayısında daha belirgin bir düşüşe neden olmuştur. Benzer bir durum olarak; 18°C'de, aynı süre ve tuzluluk konsantrasyonlarında pH düşmesi hemosit

sayılarında daha az bir düşüşe neden olurken, 22°C'de pH düşmesinin hemosit sayılarını daha fazla etkilediği görülmektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, 14 ve 60 gün boyunca iklim değişikliğinin neden olduğu farklı sıcaklık, pH ve tuzluluk değerine maruz kalan midyelerin hemosit sayılarındaki değişim incelenmiştir.

Yapılan literatür incelenmesinde, küresel iklim değişikliğinin midyeler üzerine etkisi bakımından yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, farklı sucul canlılar üzerinde yapılan benzer çalışmalar bulgularımızı destekler niteliktedir.

Midyeler gibi kabuklu bir yumuşakça olan istiridyeler üzerinde yapılan bir çalışmada 7 gün boyunca 20, 25 ve 30 °C'de tutulmuş ve toplam hemosit sayısı (THC), fagositoz, lizozim aktivitesi (hem hemosit lizatında hem de hücre dışı hemolemfte), antioksidan enzim süperoksit dismutaz ktivitesi ve ekspresyonu (SOD) (hem hemosit lizatında hem de hücre dışı hemolemfte) ölçülmüştür. Sıcaklığın hemosit sayısı üzerindeki etkilerine ilişkin verilerin çift kabuklular da çelişkili olduğu verisi elde edilmiştir. En yüksek sıcaklık, *C. gallina* adı verilen bir yumuşakçada hemosit sayısını önemli ölçüde artırırken *Crassostrea virginica* istiridyesinde hemosit sayısı, en yüksek su sıcaklıklarında en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir³.

Benzer bir çalışma da Winton Cheng ve ark.⁸ tarafından, sıcaklığın bağışıklık parametreleri üzerine etkisini *Haliotis diversicolor supertexta* adlı abalon (denizkulağı) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, abalonlar önce 28°C'de ve %30 tuzlulukta deniz suyunda tutulmuş ve daha sonra *Vibrio parahaemolyticus* adlı bir bakteri enjekte edilerek 20, 24, 28 ve 32°C'ye transfer edilmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, 32°C'ye transfer edilen tüm abalonlar 72 saat içinde ölmüştür. Ayrıca, bağışıklık fonksiyonlarının ölçümü için başka bir deney yapılmıştır. Bu deneyde, abalonlar önce 28°C'de ve %30 tuzlulukta deniz suyunda tutulmuş ve daha sonra 20, 24, 28 ve 32°C'ye transfer edilerek 24, 72 ve 120 saat sonra toplam hemosit sayısı, fenoloksidaz aktivitesi, solunumsal patlama ve *V. parahaemolyticus*'a karşı fagositoz aktivitesi açısından incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, 32°C'ye transfer edilen abalonlarda toplam hemosit sayısı, fenoloksidaz aktivitesi ve fagositoz aktivitesi önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, solunumsal patlama

önemli ölçüde artmıştır. 28°C'den 32°C'ye abalone transferinin, doğal bağışıklık ve *V. parahaemolyticus* enfeksiyonuna karşı direncini azalttığı sonucuna varılmıştır⁸.

SONUÇ

Tatlı su midyesi örneklerindeki toplam hemosit sayısını farklı sıcaklık, tuzluluk ve pH koşullarında araştıran bir çalışma yapılmıştır.

Midyelerin toplam hemosit sayısı; sıcaklık, tuzluluk ve pH değerleri gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Midyelerin hemosit sayılarındaki değişimler, incelenen koşullara göre farklılık göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, ekosistemlerde iklim değişikliğine bağlı olarak değişebilecek bu parametrelerin tatlı su midyelerinin bağışıklığı üzerinde olumsuz etkileri hakkında önemli bulgular ortaya koymaktadır. Bu şekilde laboratuvar ortamında yapılan çalışmanın, doğal sistemlerde yapılacak çalışmalara örnek oluşturabileceği beklenmektedir.

ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliğinin tatlı su midyeleri üzerindeki etkileri hakkında yeterli veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, tatlı su başta olmak üzere midyeler üzerinde yapılan araştırmaların artırılması, küresel iklim değişikliğinin sucul canlılar üzerindeki etkileri hakkında daha kapsamlı ve doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, tatlı su midyelerinin bağışıklık sisteminin çeşitli faktörler tarafından nasıl etkilenebileceği konusunda bilgi sağlamaktadır. Bu veriler, sucul ekosistemlerin sağlığı ve korunması ile ilgili kararlar alınırken dikkate alınmalıdır. Ayrıca, midyelerin yaşam döngüsü, dağılımı ve üreme davranışları gibi diğer faktörlerin de küresel iklim değişikliğinin etkilerini anlamak için dikkate alınması da önemlidir. Bu çalışmaların sonuçları, doğada biyoidikatör tür olarak da bilinen midyelerin gelecekteki iklim değişikliği senaryolarına nasıl tepki verebileceğinin anlaşılmasını sağlayacak ve bu tür çalışmalar, midye endüstrisi ve ekosistem yönetimi için değerli bilgiler sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (Proje kodu: FYL-2022-8140) desteklenmiştir. Deneysel çalışma konusunda yardımlarından dolayı

Prof. Dr. A. Çağlan GÜNAL ve Dr. Öğretim Üyesi Pınar ARSLAN'a teşekkürlerimizi sunarız.

Etik Onay: -

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansal Destek: FYL-2022-8140

Ethical Approval: -

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest

Financial Support: FYL-2022-8140

KAYNAKLAR

- Özdemir, E., Altındağ, A. The Impact of Global Warming on Aquatic Life (Küresel Isınmanın Sucul Yaşam Üzerine Etkisi), *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(1), 7-15, 2009. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000002
- Prakash, S. Impact of Climate Change on Aquatic Ecosystem and Its Biodiversity: an Overview, *International Journal of Biological Innovations*, 3(2), 312-317, 2021. <https://doi.org/10.46505/IJBI.2021.3210>
- Matozzo, V., Marin, MG. Bivalve immune responses and climate changes: is there a relationship?, *Invertebrate Survival Journal*, 8(1), 70-77, 2011 ISSN 1824-307X
- Kayhan, F., Kaymak, G., Tartar, Ş., Akbulut, C., Esmer, H., Ertuğ, N. Küresel ısınmanın balıklar ve deniz ekosistemleri üzerine etkileri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(3), 128-134, 2015 ISSN 1012-2354
- Fitzer, S., Vittert, L., Bowman, A., Kamenos, N., Phoenix, V., Cusack M. Ocean acidification and temperature increase impact mussel shell shape and thickness: Problematic for protection?, *Ecology and Evolution*, 5(21), 1-11, 2015 <https://doi.org/10.1002/ece3.1756>
- Munari, M., Matozzo, V., Benetello, G., Riedl, V., Pastore, P., Badocco, D., et al. Exposure to Decreased pH and Caffeine Affects Hemocyte Parameters in the Mussel *Mytilus galloprovincialis*, *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 238, 2020 <https://doi.org/10.3390/jmse8040238>
- Yavuzcan, H. Y., Benli, A. C. K. Nitrite toxicity to crayfish, *Astacus leptodactylus*, the effects of sublethal nitrite exposure on hemolymph nitrite, total hemocyte counts, and hemolymph glucose, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(3), 370-375, 2004 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.07.007>
- Cheng, Winton., Hsiao, I., Hung Hsu, C., Chu Chen, J. Change in water temperature on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor* supertexta and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*, *Fish & Shellfish Immunology*, 17(3), 235-243, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.03.007>

