

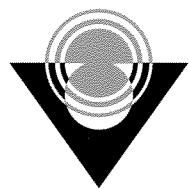
TÜBİTAK

2007-445

U

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**  
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu**  
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group



2007-445

✓

TÜBİTAK

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**  
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu**  
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group

93262

KARADENİZ'DE POTANSİYEL ZARARLI DİATOM  
*PSEUDO-NITZSCHIA SERIATA*'NIN TOKSİSİTESİ VE  
EKOLOJİK ETKİLERİ

PROJE NO: ÇAYDAG-104Y053

DOÇ.Dr. ŞENGÜL BEŞİKTEPE  
Dr. LARISA RYABUSHKO  
DOÇ.Dr. DILEK EDİGER

NİSAN 2007  
MERSİN

## Önsöz

TÜBİTAK-MUES, Ukrayna, ikili İşbirliği Destekleme Programı çerçevesinde desteklenen bu proje kapsamında, Karadeniz'den izole edilip kültürü yapılan *Pseudo-nitzschia calliantha* türü diatomların bir nöro-toksin olan domoik asit üretip üretmediği ve besin zincirindeki etkileri araştırılmıştır. Proje kapsamında *Pseudo-nitzschia calliantha* türünün tanımlaması için gerekli olan SEM (scanning electron microscopy) fotoğrafları TÜBİTAK-MAM Malzeme Enstitüsü, elektron mikroskop laboratuvarında çektilmiştir. Kuruma vermiş oldukları hizmetlerinden ötürü teşekkür ederiz. TEM (transmission electron microscopy) fotoğrafları Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji ve Embriyoji Ana Bilim Dalı laboratuvarında çekilmiştir. Bu imkanı bize sağlayan Prof. Dr. Tülin Baykal ve Yrd.Doç.Dr. Nejat Yılmaz'a yardımları ve ilgileri için teşekkürü bir borç biliriz. *Pseudo-nitzschia calliantha* türünün tanımlamasında bizlere yardımcı olan Dr. Yasuwo Fukuyo (Japonya) ve grubuna şükranlarımızı sunuyoruz. Projeyi destekleyen TÜBİTAK'una verdikleri destekten ötürü teşekkür ederiz.

## İçindekiler

	Sayfa No
Önsöz .....	i
İçindekiler .....	ii
Tablo Listesi .....	iii
Şekil Listesi .....	iv
Özet .....	v
Abstract .....	vi
1. Giriş .....	1
2. Gereç ve Yöntem .....	3
2.1. Sevastopol Körfezinde <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Bolluğu ve Domoik Asit Miktarı .....	3
2.2. <i>Pseudo-nitzschia</i> Kültürü ve Tanımlanması .....	4
2.3. <i>Pseudo-nitzschia</i> Kültürünün Büyüme Eğrisi ve Domoik Asit Üretimi .....	4
2.4. Kopepod Kültürü .....	5
2.5. Beslenme ve Yumurta Üretim Deneyleri .....	5
2.6. Yumurta Açılmış Oranları .....	6
3. Sonuçlar .....	6
3.1. <i>Pseudo-nitzschia</i> Kültürünün Morfolojik Özellikleri .....	6
3.2. Sevastopol Körfezinde <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Dağılımı ve Domoik Asit Miktarı .....	8
3.3. <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Kültürünün Büyüme Eğrisi ve Domoik Asit Üretimi .....	9
3.4. <i>Acartia clausi</i> 'nın Beslenmesi, Yumurta üretimi ve Yumurta Açılmış Oranları .....	10
4. Tartışma ve Öneriler .....	13
5. Yararlanılan Kaynaklar .....	16

## Tablo Listesi

	Sayfa No
1. Örnekleme istasyonlarındaki <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> bolluğu (Hücre/L) .....	8

## Şekil Listesi

Sayfa No

1. Örnekleme yapılan istasyonların lokasyonu .....	3
2. <i>Pseudo-nitzschia</i> hücrelerinin TEM fotoğrafları .....	7
3. <i>Pseudo-nitzschia</i> hücrelerinin SEM fotoğrafları .....	7
4. Örnekleme periyodu boyunca istasyonların yüzey suyu sıcaklığı ....	8
5. <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> kültürünün büyümeye eğrisi (siyah noktalar) ve domoik asit (DA) konsantrasyonu (çubuklar) .....	9
6. <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> kültüründe HPLC-FMOC metodu kullanılarak ölçülen domoik asit (DA) spektrumu .....	10
7. <i>Acartia clausi</i> 'nin iki farklı besin konsantrasyonunda <i>P. cordata</i> ve <i>P. calliantha</i> üzerinden beslenme (a) ve filtrasyon oranları (b) .....	11
8. <i>Acartia clausi</i> 'nin iki farklı besin konsantrasyonunda <i>P. cordata</i> ve <i>P. calliantha</i> üzerinden yumurta üretim oranları .....	12
9. <i>Acartia clausi</i> 'nin yüksek besin konsantrasyonundaki (~10000 hücre ml <sup>-1</sup> ) <i>Prorocentrum cordata</i> ve <i>Pseudo-nitzschia</i> <i>calliantha</i> üzerinden ürettiği yumurtaların açılım oranları .....	13

## Özet

Karadeniz'in Sevastopol Körfezi'nden izole edilen *Pseudo-nitzschia* türünün toksisitesi ve ekolojik etkileri çalışılmıştır. Izole edilen tür, SEM ve TEM çalışmalarına dayanarak *P. calliantha* olarak tanımlanmıştır. Kültürün büyümeye evreleri boyunca domoik asit (DA) miktarı tesbit edilmiştir. En yüksek domoik asit miktarı 0.95 pg DA hücre<sup>-1</sup> olarak erken log fazında ölçülmüş, en düşük DA miktarı durgun büyümeye evresinde gözlenmiştir. DA üreten *P. calliantha*'nın kalanoid kopepod *Acartia clausi*'nın beslenme ve üremesine etkileri laboratuvara çalışılmıştır. Deneyler *P. calliantha* ve *Prorocentrum cordata*'nın iki farklı konsantrasyonunda (1000 ve 10000 hücre ml<sup>-1</sup>) gerçekleştirilmiştir. *Acartia clausi*'nın *P. calliantha* üzerinden beslenmesinde herhangi bir letal etkiye rastlamamasına karşın yumurta üretiminde düşüş gözlenmiştir.

## **Abstract**

A species of *Pseudo-nitzschia* isolated from Sevastopol Bay, Black Sea, was examined for its toxicity and ecologic impacts. The species was identified as *P. calliantha* based on SEM and TEM examination. Domoic acid (DA) was detected in batch culture throughout the growth cycle of *P. calliantha*. The cellular DA level was higher in the early exponential phase with the maximum value of 0.95 pg DA cell<sup>-1</sup>. In the stationary phase, the cellular DA levels declined. The effect of domoic acid producing diatom *Pseudo-nitzschia calliantha* on the feeding and reproductive success of the calanoid copepod *Acartia clausi* was examined in the laboratory. Experiments were carried out at two different concentrations (1000 and 10000 cells ml<sup>-1</sup>) of either the *P. calliantha* or the *Prorocentrum cordata* as food sources. Results demonstrate that *A. clausi* fed on *P. calliantha* without any lethal effects but reduced egg production.

## 1. Giriş

Son zamanlarda bir diatom cinsi olan *Pseudo-nitzschia*'nın 10 türünün bir nöro-toxin olan ve suda çözülebilen domoik asit ürettiği bulunmuştur (Moestrup, 2004). Domoik asit hayvanlarda zararlı etkilere neden olan ve nöronları uyaran bir amino asittir. Deniz omurgasızları, kuşlar ve memelileri bu toksini akümüle edebilmektedir. Deniz suyunu süzerek beslenen midyelerin domoik asit üreten *Pseudo-nitzschia* türünü tüketip, domoik asit içerdiği ve bu midyeleri yiyan insanlarda nörolojik problemlerin gözlendiği ve hatta ölümlere varan vakalar literatürde rapor edilmektedir. Böyle bir olay ilk kez 1987'de Kanada'da Prens Edward adalarında fark edilmiş ve midye tüketen insanların 100'den fazlasının hastalandığı ve 3'nün öldüğü rapor edilmiştir (Bates ve dig. 1989). 1991'de Kaliforniya sahillerinde *Pseudo-nitzschia australis* türünün patlama yaptığı ve hamsilerin bu diatom türünün ürettiği domoik asit ile kontamine olduğu ve hamsiler üzerinden beslenen pelikan ve diğer deniz kuşlarının nörolojik semptomlar gösterdikleri ve hatta 100 den fazla pelikanın öldüğü gösterilmiştir (Garrison ve dig. 1992). Yine Kaliforniya sahillerinde 1998'de, domoik asit zehirlenmesinden ötürü deniz memelilerinin öldüğü rapor edilmiştir (Lefebvre ve dig. 1999; Scholin ve dig. 2000). Kabuklu deniz hayvanları yetiştirmeye çabaları de domoik asit toksisitesinden oldukça fazla etkilenmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ve İngiltere'deki bazı deniz kabukları üretim çabalarında yapılan ölçümlerde fazla domoik asit miktarları tespit edilmiş ve bu yüzden kapatılmışlardır (Horner ve Poster, 1993; Bogan ve dig. 2007; Campbell ve dig. 2001; Gallacher ve dig. 2001).

Zooplanktonik organizmalar fito-toksinin pelajik besin zincirinde taşınmasında önemli bir halkayı oluştururlar. Fitoplanktonik organizmalarca üretilen toksini akümüle ederek kendi üzerinden beslenen canlılara transfer ederler. Saha ve laboratuvar çalışmaları, zooplanktonik organizmaların toksin üreten fitoplanktonik organizmalar üzerinden beslendiklerini ve toksini vücutlarında akümüle ettiklerini göstermiştir (Turriff ve dig. 1995; Teegarden ve Cembella, 1996; Turner ve Tester, 1997; Maneiro ve dig., 2000; Bargu ve dig., 2002a, 2003). Zooplanktonik organizmalar arasında önemli bir yer tutan kopepodlar da toksin üreten fitoplanktonik organizmalar üzerinden beslenebilmektedir. Yapılan çalışmalar bunun toksin ve türe özel olduğunu göstermektedir. Kopepodların *Pseuso-nitzschia spp.* üzerinden beslenmelerine dair çalışmalar sınırlı olmakla beraber, kalanoid kopepodlardan *Acartia longiremis*'in seçici olarak *Pseudo-nitzschia spp.* üzerinden beslendiği gösterilmiştir (Olson ve dig., 2006). Maneiro ve dig. (2005), kopepod *Acartia clausi*'nın domoik asit üreten

*Pseudo-nitzschia multiseries* ve domoik asit üretmeyen *P. delicatissima* üzerinden beslenme, yumurta üretimi ve yumurta açılım oranlarına bakmışlar ve domoik asitin kopepodun beslenme, yumurta üretimine ve yumurta açılım oranlarına herhangi bir toksik etkinin olmadığını göstermişlerdir.

*Pseudo-nitzshia* cinsi Karadeniz'de de oldukça sık rastlanan bir diatomdur (Bologa ve diğ. 1999; Vershinin ve Kamnev, 2001; Turkoglu ve Koray, 2002; Uysal, 2002; Eker-Develi ve Kideys, 2003; Ryabushko, 2003; Vershinin ve diğ. 2004, 2005). *Pseudo-nitzshia pseudodelicatissima*, *P. pungens*, *P. delicatissima* ve *P. seriata* türü güney Karadeniz, Türkiye sahillerinde rapor edilmiştir (Turkoglu and Koray, 2002; Uysal, 2002; Eker-Develi ve Kideys, 2003). Kuzey doğu Karadeniz'de kış-bahar döneminde *P. pseudodelicatissima* ve *P. seriata* türlerinin patlama yaptıkları fakat herhangi bir toksisite olayının gözlenmediği belirtilmektedir (Vershinin ve Kamnev 2001). Ryabushko (2003) tarafından Azak denizinde ve Karadeniz'de 5 *Pseudo-nitzschia* türü rapor edilmiştir; *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. pseudodelicatissima*, *P. pungens* ve *P. seriata*.

Karadeniz kıyılarımızda *Pseudo-nitzschia calliantha* türü ilk kez Bargu ve diğ. (2002b) tarafından rapor edilmiştir. Ayrıca Romanya kıyılarından izole edilen bu türün morfolojik özellikleri Lundholm ve diğ. (2003)'de verilmektedir (Lundholm ve diğ., Tablo 2). Davidovich ve Bates (1998), Karadağ açıklarından, Karadeniz, izole ettilerleri türü morfolojik benzerliklerinden ötürü *P. pseudodelicatissima* olarak tanımlanmış olmasına rağmen daha sonraki incelemelerde *P. calliantha* olarak yeniden adlandırılmıştır (Lundholm ve diğ., 2003). Bu tür Fundy Körfezinde, Kanada, (Martin ve diğ., 1990) ve Danimarka kıyı sularında (Lundholm ve diğ., 1997) yine *P. pseudodelicatissima* olarak tanımlanmış fakat daha sonraki çalışmalarında bu türler *P. calliantha* olarak düzeltilmiştir (Lundholm ve diğ., 2003). *Pseudo-nitzschia* cinsine ait türlerin tanımlanma zorluğundan ötürü, tür tanımlaması için özellikle TEM (Transmission electron microscopy) çalışmaları önerilmektedir (Lundholm ve diğ., 2003).

Sunulan bu çalışmanın projelendirme aşamasında da Sevastopol körfezinden izole edilen tür *Pseudo-nitzschia seriata* olarak tanımlanmıştır, fakat SEM ve özellikle TEM çalışmalarından sonra türün *P. calliantha* olduğu anlaşılmıştır (Dr.Larisa Ryabushco ve Dr.Yasuwo Fukuyo, kişisel inceleme).

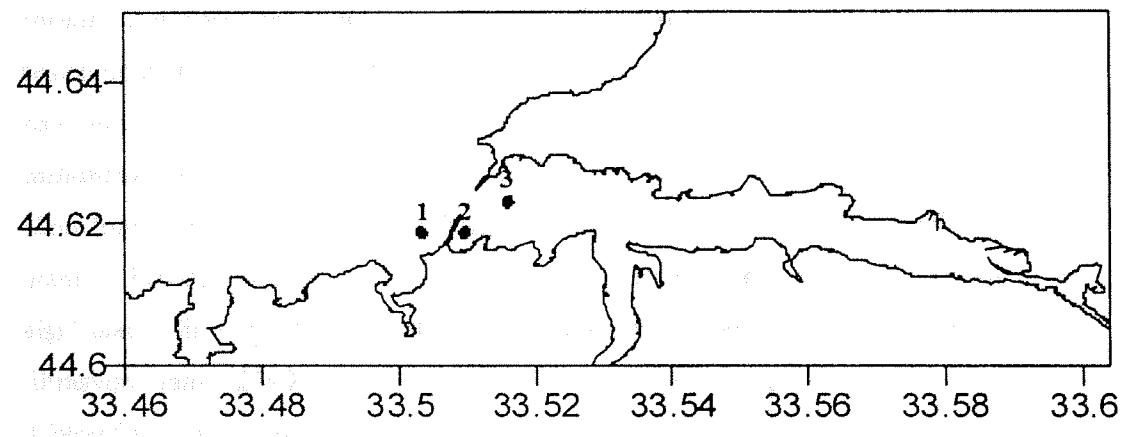
*Pseudo-nitzschia calliantha*'nın domoik asit ürettiği Fundy körfezinde (Martin ve diğ., 1990) ve Danimarka kıyı sularında (Lundholm ve diğ., 1997) gösterilmiş olmasına rağmen, Vietnam sularından izole edilmiş türlerde domoik asit varlığına rastlanmamıştır (Lundholm ve diğ., 2003).

Bu proje ile, Sevastopol körfezinden izole edilen *Pseudo-nitzschia calliantha* kültürünün en son metodlar kullanarak tür tanımlaması ve domoik asit üretip üretmediği, ve üretiyor ise bunun besin zincirindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla fitoplankton ile beslenen kopepod türlerinin beslenme, yumurta üretimi ve yumurta açılım oranlarına etkileri araştırılmıştır.

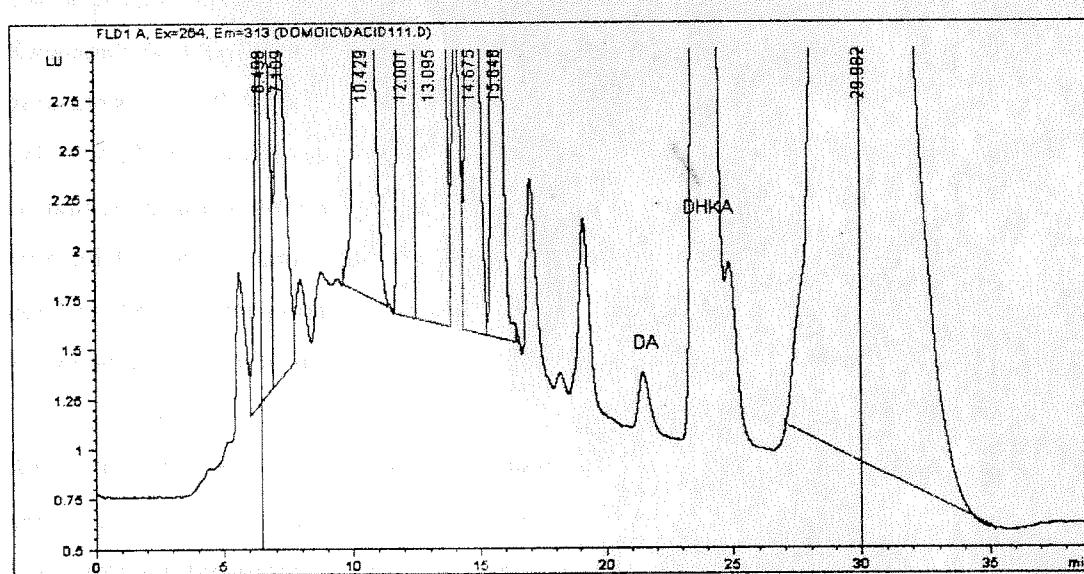
## 2. Gereç ve Yöntem

### 2.1. Sevastopol Körfezinde *Pseudo-nitzschia calliantha* Bolluğu ve Domoik Asit Miktarı

*Pseudo-nitzschia*'nın Sevastopol Körfezi'ndeki bulunurluluğu Şekil 1'de gösterilen 3 istasyondan toplanan yüzey suyunda Ocak-Haziran 2006 tarihleri arasında araştırılmıştır. *Pseudo-nitzschia* bolluğu için her bir istasyondan 900-2300 ml yüzey suyu alınmış ve %2 lik formaldehit içerisinde saklanmıştır. Çöktürme işlemi ile konsantre edildikten sonra ışık mikroskopu altında hücreler sayılmıştır.



Şekil 1. Örnekleme yapılan istasyonların lokasyonu.



**Şekil 6.** *Pseudo-nitzschia calliantha* kültüründe HPLC-FMOC metodu kullanılarak ölçülen domoik asit (DA) spektrumu.

#### 3.4. *Acartia clausi*'nin Beslenmesi, Yumurta üretimi ve Yumurta Açılım Oranları

*Acartia clausi*'nin *Pseudo-nitzschia calliantha* ve *Prorocentrum cordata* üzerinden beslenme ve yumurta üretimi deneyi 2 farklı besin konsantrasyonunda gerçekleştirılmıştır; ~1000 ve ~10000 hücre  $\text{ml}^{-1}$ . *Acartia clausi*'nin ~1000 hücre  $\text{ml}^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki beslenme oranı  $1388 \pm 25$  hücre  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki beslenme oranı ise  $445 \pm 164$  hücre  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$  dir, ~10000 hücre  $\text{ml}^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki beslenme oranı  $2480 \pm 940$  hücre  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki beslenme oranı ise  $3121 \pm 853$  hücre  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$  dir (Şekil 7a). *Acartia clausi*'nin ~1000 hücre  $\text{ml}^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki filtrasyon oranı  $1.53 \pm 0.034$  ml  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki filtrasyon oranı ise  $0.46 \pm 0.18$  ml  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$  dir. ~10000 hücre  $\text{ml}^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki filtrasyon oranı  $0.27 \pm 0.11$  ml  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki filtrasyon oranı ise  $0.29 \pm 0.08$  ml  $\text{diş}^{-1}$  saat $^{-1}$  dir (Şekil 7b).

*Acartia clausi*'nin, düşük besin konsantrasyonundaki (~1000 hücre  $\text{ml}^{-1}$ ) *P. cordata* üzerinden beslenme oranı, *P. calliantha* üzerinden beslenme oranından istatistiksel olarak daha fazladır

#### **2.4. Kopepod Kültürü**

Karadeniz'de dominant kalanoid kopepodlardan biri olan *Acartia clausi*, Ekim 2005 de gerçekleştirilen "R/V Bilim-2" seferi sonrasında enstitümüz laboratuvarına getirilmiş ve yaklaşık 20 ppt tuzlulukta, 12 saat aydınlik/12 saat karanlık ışık devresinde ve  $19\pm2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta kültüre alınmıştır. Kültür, üretilen yumurtalardan ergin bireyler elde edilerek idame ettirilmiştir. Besin olarak *Thalassiosira weissflogii*, *Isochrysis galbana* ve *Prorocentrum cordata*'nın karışımı yaklaşık doygun konsantrasyonda ( $\sim 300\text{-}400\mu\text{g C L}^{-1}$ ) verilmiştir. Kopepod kültürlerinin suları haftada 3 kez (Pazartesi, Çarşamba ve Cuma) değiştirilmiştir.

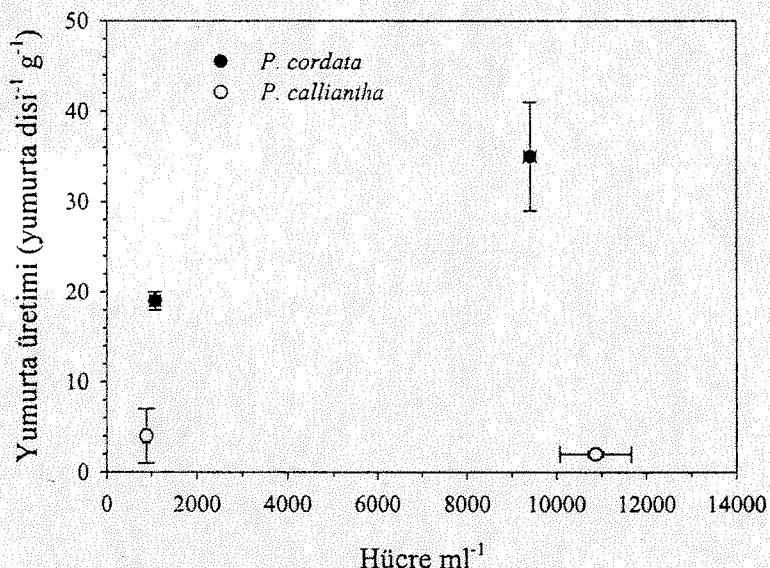
Karadeniz'de diğer dominant kalanoid kopepod türü olan *Calanus euxinus* Haziran 2006'da gerçekleştirilen Karadeniz seferi sonrasında enstitümüze getirilmiş ve yukarıda belirtilen koşullarda kültüre alınmıştır. Fakat kültür çalışması bu organizma için başarısız olduğu için projede söz verilen beslenme ve yumurta üretimi deneyleri bu kopepod türü ile yapılamamıştır.

#### **2.5. Beslenme ve Yumurta Üretim Deneyleri**

Beslenme ve yumurta üretim deneyleri *P. calliantha*'nın iki farklı konsantrasyonunda gerçekleştirilmiştir; 1000 hücre/ml ve 10000 hücre/ml. Kontrol besin olarak, aynı konsantrasyonlarda *Prorocentrum cordata* deneylerde kullanılmıştır.

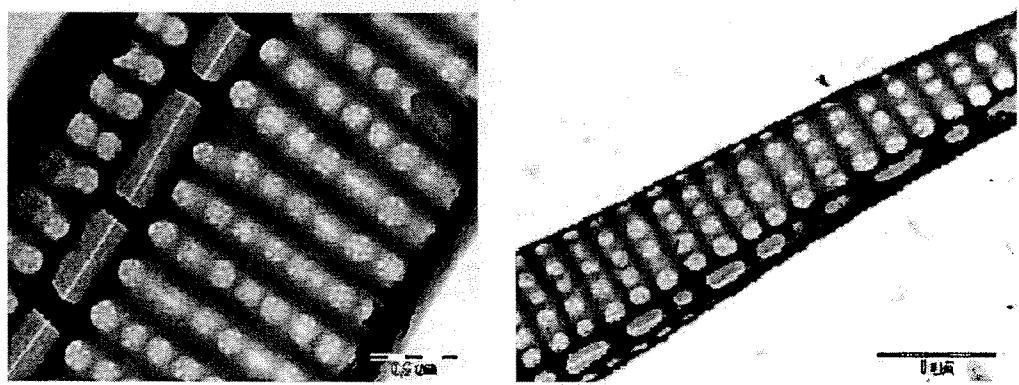
*Acartia clausi* kültüründen yaklaşık 20-30 adet sağlıklı dişiler ve 4-5 adet sağlıklı erkek bireyler seçilmiş ve bir gün boyunca 1 L'lik beherlerde deney konsantrasyonlarında iklimlendirilmişlerdir. İkinci gün beherlerden seçilen dişiler 530 ml lik HDPE mat kavanozlara her birinde 5-6 dişi olacak şekilde deney konsantrasyonlarına eklenmiştir. 3 paralel ve 2 kontrol kavanozunda (kopepod olmayan) deneyler başlatılmıştır. Kavanozlar deney süresince besinin askıda tutulabilmesi için plankton-tekerleğinde döndürülmüştür. İnkübasyon 24 saat sürmüştür. İnkübasyondan sonra deney kavanozlarından hücre sayımı için örnek alınmış, kalan örnekteki yumurta ve dişi bireyler  $30\mu\text{m}$  lik elek üzerine süzülerek toplanmıştır. Dişilerin durumları mikroskop altında incelenmiş ve daha sonraki mikroskopik sayımlara kadar örnek %4'lük formaldehitte saklanmıştır. *Prorocentrum cordata* hücre sayımları için Beckman Coulter Z2 coulter partikül sayıcı ve boy analizörü kullanılmış, *P. calliantha* hücre sayımları ters-ışık mikroskopunda yapılmıştır. Kopepodların beslenme oranı

üretim oranı ise  $2\pm0.3$  hücre  $\text{diş}^{-1}$   $\text{gün}^{-1}$ , dür (Şekil 8). *Acartia clausi*'nin her iki besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerinden yumurta üretimi, *P. calliantha* üzerinden yumurta üretimine göre daha fazladır (t-test,  $P<0.05$ ).

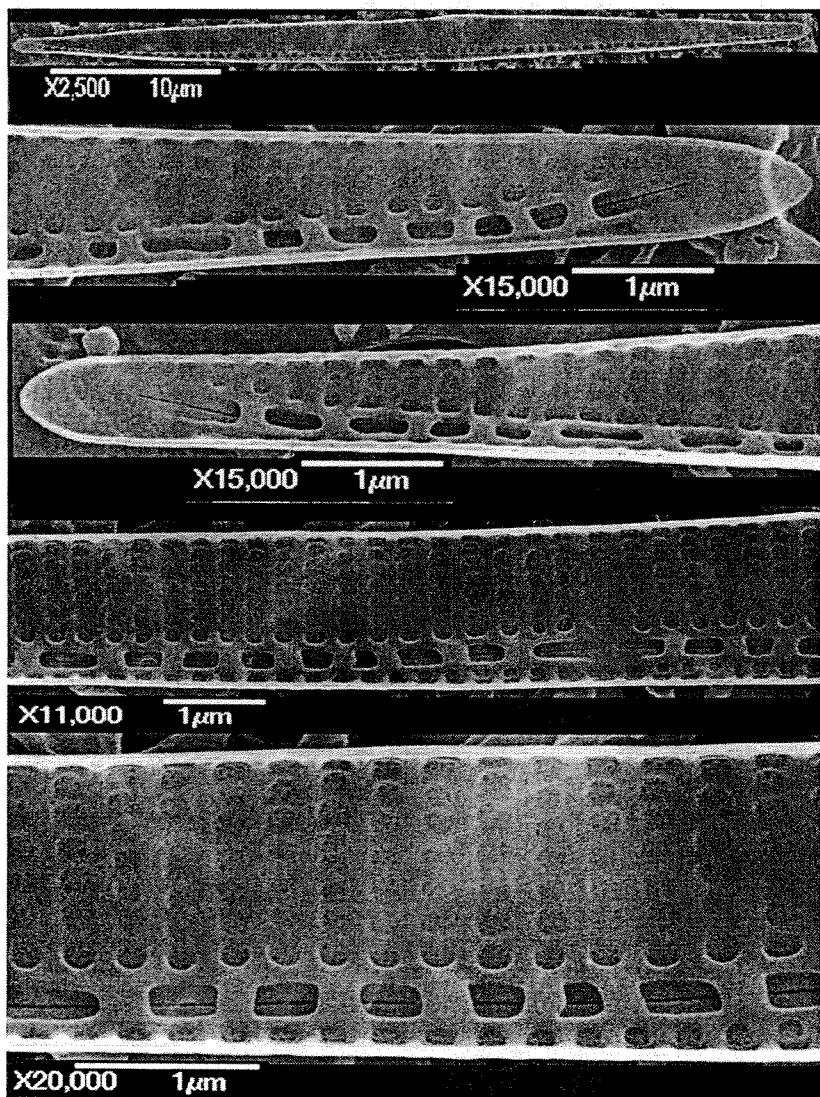


Şekil 8. *Acartia clausi*'nin iki farklı besin konsantrasyonunda *P. cordata* ve *P. calliantha* üzerinden yumurta üretim oranları.

Yumurta açılım oranı yüksek besin konsantrasyonunda ( $\sim 10000$  hücre  $\text{ml}^{-1}$ ) çalışılmıştır. Yumurta açılım oranlarının tespiti için, *Prorocentrum cordata* üzerinden üretilen 66 ve *Pseudo-nitzschia calliantha* üzerinden üretilen 73 yumurta iki gün boyunca izlenmiştir. Birinci gün, *P. cordata* üzerinden üretilen yumurtaların %97'si açılmış ve nauplii olmuşken, *P. calliantha* üzerinden üretilen yumurtaların yalnızca %84'ü açılmış ve nauplii oluşmuştur (Şekil 9). İkinci gün, *P. cordata* üzerinden üretilen toplam yumurtaların %98'i, *P. calliantha* üzerinden üretilen toplam yumurtaların %92'si açılmış ve nauplii oluşmuştur (Şekil 9).



Şekil 2. *Pseudo-nitzschia* hücrelerinin TEM fotoğrafları.

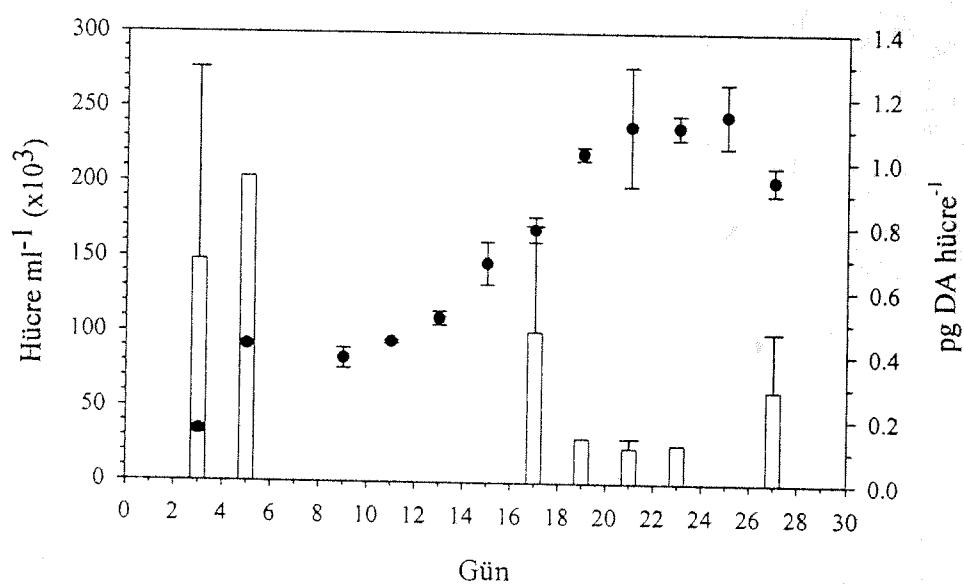


Şekil 3. *Pseudo-nitzschia* hücrelerinin SEM fotoğrafları.

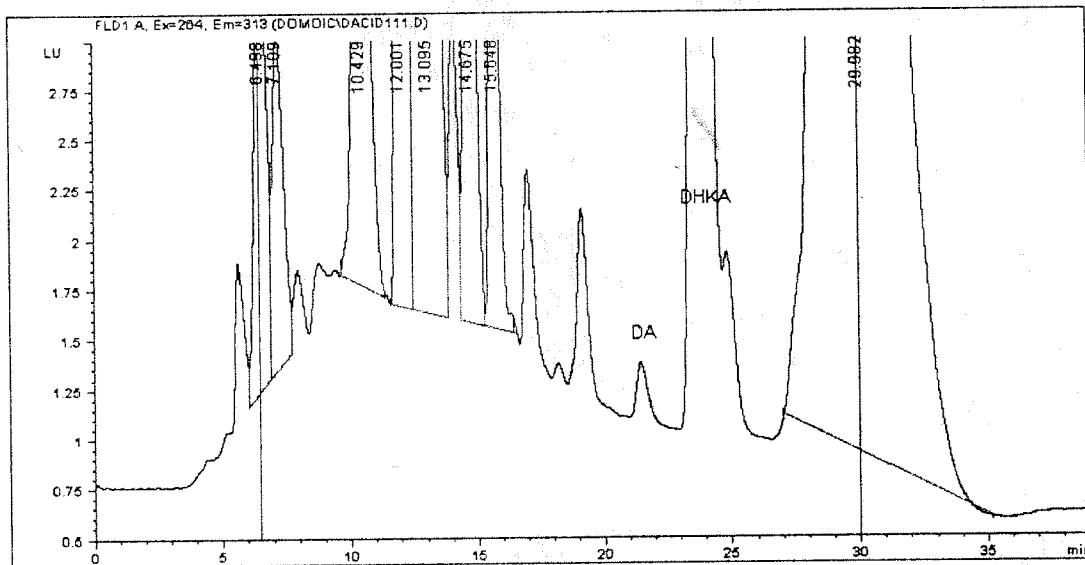
Sivastopol Körfezinden fitoplankton örneklemeşi yapılan 3 istasyondan ayrıca domoik asit analizi için yaklaşık 1 L'lik yüzey deniz suyu GF/F (25 mm) filtreye süzülmüş domoik asit analizi için -20 °C de analize kadar saklanmıştır. Örnekler ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü HPLC laboratuvarında analiz edilmiş fakat örneklerde domoik asite rastlanmamıştır. Örnekleme periyodu boyunca *P. calliantha*'nın çok az miktarlarda gözlenmiş olması (~1000 hücre/L) ve domoik asit için yalnızca 1-2 L deniz suyunun süzülmüş olması domoik asitin gözlenememesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

### 3.3. *Pseudo-nitzschia calliantha* Kültürünin Büyüme Eğrisi ve Domoik Asit Üretimi

*Pseudo-nitzschia calliantha* kültürünün F/2 besin ortamındaki büyümeye ve domoik asit miktarları yaklaşık 27 gün boyunca izlenmiştir. Kültürün büyümeye eğrisi ve domoik asit miktarları Şekil 4'de verilmektedir. En yüksek hücre sayısı 25. günde  $245,000 \text{ hücre ml}^{-1}$  olarak gözlenmiştir (Şekil 4). Hücredeki en fazla domoik asit miktarı 3. ve 5. günlerde ölçülmüştür, sırasıyla  $0.7 \pm 0.85 \text{ pg DA hücre}^{-1}$  ve  $0.95 \text{ pg DA hücre}^{-1}$ . Logaritmik üreme döneminin ortalarında domoik asit ölçülememiştir. Logaritmik üreme dönemi sonrasında 17. ve 19. günlerde DA miktarı sırasıyla  $0.47$  ve  $0.14 \text{ pg DA hücre}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Domoik asit miktarı durgun üreme fazında  $0.11$  ile  $0.29 \text{ pg DA hücre}^{-1}$  arasında değişim göstermektedir (Şekil 5). Şekil 6'de görülen spektrumda domoik asit yaklaşık 21. dakikada görülmektedir.



Şekil 5. *Pseudo-nitzschia calliantha* kültürünün büyümeye eğrisi (siyah noktalar) ve domoik asit (DA) konsantrasyonu (çubuklar).



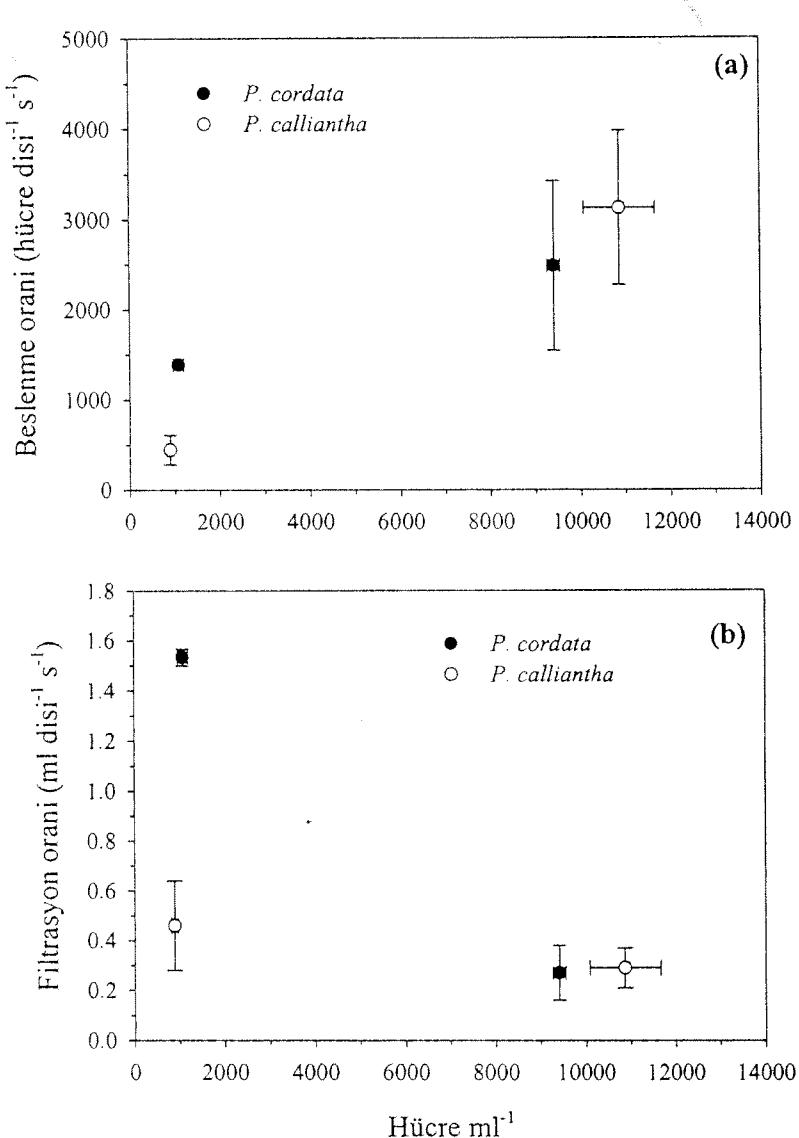
**Şekil 6.** *Pseudo-nitzschia calliantha* kültüründe HPLC-FMOC metodu kullanılarak ölçülen domoik asit (DA) spektrumu.

### 3.4. *Acartia clausi*'nin Beslenmesi, Yumurta üretimi ve Yumurta Açılmış Oranları

*Acartia clausi*'nin *Pseudo-nitzschia calliantha* ve *Prorocentrum cordata* üzerinden beslenme ve yumurta üretimi deneyi 2 farklı besin konsantrasyonunda gerçekleştirılmıştır; ~1000 ve ~10000 hücre ml<sup>-1</sup>. *Acartia clausi*'nin ~1000 hücre ml<sup>-1</sup> besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki beslenme oranı  $1388 \pm 25$  hücre diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, *P. calliantha* üzerindeki beslenme oranı ise  $445 \pm 164$  hücre diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, dir, ~10000 hücre ml<sup>-1</sup> besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki beslenme oranı  $2480 \pm 940$  hücre diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, *P. calliantha* üzerindeki beslenme oranı ise  $3121 \pm 853$  hücre diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, dir (Şekil 7a). *Acartia clausi*'nin ~1000 hücre ml<sup>-1</sup> besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki filtrasyon oranı  $1.53 \pm 0.034$  ml diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, *P. calliantha* üzerindeki filtrasyon oranı ise  $0.46 \pm 0.18$  ml diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, dir. ~10000 hücre ml<sup>-1</sup> besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki filtrasyon oranı  $0.27 \pm 0.11$  ml diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, *P. calliantha* üzerindeki filtrasyon oranı ise  $0.29 \pm 0.08$  ml diş<sup>-1</sup> saat<sup>-1</sup>, dir (Şekil 7b).

*Acartia clausi*'nin, düşük besin konsantrasyonundaki (~1000 hücre ml<sup>-1</sup>) *P. cordata* üzerinden beslenme oranı, *P. calliantha* üzerinden beslenme oranından istatistiksel olarak daha fazladır

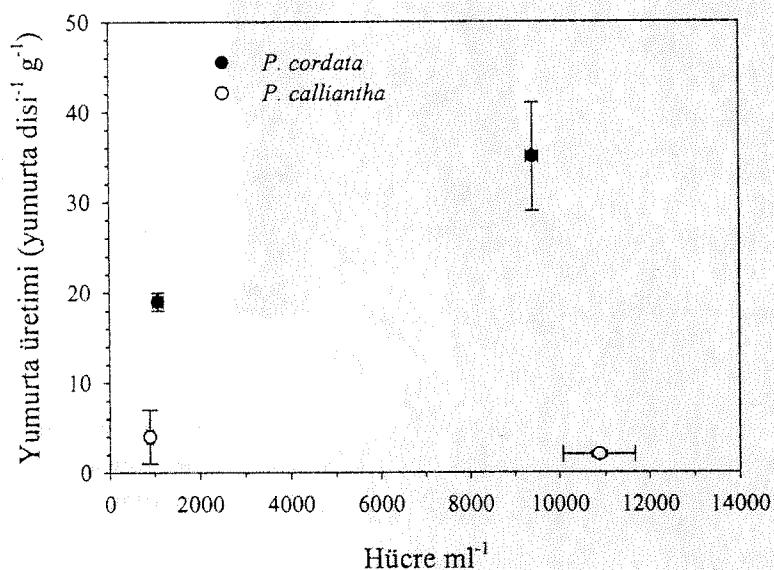
(t-test,  $P<0.05$ ), fakat yüksek besin konsantrasyonunda ( $\sim 10000$  hücre  $ml^{-1}$ ) iki besin üzerindeki beslenme oranlarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (t-test,  $P>0.1$ ).



Şekil 7. *Acartia clausi*'nin iki farklı besin konsantrasyonunda *P. cordata* ve *P. calliantha* üzerinden beslenme (a) ve filtrasyon oranları (b).

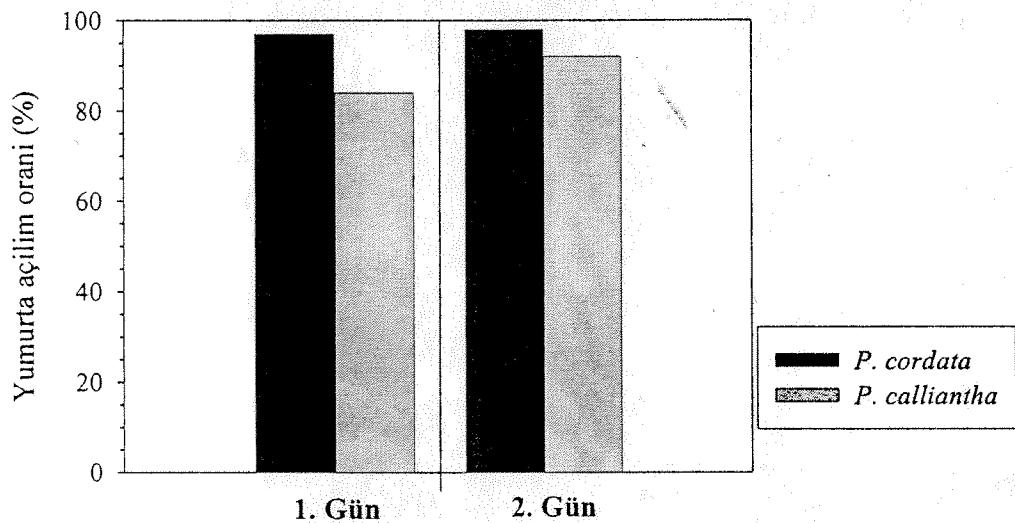
*Acartia clausi*'nin  $\sim 1000$  hücre  $ml^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki yumurta üretim oranı  $19\pm 1$  yumurta dişि $^{-1}$  gün $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki yumurta üretim oranı ise  $4\pm 3$  hücre dişि $^{-1}$  gün $^{-1}$ , dır.  $\sim 10000$  hücre  $ml^{-1}$  besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerindeki yumurta üretim oranı  $35\pm 6$  hücre dişि $^{-1}$  gün $^{-1}$ , *P. calliantha* üzerindeki yumurta

üretim oranı ise  $2 \pm 0.3$  hücre diş $^{-1}$  gün $^{-1}$  dür (Şekil 8). *Acartia clausi*'nin her iki besin konsantrasyonundaki *P. cordata* üzerinden yumurta üretimi, *P. calliantha* üzerinden yumurta üretimine göre daha fazladır (t-test,  $P < 0.05$ ).



Şekil 8. *Acartia clausi*'nin iki farklı besin konsantrasyonunda *P. cordata* ve *P. calliantha* üzerinden yumurta üretim oranları.

Yumurta açılım oranı yüksek besin konsantrasyonunda ( $\sim 10000$  hücre  $ml^{-1}$ ) çalışılmıştır. Yumurta açılım oranlarının tespiti için, *Prorocentrum cordata* üzerinden üretilen 66 ve *Pseudo-nitzschia calliantha* üzerinden üretilen 73 yumurta iki gün boyunca izlenmiştir. Birinci gün, *P. cordata* üzerinden üretilen yumurtaların %97'si açılmış ve nauplii olmuşken, *P. calliantha* üzerinden üretilen yumurtaların yalnızca %84'ü açılmış ve nauplii olmuşmuştur (Şekil 9). İkinci gün, *P. cordata* üzerinden üretilen toplam yumurtaların %98'i, *P. calliantha* üzerinden üretilen toplam yumurtaların %92'si açılmış ve nauplii olmuşmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. *Acartia clausi*'nin yüksek besin konsantrasyonundaki ( $\sim 10000$  hücre  $ml^{-1}$ ) *Prorocentrum cordata* ve *Pseudo-nitzschia calliantha* üzerinden ürettiği yumurtaların açılım oranları

#### 4. Tartışma ve Öneriler

Bu proje kapsamında, Sevastopol körfezinden izole edilerek kültürü yapılan türün, SEM ve TEM fotoğraflarından elde edilen morfolojik özellikleri dolasıyla, *Pseudo-nitzschia calliantha* olduğu gösterilmiştir. Ayrıca Karadeniz'den izole edilen bu türün domoik asit ürettiği de bu proje kapsamında ortaya konmuştur. *Pseudo-nitzschia calliantha* türünün domoik asit ürettiği Danimarka sularından (Lundholm ve diğ., 1997) ve Kanada'da Fundy körfezinden izole edilen tür ile gösterilmiştir (Martin ve diğ., 1990). Fundy körfezindeki türün domoik asit miktarı  $0.007\text{-}0.098$  pg hücre $^{-1}$  olarak verilmiştir (Martin ve diğ., 1990). Bu çalışmada ise *P. calliantha* kültüründeki domoik asit miktarı  $0.11\text{-}1.3$  pg DA hücre $^{-1}$  arasında ölçülmüştür.

Toksin üreten *Pseudo-nitzschia* türlerinde en fazla domoik asit miktarı, genellikle kültürün geç log fazında veya durgun fazında ölçülürken, bu çalışmadaki *P. calliantha* kültüründe en yüksek DA miktarı erken log fazında gözlenmiştir. Bu sonuçlar, *P. pseudodelicatissima* kültürünün DA üretme fazları ile uyuşmaktadır. Meksika körfezinden izole edilen *P.*

*pseudodelicatissima* kültüründe en fazla DA miktarı erken log fazında ölçülmüştür (Pan ve diğ., 2001).

*Acartia clausi*'nin *P. calliantha* ve *Prorocentrum cordata*'nın düşük besin konsantrasyonu üzerinden beslenmesi arasında bir fark bulunmasına rağmen, bu fark yüksek besin konsantrasyonlarında görülmemiştir.

Literatürde domoik asitin kopepodların yumurta üretimine herhangi bir negatif etkisi olduğu gösterilmemiştir (Lincolm ve diğ., 2001; Maneiro ve diğ., 2005). Fakat bu proje kapsamında yapılan deneylerde *Acartia clausi*'nin bu iki tür üzerinden yumurta üretimi oldukça farklı olduğu gözlenmiştir ve *P. calliantha* üzerinden beslendiğinde yumurta üretimi önemli ölçüde düşmüştür. *Acartia clausi*'nin *P. cordata*'nın iki farklı besin konsantrasyonundaki yumurta üretimleri istatistiksel olarak farklıdır ( $t$ -test,  $P<0.05$ ) ve yüksek besin konsantrasyonunda daha fazla yumurta üretmiştir. Fakat *P. calliantha*'nın iki farklı besin konsantrasyonunda *A. clausi* tarafından üretilen yumurta sayısı arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ve her iki konsantrasyonda üretilen yumurta sayısı oldukça düşüktür. Bu sonuçlar bize *Acartia clausi*'nin *P. calliantha* üzerinden beslendiğinde yumurta üretiminin olumsuz etkilendiğini göstermektedir.

Pelajik ortamda, kopepodlar mesozooplanktonik organizmalar arasındaki en dominant herbivorlardır. Son zamanlara kadar kopepodlar için diatomelerin yüksek besin kaynağı olduğu düşünülmektedir. Fakat son zamanlarda yapılan çalışmalar, bazı diatomelerin (18 diatome türü) kimyasal metabolitler ürettiği (doymamış aldehitler) ve bu metabolitlerin kopepodların üreme, büyümeye ve hayatı kalma başarısını etkilediklerini göstermektedir (Wichard ve diğ., 2005; Ianora ve Poulet, 1993; Ban ve diğ., 1997). Ban ve diğ., (1997) bazı diatomelerin kalanoid kopepod olan *Calanus helgolandicus*'un üremesine olan etkilerini 4 katogoriye ayırmışlardır: 1- yumurta üretiminin ve yumurta açılım oranlarının azalması, 2- yumurta üretimine etkisinin olmaması fakat yumurta açılım oranının azalması, 3- yumurta üretiminin azalması fakat yumurta açılım oranının düşmesi, 4- herhangi bir negative etkinin görülmemesi. Bu çalışmada *P. calliantha* üzerinden beslenen *A. clausi*'nin yumurta üretiminde bariz azalma gözlenmiş olmasına rağmen yumurta açılım oranında bir fark görülmemiştir. Fakat besin olarak kullanılan *P. calliantha*'nın doymamış aldehit içeriği içermemiğine dair herhangi bir literatur bilgisine rastlanmamıştır. Tüm bu bilgiler ışığında

eğer *P. calliantha* doymamış aldehit üreticisi ise deneylerimizde gözlemlenen düşük yumurta üretimi bundan da kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle denizlerimizde domoik asit üreten veya üretmeyen diatomelerin besin zincirindeki etkilerinin araştırılması çalışmalarında bu diatomelerin doymamış aldehit üretip üretmediklerine de bakılması önerilmektedir.

## 5. Yararlanılan Kaynaklar

- BAN S.H., Burns C., Castel J., Chaudron Y., Christou E., Escribano R., Umani S.F., Gasparini S., Ruiz F.G., Hoffmeyer M., Ianora A., Kang H.K., Laabir M., Lacoste A., Miraldo A., Ning X.R., Poulet S., Rodriguez V., Runge J., Shi J.X., Starr M., Uye S., Wang Y.J., The paradox of diatom-copepod interactions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 157, 287-293, (1997)
- BARGU S., Powell C.L., Coale S.L., Busman M., Doucette G.J., Silver M.W., Krill: a potential vector for domoic acid in marine food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 237, 209-216 (2002a)
- BARGU, S., Koray, T., Lundholm, N. First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 19 (3-4): 479-483 (2002b).
- BARGU S., Marinovic B., Mansergh S., Silver M.W., Feeding responses of krill to the toxin-producing diatom *Pseudo-nitzschia*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 283 (1-2): 87-104 (2003)
- BATES S.S., Bird C.J., Defreitas A.S.W., Foxall R., Gilgan M., Hanic L.A., Johnson G.R., McCulloch A.W., Odensep P., Poelington R., Quilliam M.A., Sim P.G., Smith J.C., Rao D.V.S., Todd E.C.D., Walter J.A., Wright J.L.C., Pennate diatom *Nitzschia-pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 (7), 1203-1215 (1989)
- BOLOGA A.S., Frangopol P.T., Vedernikov V.I., Stelmakh L.V., Yunev O.A., Yilmaz A., Oguz T. Distribution of planktonic primary production in the Black Sea. In: Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies, S. Besiktepe, U. Unluata and A.S. Bologa (Eds.) NATO Science Series, Vol. 56, Kluwer Academic Publishers, Norwell, USA. 1999, pp.131-145.
- BOGAN Y.M., Kennedy D.J., Harkin A.L., Gillespie J., Vause B.J., Beukers-Stewart B.D., Hess P., Slate, J.W., Variation in domoic acid concentration in king scallop (*Pecten maximus*) from fishing grounds around the Isle of Man. *Harmful Algae*, 6 (1), 81-92, (2007)
- CAMPBELL D.A., Kelly M.S., Busman M., Bolch C.J., Wiggins E., Moeller P.D.R., Morton S.L., Hess P., Shumway S.E., Amnesic shellfish poisoning in the king scallop, *Pecten maximus*, from the west coast of Scotland. *J. Shellfish Res.*, 20 (1), 75-84, (2001)
- DAVIDOVICH N.A., Bates S.S., Sexual reproduction in the pennate diatoms *Pseudo-nitzschia multiseries* and *P.-pseudodelicatissima* (Bacillariophyceae). *J of Phycology*, 34 (1), 126-137, (1998)
- EKER-DEVELI E., Kideys A.E., Distribution of phytoplankton in the southern Black Sea in summer 1996, spring and autumn 1998. *J. Mar. Syst.*, 39 (3-4), 203-211, (2003)
- FROST B.W., Effects of size and concentration of food particles on the feeding behaviour of the marine copepod *Calanus pacificus*. *Limnol. Oceanogr.*, 17 (6), 805-815, (1972)
- GALLACHER S., Howard G., Hess P., MacDonalds E., Kelly M.C., Bates L.A., Brown N., MacKenzie M., Gillibrand P., Terrell W.R., The occurrence of amnesic shellfish poisons in

shellfish from Scottish waters. In Hallegraeff, G.M., Blackburn S.I., Bolch, C.J., Lewis, R.J. (Eds.), Harmful Algal Blooms 2000. IOC UNESCO, Paris, 2001, 30-33

GARRISON D.L., Conrad S.M., Eillers P.P., Waldron E.M., Confirmation of domoic acid production by *Pseudonitzschia-australis* (Bacillariophyceae) cultures. *J. Phycol.*, 28 (5), 604-607. (1992)

HORNER R.A., Poster J.R., Toxic diatoms in western Washington waters (U.S. west coast). *Hydrobiol.*, 269/270, 197-205, (1993)

IANORA A., Poulet S.A., Egg viability in the copepod *Temora stylifera*. *Limnol Oceanogr.*, 38 (8), 1615-1626 (1993)

LEFEBVRE K.A., Powell C.L., Busman M., Doucette C.J., Moeller P.D.R., Sliver J.B., Miller P.E., Hughes M.P., Singaram S., Silver M.W., Tjeerdema R.S., Detection of domoic acid in northern anchovies and California sea lions associated with an unusual mortality event. *Natural Toxins*, 7 (3), 85-92, (1999)

LINCOLM J.A., Turner J.T., Bates S.S., Leger C., Gauthier D.A., Feeding, egg production and hatching success of the copepods *Acartia tonsa* and *Temora longicornis* on diets of the toxic diatom *Pseudo-nitzschia multiseries* and the non-toxic diatom *Pseudo-nitzschia pungens*, *Hydrobiol.*, 453/454, 107-120, (2001)

LUNDHOLM N., Skov J., Pocklington R., Moestrup O., Studies of the marine planktonic diatom *Pseudo-nitzschia*. 2. Aut-ecology of *P. pseudodelicatissima* based on isolates from Danish coastal waters. *Phycologia*, 36, 381-388, (1997)

LUNDHOLM N., Daugbjerg N., Moestrup Q., Phylogeny of the Bacillariaceae with emphasis on the genus *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) based on partial LSU r DNA. *Eur. J. Phycol.*, 37, 115-134, (2002)

LUNDHOLM N., Moestrup O., Hasle G.R., Hoef-Emden K., A study of the *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima/cuspidata* complex (Bacillariophyceae): What is *P.-pseudodelicatissima*? *J of Phycol.*, 39 (4), 797-813 (2003)

MANEIRO I., Frangopoulos M., Guisande C., Fernandez M., Reguera B., Riveiro I., Zooplankton as a potential vector of diarrhetic shellfish poisoning toxins through the food web. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 201, 155-163, (2000)

MANEIRO I., Iglesias P., Guisande C., Riveiro I., Barreiro A., Zervoudaki S., Graneli E., Fate of domoic acid ingested by the copepod *Acartia clausi*. *Mar. Biol.*, 148, 123-130 (2005)

MARTIN J.L., Haya K., Burridge L.E., Wildish D.J. *Nitzschia pseudodelicatissima*-a source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 67, 177-182, (1990)

MOESTRUP Ø. (Ed.): IOC Taxonomic Reference List of Toxic Algae, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO; [ioc.unesco.org/hab/data.htm](http://ioc.unesco.org/hab/data.htm), 2004.

- OLSON M.B., Lessard E.J., Wong C.H.J., Bernhardt M.J., Copepod feeding selectivity on microplankton, including the toxicogenic diatoms *Pseudo-nitzschia spp.*, in the coastal Pasific Northwest. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 326, 207-220, (2006)
- PAN Y.L., Parsons M.L., Busman M., Moeller P.D.R., Dortch Q., Powell C.L., Doucette G.J., *Pseudo-nitzschia* sp cf. *pseudodelicatissima* - a confirmed producer of domoic acid from the northern Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 220, 83-92, (2001)
- POCKLINGTON R., Milley J.E., Bates S. S., Bird C.J., de Freitas A.S. W., Quilliam M.A. Trace determination of domoic acid in seawater and phytoplankton by high-performance liquid chromatography of the fluorenylmethoxycarbonyl (FMOC) derivative. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 38, 351-68, (1990)
- RYABUSHKO L.I., Atlas of toxic microalgae of the Black Sea and the Sea of Azov. Ministry of Defence of Ukraine, National Academy of Sciences of Ukraine, Scientific Center of Armed Forces of Ukraine, Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika, 2003, pp. 140 (Rusça).
- SCHOLIN C.A., Gulland F., Doucette G.J., Benson S., Busman M., Chavez F.P., Cordaro J., DeLong R., De Vogelaere A., Harvey J., Haulena M., Lefebvre K., Lipscomb T., Loscutoff S., Lowenstine L.J., Marin R., Miller P.E., McLellan W.A., Moeller P.D.R., Powell C.L., Rowles T., Silvagni P., Silver M., Spraker T., Trainer V., Van Dolah F.M.. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom. *Nature*, 403 (6765), 80-84, (2000)
- TEEGARDEN G.J., Cembella A.D., Grazing of toxic dinoflagellates, *Alexandrium spp.*, by adult copepods of coastal Maine: Implications for the fate of paralytic shellfish toxins in marine food webs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 196, 145-176, (1996)
- TURKOGLU M., Koray T., Phytoplankton species' succession and nutrients in the southern Black Sea (Bay of Sinop). *Turk J. Bot.*, 26: 235-252 (2002)
- TURNER J.T., Tester P.A., Toxic marine phytoplankton, zooplankton grazers and pelagic food webs. *Limnol Oceanogr.*, 42, 1203-1214, (1997)
- TURRIFF N., Runge J.A. Cembella A.D., Toxin accumulation and feeding behaviour of the planktonic copepod *Calanus finmarchicus* exposed to the red-tide dinoflagellate *Alexandrium excavatum*. *Mar. Biol.*, 123: 55-64, (1995)
- UYSAL Z., On the formation of net phytoplankton patches in the southern Black Sea during the spring. *Hydrobio.*, 485 (1-3), 173-182, (2002)
- VERSHININ A.O., Moruchkov A.A., Sukhanova I.N., Kamnev A.N., Pan'kov S.L., Morton S.L., Ramsdell J.S., Seasonal changes in phytoplankton in the area of Cape Bolshoi Utrish off the northern Caucasian coast in the Black Sea, 2001-2002. *Oceanology*, 44 (3), 372-378, (2004)

VERSHININ A.O., Moruchkov A.A., Leighfield T., Sukhanova I.N., Pan'kov S.L., Morton S.L., Ramsdell J.S., Potentially toxic algae in the coastal phytoplankton of the northeast Black Sea in 2001-2002. *Oceanology* (2), 224-232, (2005)

VERSHININ A., Kamnev A., Harmful algae in Russian European coastal waters. Harmful algal blooms 2000. In Hallegraeff, G.M., Blackburn S.I., Bolch, C.J., Lewis, R.J. (Eds.), Harmful Algal Blooms 2000. IOC UNESCO, Paris, 2001, pp. 112-115.

WICHARD T., Poulet S.A., Halsband-Lenk C., Albaina A., Harris R., Liu D., Pohnert G. Survey of the chemical defence potential of diatoms: screening of fifty one species for  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -unsaturated aldehydes. *J. Chem. Ecol.*, 31(4), 949-958, (2005)

## PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

<b>Proje Kodu:</b> ÇAYDAG-104Y053
<b>Proje Başlığı:</b> Karadeniz'de potansiyel zararlı diatom <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> 'nın toksisitesi ve ekolojik etkileri (Toxicity and ecological impacts of potentially harmful diatom <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> in the Black Sea)
<b>Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar:</b> Doç.Dr. Şengül Beşiktepe, Dr. Larisa Ryabushko, Doç.Dr. Dilek Ediger Dr. M. Yu. Aleyev, Prof. V.I. Ryabushko
<b>Projenin Yürüttüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli 33731 Mersin Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of the Ukraine, 2 Nakhimov Av., Sevastopol 99011, Ukraine
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b>
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> Eylül 2005-Şubat 2007
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> <p>Karadeniz'in Sevastopol Körfezi'nden izole edilen <i>Pseudo-nitzschia</i> türünün toksisitesi ve ekolojik etkileri çalışılmıştır. Izole edilen tür <i>P. calliantha</i> olarak tanımlanmıştır. Kültürün büyümeye evreleri boyunca domoik asit (DA) miktarı tespit edilmiştir. DA miktarı ölçülebilir sınırın altı ile 1.3 pg DA hücre<sup>-1</sup> olarak tesbit edilmiştir. <i>Acartia clausi</i>'nin <i>P. calliantha</i> üzerinden beslenmesinde herhangi bir letal etkiye rastlanmamasına karşın yumurta üretiminde düşüş gözlenmiştir.</p>
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Toksik alg, Domoik asit, <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> , Karadeniz,
<b>Projeden Kaynaklanan Yayınlar:</b> Sengul Besiktepe, Larisa Ryabushko, Dilek Ediger, Doruk Yilmaz, Arife Zenginer, Vitaly Ryabushko, Raisa Lee. Domoic acid production by <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup et Hasle (BACILLARIOPHYTA) isolated from the Black Sea (sunuldu).
<b>Bilim Dalı:</b>
<b>Doçentlik B. Dalı Kodu:</b>