



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Canik Tuzlası'ndaki (Erciş-Van) Kriptik Siliyat (Ciliophora) Biyoçeşitliliği

Naciye Gülkız ŞENLER¹, İsmail YILDIZ^{*2}

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 59030, Tekirdağ, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 65080, Van, Türkiye

*Sorumlu yazar e-posta: iyildiz@yyu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, aşırı tuzlu ekstrem bir ekosistem olan Canik Tuzlası'ndaki (Erciş-Van) kriptik (örnekleme sırasında aktif olmayan) siliyat çeşitliliği belirlendi. Örnekler tuz tesisinde bulunan 56 buharlaştırma havuzundan steril koşullar altında kompozit olarak alındı. Alınan su örneklerinin başlangıç tuzluluk oranları %170-340 arasında ölçüldü. Bu tuzluluklara sahip örnekler üzerinde yapılan incelemelerde hiçbir aktif siliyat türü gözlenmedi. Ancak hazırlanan seyreltme kültürlerinde tuz yoğunluğunun %5-85 aralığında seyreltilmesi ve besin ilavesi ile zenginleştirilmiş alt kültürlerde siliyat türleri gözlemlendi ve Canik Tuzlası'ndaki siliyat türlerinin tümünün kriptik (gizli) olarak tohum bankasında saklı olduğunu ve uygun büyüme koşullarını bekledikleri anlaşıldı. Seyreltme kültürlerinde üreyen siliyat türleri hem canlı hem de çeşitli gümüş boyama teknikleri uygulanarak ve siliyatolojide kullanılan temel eserlerden yararlanılarak türlerin teşhisleri gerçekleştirildi. Çalışmada 8 siliyat türü (*Euplotes moebiusi*, *Urosoma* sp., *Oxytricha oxymarina*, *Oxytricha* sp., *Bryophyllum* sp., *Edaphospathula* sp., *Pseudocohnilembus pusillus*, *P. persalinus*) teşhis edildi. Yeterli sayıda birey elde edilemediği için üç hypotrich türünün teşhisi yapılamadı. Tür çeşitliliği açısından Canik Tuzlası'nın oldukça fakir olduğu bulunmuştur. Bu durumun olası nedenleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekstrem habitat, Gizli biyoçeşitlilik, Siliyat, Tuzla

Cryptic Ciliate (Ciliophora) Biodiversity in Canik Tuzlası (Erciş-Van)

Abstract: In this study, the cryptic (inactive at the time of sampling) ciliate diversity in Canik solar saltern (Erciş-Van), an extremely saline ecosystem, was determined. Samples were taken as composites from 56 evaporation ponds in the saltern under sterile conditions. The initial salinities of the water samples were measured between 170-340‰. No active ciliate species were observed in the samples at these salinities. However, ciliate species were observed in subcultures enriched by dilution of the salt concentration in the range of 5-85 ‰ and addition of nutrients, and it was understood that all of the ciliate species in Canik Tuzlası were cryptically hidden in the seed bank and were waiting for suitable growth conditions. The ciliate species grown in dilution cultures were identified both in vivo and by applying various silver staining techniques and using the basic literature used in ciliatology. In present work eight ciliate species (*Euplotes moebiusi*, *Urosoma* sp., *Oxytricha oxymarina*, *Oxytricha* sp., *Bryophyllum* sp., *Edaphospathula* sp., *Pseudocohnilembus pusillus*, *P. persalinus*) were identified. Three hypotrich species could not be identified due to insufficient number of individuals. Canik Tuzlası was found to be rather poor in terms of species diversity. Possible reasons for this situation are discussed.

Keywords: Ciliate, Cryptic biodiversity, Extreme habitat, Solar saltern

1. Giriş

Ekstrem çevreler, canlılığın sürdürülmesini ya da gelişmesini engelleyen çok sert koşulların (örneğin; oksijensiz, çok sıcak, çok soğuk, aşırı kuru, aşırı tuzlu gibi) hüküm sürdüğü zor habitatlardır (Hu, 2014). Hipersalin ekosistemler deniz suyundan (toplam çözünmüş tuz oranı ‰35) daha yüksek (>‰120, >‰100, >‰90, >‰150) (Post ve ark., 1983; Edgcomb & Bernhard, 2013; Hu, 2014; Park & Simpson, 2015) tuz konsantrasyonuna sahip ve hatta tuza doymuş ekstrem çevrelerdir. Basit besin ağlarını barındıran nispeten düşük biyoçeşitliliğe sahip sistemlerdir (Elloumi ve ark., 2006; Elloumi ve

Gönderilme Tarihi: 03.03.2025

Kabul Tarihi: 14.04.2025

Nasıl atf yapılır: Şenler, N. G., & Yıldız, İ. (2025). Canik Tuzlası'ndaki (Erciş-Van) kriptik siliyat (Ciliophora) biyoçeşitliliği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(2), 412-420. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1649822>

ark., 2009b; Golubkov ve ark., 2018; Harding & Simpson, 2018). Yegâne sakinleri mikroorganizmalardır. Halotolerant ve halofilik mikroorganizmalar, düşük su içeriği ve yüksek ozmotik basıncın neden olduğu fizyolojik strese karşı spesifik adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Bazı prokaryot gruplar, protistler gibi mikrobiyal ökaryotlar ve hatta bazı metazoonlar (örneğin *Artemia salina* - tuzlu su karidesi) bu zorlu koşullara uyum sağlamışlardır (Elloumi ve ark., 2009a; Edgcomb & Bernhard, 2013; Galotti ve ark., 2014; Ali ve ark., 2016). Yüksek tuzluluğa dayanabilen Archae, Bacteria ve Eukarya türleri büyük bir metabolik çeşitlilik göstererek bu tip ekosistemlerin işleyişini güçlendirirler (Kerker, 2004).

Siliyatlar (Ciliophora) yüksek çeşitliliğe ve geniş dağılışa sahip, 10.000'den fazla nominal türü olan monofiletik protist grubudur (Xu ve ark., 2022). Mikrobiyal besin ağlarının önemli elemanları ve ekosistemlerin potansiyel biyoindikatörleridir (Sherr & Sherr, 2002; Madoni & Zangrossi, 2005; Kazmi ve ark., 2022). Bu nedenle siliyatlar herhangi bir ekosistemin sağlıklı ve işlevsel kalmasını sağlayan anahtar organizmalardır. Yeterli enerji kaynağının bulunduğu hemen hemen bütün ekosistemlerde, hatta ekstrem koşullarda bile aktif olarak bulunabilirler. *Fabrea salina*, hipersalin çevrelerde en iyi bilinen ve en yaygın siliyat protisttir. Ozmoadaptasyon ve ozmoregülasyon mekanizmaları sayesinde yüksek tuzlu ortamlarda yaşayabilir (Nche-Fambo ve ark., 2016). Tuzlu çevrelerde siliyatların çeşitliliğini ve bolluğunu düzenleyen esas faktör tuz ve su oranıdır. Prokaryotların aksine, siliyat tür çeşitliliği, artan tuzlulukla birlikte azalır (Elloumi ve ark., 2006; Elloumi ve ark., 2009b; Lei ve ark., 2009; Nche-Fambo ve ark., 2016). Aşırı tuzlu çevrelerde (%300'un üzerinde) ise protistler ya nadir bulunurlar ya da hiç bulunmazlar (Edgcomb & Bernhard, 2013; Galotti ve ark., 2014).

Hipersalin habitatlarda gerçekleştirilen önceki çalışmalarda ökaryotik mikroorganizmaların aktif ya da trofik çeşitliliği gösterilmiştir. Post ve ark. (1983), *Dunaliella salina*'nın yetiştirildiği biyoteknolojik bir tesisin tuzlu havuzunda (tuzluluk>%150) 14 aktif siliyat türü gözlemişlerdir. Cho ve ark. (2008), yeni bir siliyat türü *Trimyema koreanum*'u Kore'de bir güneş tuzlasındaki aşırı tuzlu sudan (%293) izole etmişlerdir. Bununla birlikte, çoğu siliyat, tuzlu çevrelerde kriptiktir, nadiren büyük popülasyonlar oluştururlar. Siliyat protistler ekstrem çevrelerde inaktif şekilleriyle ya da dinlenme kistleri ile varlıklarını sürdürürler ve uygun büyüme koşullarının gelişmesini beklerler. Ya da aktif olmasına rağmen popülasyon yoğunluğu çok düşüktür, yani nadir türlerdir. Bu gizli ya da kriptik biyoçeşitlilik "tohum bankası" olarak isimlendirilmiştir (Fenchel ve ark., 1997; Esteban & Finlay, 2003; Galotti ve ark., 2014). Kriptik biyoçeşitlilik ekosistemlerin işleyişinde önemlidir. Kist formları antropojenik etkilere ve doğal çevresel değişikliklere yanıt olarak geniş popülasyonlar oluştururlar.

Tuzla gibi ekstrem ekosistemlerde, kademeli seyreltme ve kültür çalışmaları ile siliyat tohum bankaları ortaya çıkarılmıştır (Fenchel ve ark., 1997; Esteban & Finlay, 2003; Galotti ve ark., 2014). Tuzlalar, deniz, tuzlu göl ya da tuzlu kaynaklardan tuz üretmek amacıyla tesis edilmiş, birbirine bağlı ya da bağlı olmayan, %35-%300 tuzluluğa sahip değişik boyutlardaki havuzlardan oluşmuş hem ekolojik hem de ekonomik açıdan önemli ekosistemlerdir. Tuzlaların buharlaşma havuzlarındaki siliyat komünite yapısı ve dinamiği ya da daha geniş anlamda havuzlardaki biyota, tuz üretimi için elverişli veya elverişsiz koşullar oluşturabilir (Davis, 2000; Lei ve ark., 2009). Fiziki yapısı uygun olan sistemlerde, biyotanın uygun düzeyde bulunması ekonomik ve yüksek kalitede tuz üretiminin gerçekleşmesini sağlar. Örneğin, *Fabrea salina*'nın aşırı çoğalması, tuz üretiminde istenmeyen biyolojik koşulların oluşmasına neden olur (Lei ve ark., 2009). Siliyatlar çevresel değişikliklere oldukça duyarlıdır. Bu özellikleri sayesinde ekosistemin biyolojik dengesi ve sağlığı hakkında bilgi verebilirler. Biota hakkında doğru bilgi, sistemin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

Bu çalışma ülkemizde tuz üretim tesisinde gerçekleştirilen ilk siliyat çalışmasıdır. Amacımız, Canik Tuzlası'ndaki (Van-Erciş) kriptik siliyat çeşitliliğini ortaya çıkarmak ve değerlendirmek, kriptik siliyat biyoçeşitliliği hakkında ilk verileri sunmaktır. Ekstrem çevrelerde, kriptik siliyat faunasının ortaya çıkarılmasına yönelik çalışmaların, aynı zamanda ökaryotik mikrobiyal organizmaların dağılım modelleri (kozmpolitan ve endemizm) ile ilgili mevcut literatüre de (Lynn, 2008) katkı sağlayacağı kanısındayız.

2. Materyal ve Yöntem

Canik tuzlası, Van Gölü havzasında, Van merkezin kuzeyinde yer alır. Merkeze uzaklığı 45 km'dir (38° 50' kuzey enlemi ve 43° 26' doğu boylamı). Denizden yüksekliği 1734 m'dir. Van Gölü yüzeyinden 85 m yüksekte olup göle yaklaşık 1000 m uzaklıktadır. Kaynak suyu tuzlası olup, jips

($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, alçıtaşı) ihtiva eder. Evaporit oluşumlardan gelen tuzlu suların buharlaşması sonucu üretilen tuz, Van ve çevresinin gereksinimini karşılamaktadır. Tuzla 3 toplama ve 56 kurutma havuzundan oluşmaktadır. Kurutma havuzları ortalama 40 cm derinliğindedir (Şekil 1-2).



Şekil 1. Van-Canik Tuzlası'nın konumu.



Şekil 2. Canik Tuzlası'nın genel görünüşü.

Örnekleme, tuzlada mevcut olan tüm kurutma havuzlarından kompozit olarak yapıldı. Örnekler sedimentin 2 cm üzerinden ve bubble yöntemi (baloncuk üfleme) kullanılarak, sediment-su ara yüzeyinden steril hortumla sifonlanarak alındı ve 5 lt'lik cam kavanozda toplandı. Mikrobiyal faaliyet sonucu anoksik koşulların gelişmemesi için dış ortamdan izole edilen kavanozun 1/3'lik kısmı boş

birakıldı ve yüzeyden havalandırma sağlandı. Yüksek tuzluluğa sahip su örnekleri 1-2 saat içerisinde laboratuvara getirilerek, aktif siliyat varlığı araştırıldı. Tuzluluk YSI 33 model SCT metre ile ölçüldü.

Su örneğinin muhafaza edildiği cam kavanoza, bakteriyel gelişimi başlatmak ve sürdürmek için ufalanmış steril tahıl yaprakları besin olarak ilave edildi. Kavanozda bakteri gelişiminin uygun duruma gelmesi için 21 gün beklendi. Sıvı hacminin korunması amacıyla her gün eksilen miktar kadar saf su ilave edildi (Esteban & Finlay, 2003). Bekleme süresinin sonunda, kavanozda bekletilen tuzlu su örneği çeşitli oranlarda seyreltilerek, Petri kaplarında alt kültürler hazırlandı. Kültür yapılmadan önce Petri kapları ve kullanılan bütün malzemeler otoklavda steril edildi. Seyreltme işlemine başlamadan hemen önce kavanozdaki su, kistlerin eşit dağılımı için homojenize edildi. İlk seyreltme oranı %50 olmak üzere 7 seyreltme serisi hazırlandı (%50, %25, %12, %6, %3, %1, %0.5) ve her seyreltme serisinin tuzluluk oranları belirlendi (sırasıyla %85, %42.5, %20.4, %10.2, %5.1, %1.7, %0.85). Her sulandırma serisi için 9 tekrar olacak şekilde toplam 63 adet alt kültür hazırlandı. Buharlaşma sonucu su hacmindeki eksilmeyi telafi etmek için steril plastik enjektör yardımı ile oksijenlenmiş saf su eklendi. Su ekleme işlemi Petri kaplarında seyreltme sonrası sıvı yükseklikleri işaretlenerek kontrol altına alındı. Kültür kapları 2. günden başlayarak 2 ay boyunca her gün takip edildi.

Gelişen siliyat türlerinin teşhisi ilk olarak canlı, daha sonra gümüş boyama uygulanmış bireylerde yapıldı. Canlı inceleme stereomikroskoplar ile (Euromex, Leica S8), ayrıntılı inceleme ise diferansiyel interferens kontrast (DIC) ataşmanlı mikroskop (Nikon-Eclipse E600) ile immersiyon objektif kullanılarak yapılmıştır. Preperasyon, teşhis ve terminoloji için Lynn & Small, (2000); Lynn, (2008) ve Foissner, (2014) kaynaklarından yararlanıldı.

3. Bulgular

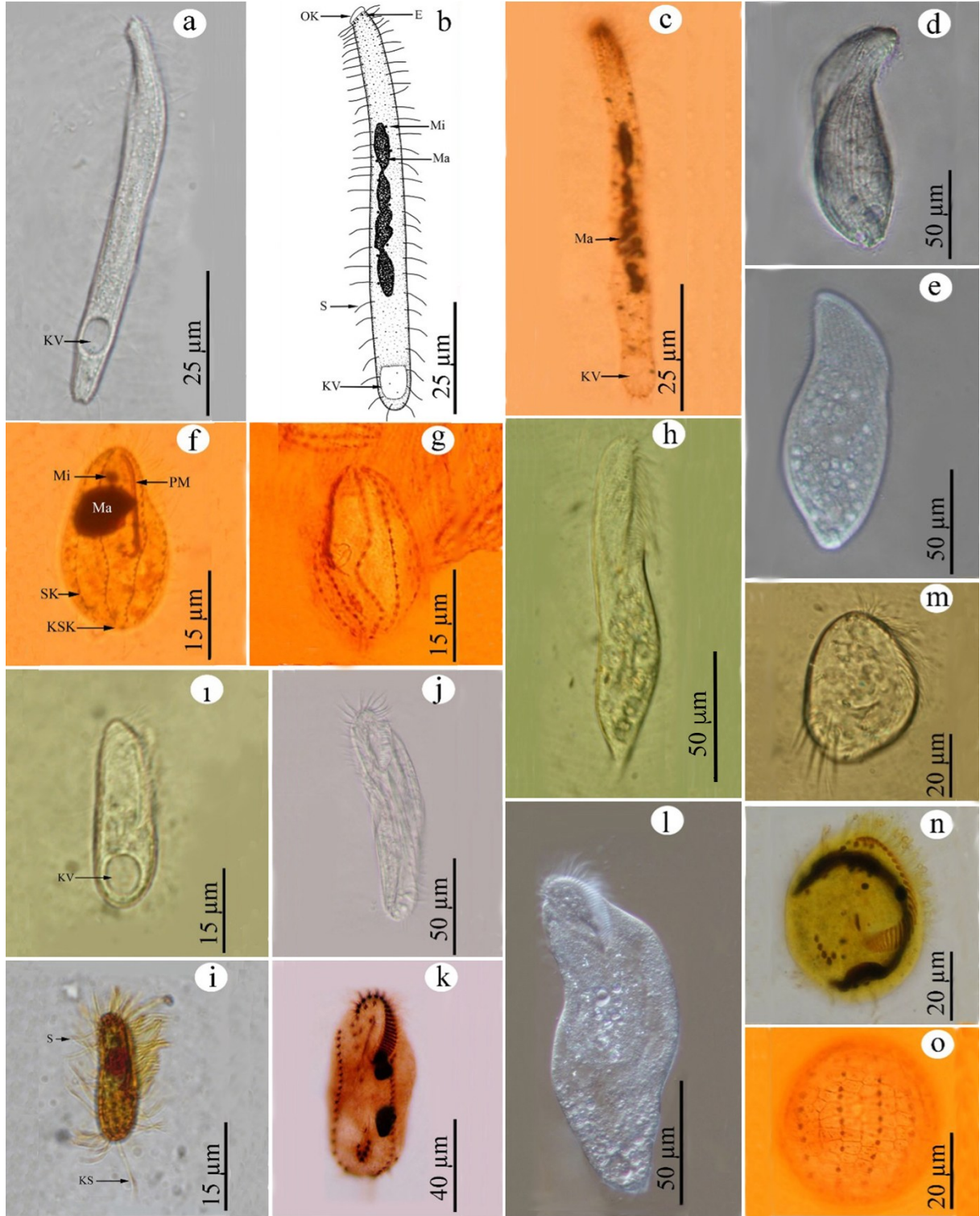
Canik Tuzlası'nı besleyen kaynak suları, tuz yataklarını yıkayarak geldiği için, yüksek tuz konsantrasyonuna sahiptir. Buharlaştırma havuzlarından alınan kompozit örnekte başlangıç tuz konsantrasyonu ‰170 olarak ölçüldü. Bahar aylarında yapılan ölçümlerde ise bu değerin ‰320-340 arasında değiştiği görüldü. Seyreltme yapılmadan önce örnekler üzerinde yapılan incelemelerde hiçbirinde aktif siliyat türüne rastlanmadı. Tuzladaki siliyat çeşitliliği, orijinal tuzluluğun (‰170) seyreltilmesinden sonraki kültür serilerinde tespit edildi. Aşamalı olarak tuzluluğu azaltılmış ve zenginleştirilmiş alt kültürlerde, uygun koşulların oluşması ile “dinlenme kisti” formundaki siliyat türleri aktif popülasyonlar oluşturdular.

Çizelge 1. Kültür serilerinin tuzluluk değerleri (seyreltme oranları) ve gözlenen aktif siliyat türleri

Türler	Tuzluluk (‰)							
	170.0 (1/1)	85.0 (1/2)	42.5 (1/4)	20.4 (1/8)	10.2 (1/16)	5.1 (1/32)	1.7 (1/64)	0.85 (1/128)
<i>Euplotes moebiusi</i>	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Urosoma</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Oxytricha oxymarina</i>	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Oxytricha</i> sp.	-	+	+	+	-	-	-	-
<i>Bryophyllum</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Edaphospathula</i> sp.	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Pseudocohnilembus pusillus</i>	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Pseudocohnilembus persalinus</i>	-	+	+	+	+	+	-	-

Canik Tuzlası'nda çalışma periyodu boyunca, hazırlanan kültürlerden toplam 11 siliyat türü gözlenmiş, bunlardan 1 hypotrich, 3 stichotrich, 2 haptorid, 2 skutukosiliyat olmak üzere 8 siliyat türünün teşhisi yapılabilmektedir. Yeterli popülasyon büyüklüğünde elde edilemedikleri için üç stichotrich türünün teşhisi yapılamamıştır. Başlangıç tuzluluk oranı, seyreltme sonrası tuzluluk oranları ile bu tuzluluklardaki kültürlerde kaydedilen siliyat türleri Çizelge 1'de; türlerin genel morfolojilerini gösteren fotomikrograflar ve diyagram Şekil 3'te verilmiştir. *Euplotes moebiusi* (Spirotrichea, Hypotrichia), *Urosoma* sp. (Spirotrichea, Stichotrichia), *Oxytricha oxymarina* (Spirotrichea, Stichotrichia), *Oxytricha* sp. (Spirotrichea, Stichotrichia), *Bryophyllum* sp. (Litostomatea, Haptoria), *Edaphospathula* sp.

(Litostomatea, Haptoria), *Pseudocohnilembus pusillus* (Olygohymenophorea, Scuticociliatia), *P. persalinus* (Olygohymenophorea, Scuticociliatia)



Şekil 3. Canik Tuzlası buharlaştırma havuzu suyundan kültüre edilen siliyatların diyagram ve fotomikrografları. a, b, c: *Edaphospathula* sp., d, e: *Bryophyllum* sp., f, g: *Pseudocohnilembus persalinus*, h: *Urosoma* sp., i, j: *Pseudocohnilembus pusillus*, k: *Oxytricha oxymarina*, l: *Oxytricha* sp., m, n, o: *Euplotes moebiusi*. E: ekstruzom, KS: kaudal sil, KSK: kaudal sil kinetozomu, KV: kontraktıl vakuol, Ma: makronukleus, Mi: mikronukleus, OK: oral kabartı, PM: paroral membran, S: sil, SK: somatik kineti, µm: mikrometre.

En yüksek aktif siliyat çeşitliliği (7 tür) %85'lik tuzluluğa sahip ilk seyreltmenin yapıldığı Petri kültürü serisinde gözlemlendi. *Bryophyllum* sp. yalnız %85 tuzlulukta, *Urosoma* sp. ise sadece %20.4 tuzlulukta hazırlanan kültürlerde ortaya çıktılar (Çizelge 1). Kültür başlangıcından yaklaşık 30 gün sonra trofik şekliyle gözlenen *Bryophyllum* sp. 1-2 gün sonra kaybolmuştur. %85 tuzlulukta kültürlerde yoğun olmamakla birlikte *Euplotes moebiusi*, *Edaphospathula* sp., *Pseudocohnilembus* spp., *Oxytricha* spp. gözlenmiştir. Bu türler ait süksesyon şu şekilde gözlenmiştir; ilk hafta *Euplotes moebiusi* ve *Pseudocohnilembus* spp. gözlemlendi ve çalışma boyunca varlıklarını sürdürdüler. Hemen sonrasında *Edaphospathula* sp. ve onu takiben *Oxytricha* spp. gözlemlendi. Tuzluluğun %42.5 olduğu kültürlerde 6 aktif siliyat türü gözlemlendi. Bu tuzluluk oranında iki tür hariç (*Bryophyllum* sp. ve *Urosoma* sp.) diğer türler için en uygun ortam sayılabilecek düzeyde üreme gerçekleşti. Kistten çıkma sırasının bir önceki seyreltme ile aynı olduğu gözlemlendi. %20.4'lük tuzlulukta kültürlerde *Urosoma* sp.'nin yanı sıra *Euplotes moebiusi*, *Oxytricha* spp. ve *Pseudocohnilembus* spp. gözlenmiştir. %10.3 tuzlulukta kültürlerde sadece *Pseudocohnilembus* spp., %5.1 tuzlulukta kültürlerde ise sadece *Pseudocohnilembus persalinus* aktif olarak gözlenmiştir. %5.0 tuzluluktan daha aşağı seyreltmelerdeki kültürlerde, yani tatlı su olarak kabul edilen aralıklarda hiçbir aktif siliyat türü gözlenmemiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Sonuçlarımız, Galotti ve ark. (2014)'nın bulguları ile tutarlı bir şekilde, tuzla gibi ekstrem ortamlarda, siliyat türlerinin tümünün uygun büyüme koşullarını bekleyen tohum bankasında gizli olduğunu göstermiştir. Canik Tuzla'sından alındıktan sonra seyreltme işlemine tabi tutulmadan incelenen örneklerin hiçbirinde aktif siliyat gözlenmedi. Aşırı yüksek tuzluluk altında, siliyat türleri inaktif formlar (hareketsiz dirençli kistler) halinde bulunurken, tuzluluğu azaltılmış ve zenginleştirilmiş alt örneklerde aktif siliyat türleri (trofik formlar) gözlenmiştir. Diğer bir ifade ile tuz oranının azaltılması, "dinlenme kist" formundaki siliyat türlerinin gelişmesine olanak tanımıştır. Galotti ve ark. (2014) gerçekleştirdikleri çalışmada, başlangıç tuzluluk oranının yüksek olduğu 6 tuzlada sulandırma yapmadan önce ya hiç ya da 2-3 aktif siliyat türü bulmuşlardır. Sonuç olarak siliyat türlerinin tümünün ya da tümüne yakınının (%83-%100) kriptik olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmalarımız en yüksek siliyat çeşitliliğinin %85.0 ile %20.4 arası tuzluluklarda meydana geldiğini, ancak tatlı su niteliğindeki seyreltmelerde (%1.7, %0.9) ortadan kaybolduğunu gösterdi. İlk sulandırmada (1/2, %85.0) 7, ikinci sulandırmada (1/4, %42.5) 6, üçüncü sulandırmada (1/8, %20.4) 6, dördüncü sulandırmada (1/16, %10.2) 2 ve beşinci sulandırmada ise (1/32, %5.1) sadece 1 siliyat türü gözlenmiştir (Çizelge 1). Tespit ettiğimiz türler tohum bankasının tümü değildir. Çünkü laboratuvar koşulları altında kistten çıkış, bütün türler için aynı koşullar altında gerçekleşmez (Moscatello & Belmonte, 2009). Başlangıç tuzluluğunda, ökaryotik mikrobiyal çeşitliliğin olmaması, olasılıkla biyoçeşitliliğin sadece prokaryot düzeyde olması aynı zamanda ekstremofil ortamlarda besin ağlarının basitleştirmesi destekler (Eloumi ve ark., 2009b).

Hipersalin tuzla örneklerinde gözlediğimiz kriptik (örnekleme sırasında aktif olmayan) siliyat çeşitliliği halofil, deniz, acı ve tatlı su, hatta toprak türlerinin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Bunlar arasında, *O. oxymarina* hafif tuzlu su ve deniz suyunda yaygındır ve gerçek denizel tür gibi görünmektedir (Kwon & Shin, 2008). Henüz tatlı sudan veya diğer habitatlardan güvenilir kayıtlar tespit edilememiştir. *Euplotes moebiusu* ise ilk kez tuzlu sudan tanımlandığı (Kahl, 1932) halde, aktif çamur ve tatlısulara ait kayıtlar da mevcuttur (Foissner ve ark., 1991). *Pseudocohnilembus pusillus* örihalin (euryhaline) bir tür olup tatlı, acı, tuzlu ve hipersalin sulardan ve topraktan izole edilmiştir (Olendzenski, 1999). *Euplotes moebiusu* gibi aktif çamur sisteminde de yaygın bulunur (Amann ve ark., 1998). Bu çalışmada izole edilen diğer *Pseudocohnilembus* türü (*P. persalinus*), ilk olarak Evans & Thompson (1964) tarafından tanımlanan, serbest yaşayan denizel bir siliyattır. Bu tür aynı zamanda, dünya çapında deniz ürünleri yetiştiriciliğinde ciddi ekonomik kayıplara yol açan en önemli balık hastalıklarından biri olan sukutokosiliyatoza neden olan, en yaygın fakültatif parazittir (Whang ve ark., 2013).

Canik Tuzlası tür çeşitliliği açısından nispeten fakir bulunmuştur. Değişik ekstrem ortamlarda yürütülen siliyatolojik araştırmalarda, siliyat biyoçeşitliliği arasında farklılıklar mevcuttur. Esteban & Finlay (2003), tuzluluk oranı daha düşük olan orijinal örnekte (%81 tuzluluk), daha önce aşırı tuzlu ve tuzlu sulardan kaydedilmiş olan toplam 24 tür, seyreltme yaptıkları alt kültürlerde ise yüksek tuzlulukta aktif olmayan, acı ve tatlı sular için tipik olan 12 kriptik siliyat türü tespit etmişlerdir. En yüksek siliyat çeşitliliği Kore'deki bir deniz tuzlasında gözlenmiş olup (Lei ve ark., 2009), %27.7 ile %311 arasında değişen tuzlulukta 98 morfortür tespit edilmiştir. Araştırmacılar tür zenginliğinin esas olarak tuzluluk

tarafından kontrol edildiğini ve artan tuzluluk ile önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Siliyat çeşitliliğinin sulandırma biçimi ile ilişkili olduğunu açıklayan Galotti ve ark. (2014), tür sayısını kademeli seyreltmede 9-36, kademeli olmayan seyreltmede ise 6-20 olarak bulmuşlardır. Kademeli seyreltme yönteminde siliyat türlerine yeterli uyum süresi verildiği için, tür sayısı daha yüksek bulunmuştur. Farklılıkların, sıcaklık ve besin varlığı gibi değişik çevresel koşullara ilaveten coğrafi konum, kist canlılığı, seyreltmenin bir sonucu olarak besin maddelerinin kritik eşik altına düşüp giderek yok olması, yine seyreltmeye bağlı olarak kistlerin ıskalanmış olması gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceğini varsayıyoruz. Canik Tuzlası'nın yüksek tuzluluk oranı (%170-340) da siliyat kistlerinin canlılıklarını etkilemiş olabilir. Kist canlılığı sanıldığı kadar geniş çapta değildir. Sınırlı canlılık gösterdikleri ve her koşulda canlı kalmadıkları bildirilmiştir (Foissner, 2007). Ayrıca yerel faunal kaynaklar ya da türün yoğunluğunun düşük olması sonucu yerel olarak neslinin tükenmesi de farklı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir (Lei ve ark., 2009). Ancak bunu doğrulamak için farklı alanlarda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Tatlısu niteliğindeki seyreltmede hiç siliyat türüne rastlamamış olmamız, ilginç ve beklemediğimiz bir sonuçtur. Böyle bir sonucun ortaya çıkmasında, sulandırmaya bağlı olarak besin miktarı ve kist sayısının giderek azalmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma araştırılan alanda, daha geniş anlamda ekstremofil ortamlarda gizli siliyat çeşitliliği ile ilgili ülkemizde gerçekleştirilen ilk çalışmadır. Gizli çeşitliliğin Canik Tuzlası'nda daha fazla olması muhtemeldir. Ancak mikrobiyal ökaryot çeşitliliğini incelemek doğası gereği zordur. Çünkü mikrobiyal ökaryot taksonlarının teşhisi zor ve zaman alıcıdır. Bu nedenle ekstrem çevrelerde siliyatların gizli çeşitliliğine yönelik araştırmalarda morfolojik yöntemlere ilaveten moleküler yaklaşımların da kullanılması gerçek biyoçeşitliliği ortaya çıkarmaya yardımcı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmayı 2009 FBE-YL-027 numaralı proje ile destekleyen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ali, I., Prasongsuk, S., Akbar, A., Aslam Buzdar, M., Lotrakul, P., Punnapayak, H., & Rakshit, S. K. (2016). Hypersaline habitats and halophilic microorganisms. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 10(3), 330-345.
- Amann, R., Lemmer, H., & Wagner, M. (1998). Monitoring the community structure of wastewater treatment plants: a comparison of old and new techniques. *FEMS Microbiology Ecology*, 25(3), 205-215. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1998.tb00473.x>
- Cho, B. C., Park, J. S., Xu, K., & Choi, J. K. (2008). Morphology and molecular phylogeny of *Trimyema koreanum* n. sp., a ciliate from the hypersaline water of a solar saltern. *Journal of Eucaryotic Microbiology*, 55(5), 417-426. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2008.00340.x>
- Davis, S. J. (2000). Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. *Global Nest: The International Journal*, 2(3), 217-226.
- Edgcomb, V. P., & Bernhard, J. M. (2013). Heterotrophic protists in hypersaline microbial mats and deep hypersaline basin water columns. *Life (Basel)*, 3(2), 346-362. <https://doi.org/10.3390/life3020346>
- Elloumi, J., Carrias, J. F., Ayadi, H., Sime-Ngando, T., Boukhris, M., & Bouaïn, A. (2006). Composition and distribution of planktonic ciliates from ponds of different salinity in the solar saltwork of Sfax, Tunisia. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.10.011>
- Elloumi, J., Guermazi, W., Ayadi, H., Bouaïn, A., & Aleya, L. (2009a). Abundance and biomass of prokaryotic and eukaryotic microorganisms coupled with environmental factors in an arid multi-pond solar saltern (Sfax, Tunisia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(2), 243-253. <https://doi.org/10.1017/S0025315408002269>
- Elloumi, J., Carrias, J. F., Ayadi, H., Sime-Ngando, T., & Bouaïn, A. (2009b). Communities structure of the planktonic halophiles in the solar saltern of Sfax, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.019>

- Esteban, G. F., & Finlay, B. J. (2003). Cryptic freshwater ciliates in a hypersaline lagoon. *Protist*, 154(3-4), 411-418. <https://doi.org/10.1078/143446103322454149>
- Evans, F. R., & Thompson Jr, J. C. (1964). Pseudocohnilembidae n. fam., a hymenostome ciliate family containing one genus, *Pseudocohnilembus* n. g., with three new species*. *Journal of Protozoology*, 11(3), 344-352. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1964.tb01763.x>
- Fenchel, T., Esteban, G. F., & Finlay, B. J. (1997). Local versus global diversity of microorganisms: Cryptic diversity of ciliated protozoa. *Oikos*, 80(2), 220-225. <https://doi.org/10.2307/3546589>
- Foissner, W., Berger, H., Blatterer, H., & Kohmann, F. (1991). *Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems*. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1-471.
- Foissner, W. (2007). Dispersal and biogeography of protists: recent advances. *Japanese Journal of Protozoology*, 40(1), 1-16.
- Foissner, W. (2014). An update of basic light and scanning electron microscopic methods for taxonomic studies of ciliated protozoa. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(Pt 1), 271-292. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.057893-0>
- Galotti, A., Finlay, B. J., Jiménez-Gómez, F., Guerrero, F., & Esteban, G. F. (2014). Most ciliated protozoa in extreme environments are cryptic in the 'seed bank'. *Aquatic Microbial Ecology*, 72(3), 187-193. <https://doi.org/10.3354/ame01699>
- Golubkov, S. M., Shadrin, N. V., Golubkov, M. S., Balushkina, E. V., & Litvinchuk, L. F. (2018). Food chains and their dynamics in ecosystems of shallow lakes with different water salinities. *Russian Journal of Ecology*, 49(5), 442-448. <https://doi.org/10.1134/S1067413618050053>
- Harding, T., & Simpson, A. G. B. (2018). Recent advances in halophilic protozoa research. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 65(4), 556-570. <https://doi.org/10.1111/jeu.12495>
- Hu, X. (2014). Ciliates in extreme environments. *Eukaryotic Microbiology*, 61, 410-418. <https://doi.org/10.1111/jeu.12120>
- Kahl, A. (1932). Urtiere Oder Protozoa I: Wimpertiere Order Ciliata (Infusoria). 3. Spirotricha. *Tierwelt Dtl*, 25, 399-650.
- Kazmi, S. S. U. H., Uroosa, & Xu, H. (2022). A new approach to evaluating water quality status using protozoan periphytons in marine ecosystems: functional units. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 22(3), 496-504. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.05.001>
- Kerkar, S. (2004). Ecology of hypersaline microorganisms. In N. Ramaiah (Ed.), *Marine microbiology: Facets and opportunities* (pp. 37-47). National Institute of Oceanography.
- Kwon, C. B., & Shin, M. K. (2008). Two newly recorded ciliates, *Oxytricha longigranulosa* and *O. marina* (Ciliophora: Spirotrichea: Sporadotrichida) from Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity*, 24(1), 81-88. <https://doi.org/10.5635/KJSZ.2008.24.1.081>
- Lei, Y., Xu, K., Choi, J. K., Hong, H. P., & Wickham, S. A. (2009). Community structure and seasonal dynamics of planktonic ciliates along salinity gradients. *European Journal of Protistology*, 45(4), 305-319. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2009.05.00>
- Lynn, D. H., & Small, E. B. (2000). Phylum ciliophora dofflein, 1901. In J. J. Lee, G. F. Leedale & P. Bradbury (Eds.), *The illustrated guide to the protozoa* (pp. 371-656). Allen Press Inc.
- Lynn, D. H. (2008). *The ciliated protozoa: Characterization, classification, and guide to the literature*. Springer, Dordrecht.
- Madoni, P., & Zangrossi, S. (2005). Ciliated protozoa and saprobial evaluation of water quality in the Taro River (northern Italy). *Italian Journal of Zoology*, 72(1), 21-25. <https://doi.org/10.1080/11250000509356648>
- Moscattello, S., & Belmonte, G. (2009). Egg banks in hypersaline lakes of the South-East Europe. *Aquatic Biosystems*, 5, 3. <https://doi.org/10.1186/1746-1448-5-3>
- Nche-Fambo, F. A., Tirok, K., & Scharler, U. M. (2016). Hypersaline conditions cause distinct ciliate community structure in a South African estuarine lake system. *Journal of Plankton Research*, 38(4), 878-887. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbw035>
- Olendzenski, L. C. (1999). Growth, fine structure and cyst formation of a microbial mat ciliate: *Pseudocohnilembus pusillus* (Ciliophora, Scuticociliatida). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 46(2), 132-141. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1999.tb04596.x>
- Park, J. S., & Simpson, A. G. (2015). Diversity of heterotrophic protists from extremely hypersaline habitats. *Protist*, 166(4), 422-437. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2015.06.001>

- Post, F. J., Borowitzka, L. J., Borowitzka, M. A., Mackay, B., & Moulton, T. (1983). The protozoa of a Western Australian hypersaline lagoon. *Hydrobiologia*, 105(1), 95-113. <https://doi.org/10.1007/BF00025180>
- Sherr, E. B., & Sherr, B. F. (2002). Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81(1-4), 293-308. <https://doi.org/10.1023/A:1020591307260>
- Whang, I., Kang, H. S., & Lee, J. (2013). Identification of scuticociliates (*Pseudocohnilembus persalinus*, *P. longisetus*, *Uronema marinum* and *Miamiensis avidus*) based on the cox1 sequence. *Parasitology International*, 62(1), 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2012.08.002>
- Xu, W., Ma, J., Li, Y., Bourland, W. A., Petroni, G., Luo, X., & Song, W. (2022). Phylogeny of a new ciliate family Clampidae fam. nov. (Protista: Ciliophora), with notes on morphology and morphogenesis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 196(1), 88-104. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab102>