



***Namık Kemal Üniversitesi***  
***Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi***  
***Journal of Tekirdag Agricultural Faculty***

*An International Journal of all Subjects of Agriculture*

**Sahibi / Owner**

**Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Adına**  
On Behalf of Namık Kemal University Agricultural Faculty

**Prof.Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU**  
Dekan / Dean

**Editörler Kurulu / Editorial Board**

**Başkan / Editor in Chief**

**Prof.Dr. Selçuk ALBUT**  
Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü  
Department Biosystem Engineering, Agricultural Faculty  
salbut@nku.edu.tr

**Üyeler / Members**

<b>Prof.Dr. M. İhsan SOYSAL</b>	Zootekni / Animal Science
<b>Prof.Dr. Bahattin AKDEMİR</b>	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
<b>Prof.Dr. Servet VARIŞ</b>	Bahçe Bitkileri / Horticulture
<b>Prof.Dr. Aslı KORKUT</b>	Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture
<b>Prof.Dr. Temel GENÇTAN</b>	Tarla Bitkileri / Field Crops
<b>Prof.Dr. Aydın ADILOĞLU</b>	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / Soil Science and Plant Nutrition
<b>Prof.Dr. Fatih KONUKCU</b>	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
<b>Prof.Dr. Sezen ARAT</b>	Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology
<b>Doç.Dr. Ömer AZABAĞAOĞLU</b>	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics
<b>Doç.Dr. Mustafa MİRİK</b>	Bitki Koruma / Plant Protection
<b>Doç.Dr. Ümit GEÇGEL</b>	Gıda Mühendisliği / Food Engineering
<b>Yrd.Doç.Dr. Devrim OSKAY</b>	Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology
<b>Yrd.Doç.Dr. M. Recai DURGUT</b>	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
<b>Yrd.Doç.Dr. Harun HURMA</b>	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

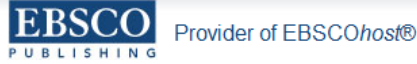
**İndeksler / Indexing and abstracting**



CABI tarafından full-text olarak indekslenmektedir/ Included in CABI



DOAJ tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in DOAJ



EBSCO tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in EBSCO



FAO AGRIS Veri Tabanında İndekslenmektedir / Indexed by FAO AGRIS Database



INDEX COPERNICUS tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in INDEX COPERNICUS



TUBİTAK-ULAKBİM Tarım, Veteriner ve Biyoloji Bilimleri Veri Tabanı (TVBBVT) Tarafından taranmaktadır / Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agriculture, Veterinary and Biological Sciences Database

**Yazışma Adresi / Corresponding Address**

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi NKÜ Ziraat Fakültesi 59030 TEKİRDAĞ

E-mail: ziraatdergi@nku.edu.tr  
Web adresi: http://jotaf.nku.edu.tr  
Tel: +90 282 250 20 07

ISSN: 1302-7050

## **Danışmanlar Kurulu /Advisory Board**

### **Bahçe Bitkileri / Horticulture**

- Prof.Dr. Kazım ABAK** Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Adana  
**Prof.Dr. Y.Sabit AĞAOĞLU** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara  
**Prof.Dr. Jim HANCOCK** Michigan State Univ. USA  
**Prof.Dr. Mustafa PEKMEZCİ** Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Antalya

### **Bitki Koruma / Plant Protection**

- Prof.Dr. Mithat DOĞANLAR** Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Hatay  
**Prof.Dr. Timur DÖKEN** Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Aydın  
**Prof.Dr. Ivanka LECHAVA** Agricultural Univ. Plovdiv-Bulgaria  
**Dr. Emil POCSAI** Plant Protection Soil Cons. Service Velenca-Hungary

### **Gıda Mühendisliği / Food Engineering**

- Prof.Dr. Yaşar HIŞIL** Ege Üniv. Mühendislik Fak. İzmir  
**Prof.Dr. Fevzi KELEŞ** Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Erzurum  
**Prof.Dr. Atilla YETİŞEMİYEN** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara  
**Prof.Dr. Zhelyazko SIMOV** University of Food Technologies Bulgaria

### **Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology**

- Prof.Dr. Hakan TURHAN** Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Çanakkale  
**Prof.Dr. Khalid Mahmood KHAWAR** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara  
**Prof.Dr. Mehmet KURAN** Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Samsun  
**Doç.Dr. Tuğrul GİRAY** University of Puerto Rico. USA  
**Doç.Dr. Kemal KARABAĞ** Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Antalya  
**Doç.Dr. Mehmet Ali KAYIŞ** Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Konya

### **Tarla Bitkileri / Field Crops**

- Prof.Dr. Esvet AÇIKGÖZ** Uludağ Üniv.Ziraat Fak. Bursa  
**Prof.Dr. Özer KOLSARICI** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara  
**Dr. Nurettin TAHSİN** Agric. Univ. Plovdiv Bulgaria  
**Prof.Dr. Murat ÖZGEN** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara  
**Doç. Dr. Christina YANCHEVA** Agric. Univ. Plovdiv Bulgaria

### **Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics**

- Prof.Dr. Faruk EMEKSİZ** Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Adana  
**Prof.Dr. Hasan VURAL** Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Bursa  
**Prof.Dr. Gamze SANER** Ege Üniv. Ziraat Fak. İzmir  
**Dr. Alberto POMBO** El Colegio de la Frontera Norte, Meksika

### **Tarım Makineleri / Agricultural Machinery**

- Prof.Dr. Thefanis GEMTOS** Aristotle Univ. Greece  
**Prof.Dr. Simon BLACKMORE** The Royal Vet.&Agr. Univ. Denmark  
**Prof.Dr. Hamdi BİLGİN** Ege Üniv. Ziraat Fak. İzmir  
**Prof.Dr. Ali İhsan ACAR** Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara

### **Tarımsal Yapılar ve Sulama / Farm Structures and Irrigation**

- Prof.Dr. Ömer ANAPALI** Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Erzurum  
**Prof.Dr. Christos BABAJIMOPOULOS** Aristotle Univ. Greece  
**Dr. Arie NADLER** Ministry Agr. ARO Israel

### **Toprak / Soil Science**

- Prof.Dr. Sait GEZGİN** Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Konya  
**Prof.Dr. Selim KAPUR** Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Adana  
**Prof.Dr. Metin TURAN** Atatürk Üniv.Ziraat Fak. Erzurum  
**Doç. Dr. Pasquale STEDUTO** FAO Water Division Italy

### **Zootekni / Animal Science**

- Prof.Dr. Andreas GEORGIDUS** Aristotle Univ. Greece  
**Prof.Dr. Ignacy MISZTAL** Breeding and Genetics University of Georgia USA  
**Prof.Dr. Kristaq KUME** Center for Agricultural Technology Transfer Albania  
**Dr. Brian KINGHORN** The Ins. of Genetics and Bioinf. Univ. of New England Australia  
**Prof.Dr. Ivan STANKOV** Trakia Univ. Dept. Of Animal Sci. Bulgaria  
**Prof.Dr. Nihat ÖZEN** Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Antalya  
**Prof.Dr. Jozsef RATKY** Res. Ins. Animal Breed. and Nut. Hungary  
**Prof.Dr. Naci TÜZEMEN** Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Erzurum

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

<b>S. Çınar, R. Halipoğlu, İ. İnal</b> <b>Bazı Yabancı Ot Mücadele Yöntemlerinin Çukurova Bölgesindeki Taban Meralarında Ot Verimi Ve Botanik Kompozisyona Etkisi</b> Effects Of Some Weed Control Methods on Yield, Botanical Composition and Forage Quality in Subirrigated Grasslands of Cukurova.....	1-8
<b>A. Sirat</b> <b>Orta Karadeniz Bölgesi Koşullarına Uygun Maltlık ve Yemlik Arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi</b> Determination of Malting and Forage Barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) Cultivars Suitable for Middle Black Sea Region Conditions .....	9-17
<b>M. F. Baran, M. R. Durgut, İ. E. Kayhan, İ. Kurşun, B. Aydın, B. Kayışoğlu</b> <b>II. Ürün Silajlık Mısır Üretiminde Uygulanabilecek Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Teknik ve Ekonomik Olarak Belirlenmesi</b> Determination of Different Tillage and Sowing Methods In Terms of Technically And Economically in Second Crop Maize For Silage .....	18-26
<b>D. Ceylan, A. Korkut, T. Kiper</b> <b>Tarihi Çevre Yenileme Çalışmalarında Kentsel Peyzaj Planlama Anlayışı: Edirne Örneği</b> Urban Landscape Planning Concept of Historic Environment Regeneration Studies: Sample of Edirne .....	27-36
<b>U. Karadavut, A. Taşkın</b> <b>Kırşehir İlinde Kanatlı Eti Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi</b> Determination of Factors Affecting Poultry Meat Consumption in Kırşehir Province .....	37-43
<b>G. Ş. Aydın, B. Büyükkışık, A. Kocataş</b> <b>Fosfat ve Silikatin Zararlı Denizel Diyatom Büyümesi Üzerine Etkisi: <i>Thalassiosira Allenii</i> Takano (<i>Bacillariophyceae</i>)</b> Effect of Phosphate and Silicate on The Growth of Harmful Marine Diatom: <i>Thalassiosira Allenii</i> Takano ( <i>Bacillariophyceae</i> ).....	44-52
<b>S. Akdemir, E. Bal</b> <b>Elma Depolamada Kasa İçi Ortam Koşullarının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Modellenmesi</b> Computational Fluid Dynamics Modelling of Ambient Factors in Boxes For Apple Cold Storage .....	53-62
<b>L. Máthé, G. Pillinger</b> <b>Examination of an Overturned Towed Vehicle.....</b>	63-66
<b>N. Çömlekçioğlu, L. Efe, Ş. Karaman</b> <b>Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının <i>Isatis tinctoria</i> ve <i>Isatis buschiana</i> Türlerinin Verim ve Bazı Agronomik Özellikleri Üzerine Etkileri</b> Effects of Different Sowing Times on The Yield and Agronomic Characters of <i>Isatis tinctoria</i> and <i>Isatis buschiana</i> in Kahramanmaraş Conditions .....	67-78
<b>H. Akbaşak, P. S. Koral</b> <b>Çeltik Kavuzunun Hıyar Fidesi Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması</b> The Investigation of The Possibilities of Using Rice Hulls as a Growing Media for Cucumber Seedlings .....	79-89
<b>L. Gurmai, P. Kiss</b> <b>Analysis of Relations of Towed Vehicles and Road Profile.....</b>	90-97
<b>G. D. Semiz</b> <b>Sulama Suyu Açısından Bor İçeriğinin Değerlendirilmesi: Uluabat Gölünü Besleyen Orhaneli, Emet Ve Mustafakemalpaşa Çayları</b> Content As Irrigation Water Quality: Orhaneli, Emet And Mustafakemalpaşa Streams Feeding the Lake Uluabat .....	98-105
<b>S. Kıracı, E. Gönülal, H. Padem</b> <b>Farklı Mikoriza Türlerinin Organik Havuç Yetiştiriciliğinde Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri</b> The Effects of Different Mycorrhizae Species on Quality Properties in Organic Carrot Growing .....	106-113
<b>A. Sahin, A. Yıldırım, Z. Ulutas</b> <b>Anadolu Mandalarında Bazı Çiğ Süt Parametreleri ile Somatik Hücre Sayısı Arasındaki İlişkiler</b> Relationships Between Somatic Cell Count and Some Raw Milk Parameters of Anatolian Buffaloes .....	114-121
<b>H. İlbağı, S. Geyik</b> <b>Türkiye'de Bursa İli Mısır (<i>Zea mays</i> L.) Tarlalarında Görülen Virüs Hastalıklarının Saptanması</b> Detection Of Virus Diseases in Corn ( <i>Zea mays</i> L.) Fields in Bursa Province Of Turkey.....	122-125

## Fosfat ve Silikatin Zararlı Denizel Diyatom Büyümesi Üzerine Etkisi: *Thalassiosira Allenii* Takano (Bacillariophyceae)

G. Ş. Aydın

B. Büyükişik

A. Kocataş

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü Bornova/İZMİR

*Thalassiosira allenii* (Takano) türünün fosfor ve silikattan nasıl etkilendiğini daha iyi anlamak için büyüme hızları üzerinde 6 farklı reaktif  $PO_4$  ve 7 farklı reaktif Si konsantrasyonunun etkileri araştırılmıştır. *T. allenii* türü, İzmir Körfezi-Kuzey Ege Denizi-Türkiye'den izole edilerek, f/2 zenginleştirme ortamında, sürekli-aydınlık periyotta ve kesikli kültür sisteminde inkübe edildi. Türün büyümesi eksponensiyel büyüme fazı takip edilerek Chl *a* ( $\mu g l^{-1}$ ) olarak ölçüldü, elde edilen verilerin istatistiksel analizi en küçük kareler metoduyla yapıldı. Her bir nütrient için hesaplanan  $K_s$  ve  $\mu_{max}$  değerleri sırasıyla:  $PO_4$  için  $K_s = 0.544 \mu M$ - $PO_4$ -P ve  $\mu_{max} = 0,972 \text{ gün}^{-1}$ , Si için  $-K_s = 0,615 \mu M$  Si ve  $\mu_{max} = 0,989 \text{ gün}^{-1}$  olarak bulundu. *T. allenii* türü,  $PO_4$ -P sınırlı gelişim gösterirken, silikat sınırlayıcılığı tespit edilememiştir. Bu sonuçlar, özellikle evsel kirletici yükün yoğun olduğu ve Si değişimlerinin sık yaşandığı kıyılarda *T. allenii* türünün aşırı alg çoğalmalarında yer alma yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar sözcükler:** Denizel diyatom, büyüme hızı, fosfat, silikat, yarı-doygunluk katsayısı

## Effect of Phosphate and Silicate on The Growth of Harmful Marine Diatom: *Thalassiosira Allenii* Takano (Bacillariophyceae)

In order to better understand the effect of phosphorus and silica on *Thalassiosira allenii* (Takano), the effects of 6 different concentrations of reactive  $PO_4$  and 7 different concentrations of reactive Si were investigated. *T. allenii* was isolated from Izmir Bay-Northern Aegean Sea-Turkey and incubated in a f/2 enrichment medium under constant light in a batch culture system. The growth rate of the species was measured as Chl *a* (mg/l) by monitoring the exponential growth phase. The statistical analysis of the obtained data was performed by utilizing the method of least squares. Half saturation constant ( $K_s$ ) and maximum specific growth rate ( $\mu_{max}$ ) values estimated for phosphorus and silica were obtained as follows:  $K_s = 0,55 \mu M$   $PO_4$ -P and  $\mu_{max} = 0,847 \text{ day}^{-1}$  for phosphorus,  $-K_s = 0,615 \mu M$  Si and  $\mu_{max} = 0,989 \text{ day}^{-1}$  for silica. This results shows that *T. allenii* species has ability to take a great role on algal blooms in coastal waters which particularly domestic pollution load intense and changes of Si frequently experiencing.

**Keywords:** Marine diatom, growth rate, phosphate, silicate, half saturation constant

### Giriş

Denizel ortamda besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonik organizmalar pelajik ve bentik organizmalar için ana besin kaynağı olmalarının yanı sıra bazı türleri aşırı üreyerek doğada ekolojik problemlere neden olmaktadır (Officer ve Ryhter, 1980). Gordon ve Drum (1994), yeryüzünde 60.000 diyatom türünün tanımlanmış olduğunu ifade etmişlerdir. Diyatom ve dinoflagellat gibi 3400-4100 fitoplankton türü arasında, yaklaşık 300 türün red-tide organizması olduğu belirtilmektedir (Smayda, 1997). Cheatoceros, Thalassiosira ve Coscinodiscus genusları planktonik deniz diyatomları arasında en büyük ve en geniş alana yayılan genuslar olarak aralarında ride-tide organizmaları olan türler mevcuttur ve bu genuslara ait türler kinetik çalışmaların başlıca konusunu oluşturmaktadır (Şişman-Aydın v.d., 2009, Brand ve Guillard, 1981;

Li et.al., 2004). Thalassiosira genusu ise, dünya çapında dağılıma sahip olup 100' den fazla türü bilinen, denizel fitoplanktonik genustur (Hasle ve Fryxell, 1995). Bu çalışmanın konusunu oluşturan Thalassiosira allenii türü hücre çapı 5-15  $\mu$  arasında değişen sentrik küçük bir diyatom türüdür. Nonnoplankton olarak sınıflandırılan tür "işgalci" olarak adlandırılan türlerdendir.

Eski tarihlerden günümüze bir liman şehri olma özelliğini sürdüren İzmir, içinde bulunduğu körfezle birlikte, uzun süredir sanayileşmenin ve evsel nitelikli atık suların getirdiği kirlilik yükün etkisi altında kalmıştır. İzmir Körfezi'nde kirlilik yükü sonucu aşırı alg çoğalmalarına bağlı ilk balık kırılmaları 1950' li yıllarda bildirilmiştir (Numann, 1955). Bu tür alglerin büyüme kinetiklerinin incelenmesi, büyüme parametrelerinin

saptanması, çalışmaları 1990'lı yıllarda başlamış olmasına rağmen sınırlı kalmıştır (Aydın, 1993; İzgören 1993; Aydın ve Büyükişik, 1994; Büyükişik vd., 1994). Ekolojik problemler dünyada olduğu gibi ülkemizde de araştırmaların bu yönde geliştirilmesi, paralelinde kirlilik parametrelerinin tespiti ve bu türlerin kontrol altında tutulabilmesi çalışmalarına doğru yoğunlaşmaya yönlendirmektedir.

Yerkabuğu kütlelerinin yaklaşık %58'i (SiO<sub>2</sub>) silikattir. Si, denizel organizmalar ve özellikle diyatomlar için en önemli bileşendir. Ayrıca, diyatomların diğer fitoplanktonik organizmalar içinde dominant olabilmesinde silikat avantaj sağlar (Pilson, 1999) ve kıyasal deniz sularında ve açık denizde diyatom patlaması süresinde tüketilirler (Brzezinski ve Nelson, 1989). Ancak, diyatomlardaki silikat metabolizması azot (N) metabolizmasından çok farklıdır (Flynn ve Jézéquel, 2000). Diyatomlardaki hücre büyümesi ve bölünmesinin düzenlenmesi silikat metabolizması ile kaçınılmaz bir bağlantı içindedir ve yeni oluşan hücrelerin hücre duvarlarının oluşumunda önemlidir (Flynn ve Jézéquel, 2000). Fosfor ise, tüm organizmaların hem genetik materyali (DNA, RNA) için temel bileşen hem de enerji iletim mekanizmasında (ATP) başlıca bileşendir (Pilson, 1999). Diğer taraftan 1970'li yıllarda deniz biyologları tarafından azot-fosfor karşılaştırılmasında azotun deniz suyundaki fitoplankton büyümesi üzerinde ana limitleyici nütrient olduğu kabul edilmekteydi. Ancak, günümüzde ise deniz sistemleri için sadece azotun limitleyici olmadığı ve fosforun fitoplankton artışını sınırlayan birincil faktör olabileceği bilinmektedir (Peeters ve Peperzak, 1990). Fosfor formları içinde çoğu fitoplankton için biyolojik olarak kullanılabilen en uygun form fosfattır (PO<sub>4</sub>).

Son 40 yıldan bu yana kemostatlar, nütrient sınırlı fitoplankton büyümesi çalışmalarında başlıca materyal olmuşlardır. Ortamdaki nütrient konsantrasyonları ile hücre kompozisyonları gibi ölçümler kararlı halde ölçülebilmekte ve karalı büyüme hızı fonksiyon şeklinde gösterilebilmektedir. Nütrient sınırlı kültürlerin incelenmesinde iki tip yaklaşım vardır: Birincisi; hücre dışı kontrol modeli olan Monod modeli; diğeri ise, hücre içi kontrol modeli olan Droop modelidir (Parsow et.al., 1985). Bu çalışmada, zararlı denizel diyatom *T. allenii* türünün gelişmesinin karakteristikleri üzerine (nütrient sınırlı kesikli sistemde, optimum sıcaklık ve ışık

şiddetindeki) nütrientlerin (P-Si) etkilerini Monod kinetiği kullanılarak açıklamak amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda *T. allenii* türünün besin sınırlı gelişmesi üzerine fosfat ve silikatin etkilerinin kavranmasını sağlamış ve her parametre için (P ve Si) maksimum spesifik büyüme hızı ve yarı doygunluk katsayısı hesaplanmıştır.

## Materyal Ve Yöntem

*T. allenii* türü İzmir Körfezi İç Körfez Bölgesi'nden (38° 26' 36" kuzey, 27° 06' 24" doğu koordinatları), alınan yüzey deniz suyundan sonsuz seyreltme (dilüsyon) tekniği kullanılarak izole edilmiştir. Denemeler 40 watt'lık day-light flouresanslarla, 300 ftCd ışık şiddetinde, sürekli aydınlatma (24:0) ve kesikli kültür sisteminde gerçekleştirilmiştir. Deneme sıcaklığı Kasım 2003-Mart 2004 dönemi İzmir Körfezi deniz suyu sıcaklıkları ve türün optimum büyüme sıcaklığı göz önüne alınarak 11 ±0,5 °C' ye ayarlanmıştır. Işık şiddeti Quantum Instruments Photometer1 ile ölçülmüş ve denemeler süresince sabit tutulmuştur. Denemelerde kullanılan deniz suyu, yukarıda belirtilen koordinatlardan (0-0.5 m) yüzey suyundan alınmış ve 0.2 µ'luk kartuş filtreden süzölmüş, 1 lt'lik cam kaplarda 121 °C sıcaklıkta 1.5 Atm 'de steril (Guillard, 1975) edilmiştir.

Türün büyümesi, eksponensiyel faz takip edilerek Chl *a* olarak ölçülmüştür. Ölçümler Turner 10-AU Fluorometre ile günde bir defa yapılmıştır. Farklı substrat derişimlerdeki spesifik büyüme hızları (µ)kullanılarak hesaplanmıştır (Guillard, 1973) (Eşitlik 1). Yarı-doygunluk katsayılarının (K<sub>s</sub>) belirlenmesinde hücre dışı nütrient kontrol modeli (Monod Denklemi) kullanılmıştır (Eşitlik 2) (Burmester, 1979). Yarı doygunluk katsayıları (K<sub>s</sub>) ve maksimum spesifik büyüme hızı (µ<sub>max</sub>) değerleri Statistica (advanced nonlinear-least square-Gauss-Newton estimation method) programı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mu = 1 / (t_2 - t_1) * \log_2 (N_2 / N_1) \quad (1)$$

Denklemden, µ: Spesifik büyüme hızı, N<sub>1</sub>: Üssel büyüme fazının başlangıcındaki Chl *a* değeri, µg/lt, N<sub>2</sub>: Üssel büyüme fazının sonundaki Chl *a* değeri, µg/lt, t<sub>1</sub>: N<sub>1</sub> değerinin tayin edildiği zaman dilimi, t<sub>2</sub>: N<sub>2</sub> değerinin tayin edildiği zaman dilimi olarak ifade edilmiştir.

$$\mu = \mu_{max} * (S / (K_s + S)) \quad (2)$$

Eşitlikte, µ: Eşitlik 1 den elde edilen spesifik büyüme hızı, µ<sub>max</sub>: Maksimum spesifik büyüme

hızı; Burada; S: Substrat derişimi,  $K_s$ : Yarı doyunluk katsayısı olarak sembolize edilmiştir.

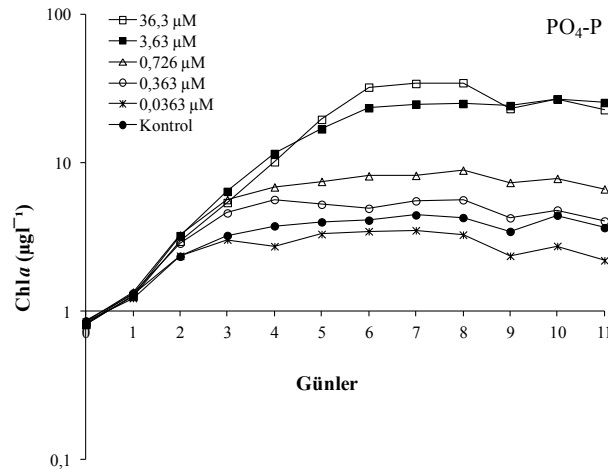
**Fosfat** :*T. allenii* türü için deneme yapılan cam kaplar içerisinde sırasıyla 36.3, 3.63, 0.726, 0.363, 0.0363, 0  $\mu\text{mol PO}_4\text{-P l}^{-1}$  düzeyindeki konsantrasyonlarda fosfat ilave edilmiştir. Doğal deniz suyu fosfat analizi için 50'şer ml alınarak analizleri (Strickland ve Parsons, 1972; Wood, 1975) spektrofotometrik yöntemle yapılmış, elde edilen doğal deniz suyu fosfat konsantrasyonu, ilave edilen konsantrasyona eklenerek, denemelerin başlangıç konsantrasyonları tespit edilmiştir. Her bir cam kap içerisinde  $\text{Chl } a=0.5 \mu\text{g l}^{-1}$  olacak şekilde *T. allenii* kültüründen ilave edilmiştir.

**Silikat**: *T. allenii* türü için deneme yapılan cam kaplara sırasıyla 107, 42.8, 21.4, 10.7, 5.35, 1.07 ve 0  $\mu\text{mol Si l}^{-1}$  olmak üzere ilave edilmiştir. Fosfat denemesindeki gibi Doğal deniz suyu Si analizi (Strickland ve Parsons, 1972; Wood, 1975) yapılmış ve final silikat konsantrasyonları belirlenmiştir. Denemelere eklenen *T.allenii* miktarı ve ölçümler fosfat denemesindeki gibi yapılmıştır.

## Bulgular Ve Tartışma

### Fosfat

Çeşitli  $\text{PO}_4$  konsantrasyonları için yapılan denemelerde *T.allenii* türünün, maruz bırakılan



Şekil.1. *T. allenii* türünün farklı fosfat konsantrasyonlarına maruz bırakıldığında Chl a tabanlı logaritmik büyüme eğrileri.

Figure.1. Chl a-based logarithmic growth curves of *T.allenii* cells exposed to different phosphate concentrations.

fosfat konsantrasyonları azaldıkça üssel büyüme fazının kısaldığı görülmüştür (Şekil.1.). Kuruskal-Wallis testi ile hücrelerin büyüme fazında maksimum ulaşabildikleri Chl *a* miktarlarında önemli bir düşüş ( $p<0,05$ ) olduğu belirlenmiştir. Fosfat konsantrasyonu 37.26 ve 4.59  $\mu\text{mol PO}_4\text{-P l}^{-1}$  aralığında iken, üssel büyüme fazının 6. günün sonuna kadar uzadığı, daha düşük konsantrasyonlarda ise azalarak 3. günün sonunda büyüme fazından sapmaların olduğu görülmüştür.

Denemeler sonucunda elde edilen spesifik büyüme hızları ve nütrient konsantrasyonları kullanılarak en küçük kareler metoduyla yapılan istatistiksel analiz sonucunda, yarı doyunluk sabiti ( $K_s$ ) 0,55  $\mu\text{g at-P l}^{-1}$  ( $P<0,05$ ) ve maksimum spesifik büyüme hızı ( $\mu_{\text{max}}$ ) 0.847  $\text{gün}^{-1}$  ( $P<0,0005$ ) olarak bulunmuştur.

Denemesi yapılan tüm fosfat konsantrasyonlarında lag fazın olmadığı ve hücrelerin hemen büyüme eğilimine girdikleri görülmektedir. *T.allenii* türü, maruz bırakılan fosfat konsantrasyonları azaldıkça üssel büyüme fazının kısaldığı ve hücrelerin büyüme fazında maksimum ulaşabildikleri Chl *a* miktarlarında önemli bir düşüş ( $p<0,05$ ) olduğu görülmüştür (Tablo.1.). Benzer şekilde fosfat konsantrasyonları azaltıldıkça spesifik büyüme hızlarının da düştüğü ( $p<0,05$ ) Kuruskal-Wallis testiyle gösterilmiştir (Şekil.1.).

Çizelge.1. *T. allenii* türünün farklı PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonlarında elde edilen Chl *a* ve spesifik büyüme hızları

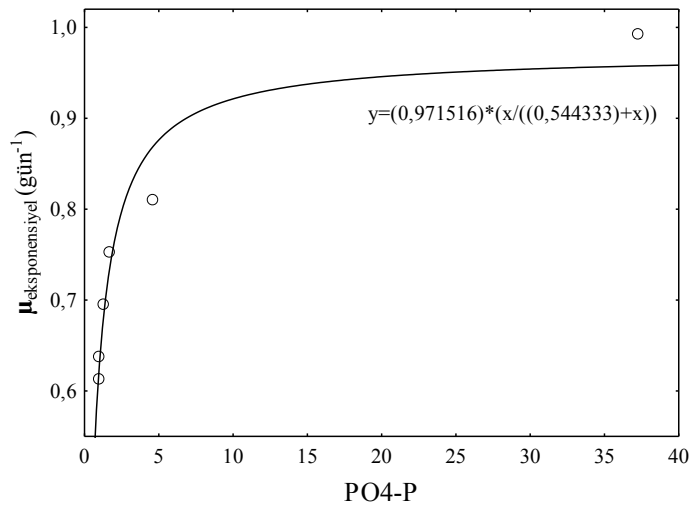
Table.1. Chl *a* and specific growth rates of *T. allenii* species obtained from the different PO<sub>4</sub>-P concentrations

Deneme Grubu →	Kontrol	I	II	III	IV	V
PO <sub>4</sub> -P (μM)	0,96	0,9963	1,323	1,686	4,59	37,26
μ <sub>eksponensiyel</sub> (gün <sup>-1</sup> )	0,638	0,613	0,694	0,753	0,809	0,992
Max. Chl <i>a</i> (μg l <sup>-1</sup> )	3,25	3,05	4,61	5,67	23,6	32,5

Leibig Minimum Kuralına göre, düşük besin düzeylerinde düşük büyüme hızlarına sebep olacağı ifade edilmektedir. Bu çalışmada da, fosfat konsantrasyonu azaltıldıkça üssel büyüme fazının kısaldığı ve spesifik büyüme hızlarının düştüğü (p<0,05) görülmüştür. Yapılan denemelerde *T. allenii* türünün büyümesi üzerinde fosfatın limitleyici etkisi olduğu sonucu bulunmuştur. Şekil.2.'deki Monod eğrisi incelendiğinde uygulanan fosfat konsantrasyonları ile türün spesifik büyüme hızları arasında pozitif yönde olan ilişki olduğu (R=0.97 ve p<0.000005) görülmektedir.

Tablo.2.'de farklı bölgelerden izole edilerek yapılmış çalışmalardaki farklı boyut ve özellikteki

denizel fitoplankton türlerinin fosfat alım hızları için hesaplanmış K<sub>s</sub> değerleri karşılaştırılmıştır. Fosfor sınırlayıcılığın bölgeden bölgeye ve türden türe farklılık gösterdiği bilinmektedir. İzmir Körfezi *Chaetoceros didymum* ve *T. grava* türlerinin büyüme kinetikleri üzerinde yapılan çalışmada, sınırlı fosfat konsantrasyonlarındaki büyümelerde 0.-2. günlerde gözle görülür bir duraklama meydana geldiği ifade edilmektedir. (Büyüklük vd., 1994). Hücre büyüklükleri arttıkça yarı doygunluk katsayılarının da arttığı (Paasche, 1975) göz önüne alınırsa, *T. allenii* gibi küçük hücreli bir tür için bulunan düşük K<sub>s</sub> değeri mümkündür, İzmir Körfezi gibi fosfat yönünden sürekli zenginleşen kıyısız alanlarda bu türün sürekliliğini devam ettireceğini göstermektedir.



Şekil.2. Çeşitli fosfat konsantrasyonları karşılık gelen eksponensiyel spesifik büyüme hızı arasındaki ilişki (Monod eğrisi, R=0.971, p<0.000005).

Figure.2. The relationship between the various concentrations of fosfat and exponential specific growth rate of *T. allenii* species (Monod curve, R=0.971, p<0.000005).



Çizelge.2. Çeşitli denizel fitoplankton türlerinin fosfat alım hızları için hesaplanmış yarı doygunluk katsayıları (Ks) (Yamamoto ve Tarutani, 1999).

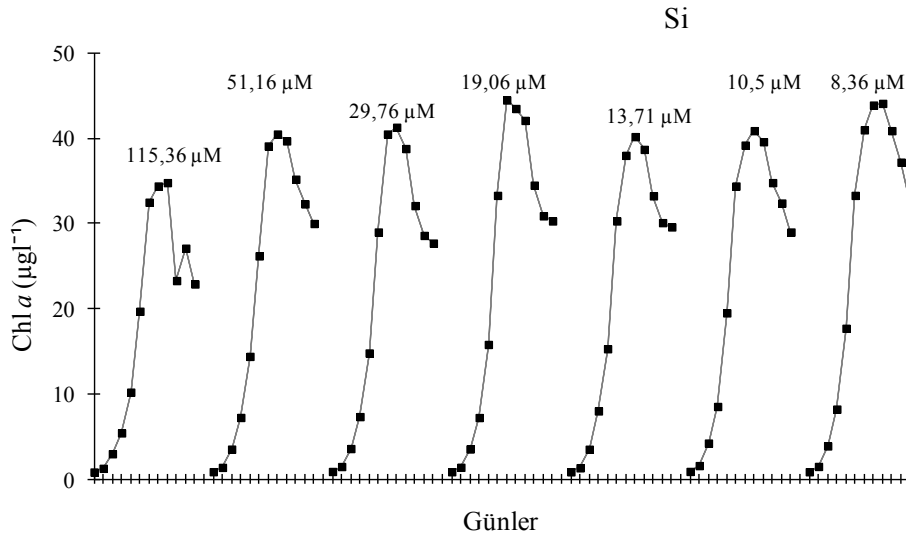
Table.2. Several species of marine phytoplankton half saturation coefficients (Ks) calculated for phosphate uptake rates (Yamamoto ve Tarutani, 1999).

Tür	Ks (µM)	Kaynak
Bacillariophyceae		
Skeletonema costatum	0.68	Tarutani ve Yamamoto(1994)
Thalassiosira pseudonana	0.58	Fuhs (1972)
	0.7	Perry (1976)
Thalassiosira weissflogii	1.72	Fuhs (1972)
Thalassiosira allenii	0.544	Bu çalışmada
Dinophyceae		
Alexandrium tamarense	2.6	Yamamoto ve Tarutani (1999)
	1.85	Yamamoto ve Tarutani (1996)
Amphidinium carterse	0.01	Deane and O'Brien (1981)
Prorocentrum minimum	1.96	Cembella (1984)
Pyrocystis notiluca	1.90	Rivkin ve Swift (1982)
Euglenophyceae		
Fuglena gracilis	0.7-2.8	Chisholm ve Stross (1976)
	1.4	Chisholm ve Stross (1976)
Haptophyceae		
Pavlova lutheri	0.38-0.63	Burmester ve Chisholm (1979)
Raphidophyceae		
Chaitoncila antiqua	1.76-2.04	Makumura (1983)
Olisthodiscus luteus	1.00-1.98	Tomas (1979)

Kıyasal ekosistemlerde fitoplankton büyümesinde limitleyici faktörler; ışık, sıcaklık ve nütrientlerdir (Lara et. al.,1990, Mallin et.al., 1999, Wu ve Chou, 2003) ancak, nütrient sınırlayıcılığının bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği bilinmektedir (Wu ve Chou, 2003). Peeters ve Peperzak (1990), Kuzey Denizi'nde nütrient limitasyonu ile ilgili yaptıkları araştırmada, çeşitli nütrient zenginleştirme denemelerinde sentrik diatom *Skeletonema costatum* türünün kıtasal Hollanda kıyı sularında fosfor ve silikatla sınırlandırıldığını rapor etmişlerdir. İzmir Körfezinden izole edilerek yapılan bu çalışmada da, *T. allenii* türü fosfat sınırlı gelişim göstermiştir. Benzer şekilde, Laws ve Redalje (1982), yaptıkları araştırmada, N/P oranının şaşırtıcı boyutta düşük olduğunu ve yüksek fosfor konsantrasyon düzeyinin hakim olduğu ortamlarda fitoplanktonik türlerin adapte olabildiğini ve aşırı üreyebileceğini rapor etmişlerdir. İzmir Körfezi'nde yapılan bir çalışmada da, aşırı kirlenmenin olduğu kanalizasyon çıkışlarındaki fitoplankton türlerinden bazılarının kirliliğe adapte olduğu saptanmıştır (Yurga, 1992). Kanalizasyon suları yüksek oranda reaktif fosfat içeren sular olduğundan, su kolonunda değişimlere neden olması şaşırtıcı değildir.

#### Silikat

*T. allenii* türünün, 115.36, 51.16, 29.76, 19.06, 13.71, 10.05 ve doğal deniz suyu 8.36 µM Si düzeyindeki silikat final konsantrasyonlarına maruz bırakıldıklarında gösterdikleri büyüme eğrileri incelendiğinde, uygulanan tüm konsantrasyonlar için lag fazın olmadığı, hücrelerin hemen büyüme eğilimine girdikleri ve üssel büyüme fazının 6. günün sonuna kadar devam ettiği görülmektedir (Şekil.3.). *Chaetoceros didymum* ve *T. graviora* türleri ile yapılmış diğer bir çalışmada, yüksek silikat konsantrasyonlarında lag fazda ölümlerinin arttığı; silikat konsantrasyonun 148 µM Si olduğu noktada kültürün yaşlanma sürecinin kısaldığı ve lag fazın ortadan kalktığı belirtilmiştir (Büyüksık vd, 1994). Bu çalışmada ise en yüksek konsantrasyonda (115,36 µM Si) benzer şekilde lag fazının olmadığı ancak, yaşlanma sürecinin değişmediği görülmüştür. Yaşlanma sürecindeki bu farklılığın, türlerin adaptasyon yeteneğinin türden türe farklılık göstermesinden kaynaklanması mümkündür.



Şekil.3. *T. allenii* türünün Si konsantrasyonlarına maruz bırakıldıklarında gösterdikleri büyüme eğrileri.

Figure.3. Chl a-based growth curves of *T.allenii* species exposed to different Si concentrations.

Denemeler sonucunda elde edilen eksponensiyel büyüme hızları ve silikat konsantrasyonları kullanılarak Monod kinetiğine göre en küçük kareler metoduyla yapılan istatistik analizi sonucunda *T.allenii* türünün  $-K_s=0,615 \mu\text{g at-Si l}^{-1}$  ( $P<0.05$ ) ve  $\mu_{\text{max}}$  değeri  $0.989 \text{ gün}^{-1}$  ( $P=0$ ) olarak bulunmuştur.  $K_s$  değerinin negatif bulunmasını iki şekilde açıklamak mümkündür:

1- *T.allenii* türünün izolasyon aşamasında silikatsız ve silikatlı ortamların tümünden izole edilmiş olması, silikattan bağımsız gelişimini sürdürebilecek adaptasyonu sağlayabileceğini göstermektedir. Literatürde, Si sınırlı hücrelere kıyasla, silisyumsuz hücrelerde hücre başına düşen Si miktarında artış olduğu ve bunun kesikli kültür sisteminde üretilmelerinden kaynaklandığı belirtilmiş (Paasche, 1980). Silikat doygunu bir kültürün ani olarak silisyumsuz durgunluk fazına girdiği takdirde, daha ince fristül oluşumunun adaptasyonu için yeterli zamanın olmayacağı ifade edilmektedir (İzğören, 1993). Bu nedenle başlangıçta silisyum kaynağı olmadan (deniz suyundaki silisyum hariç) kesikli kültür sisteminde gelişen hücrelerin bu adaptasyonu sağlayabilmeleri mümkündür. Bununla beraber, deniz suyundaki silikat konsantrasyon düzeyinin yeterli olmaması durumunda dahi; ilave silikat zenginleştirilmesi olmadan türün kültürünün yapılabildiği göz önüne alınırsa, silifikasyon işleminin gerçekleştiği söylenebilir. Eğer kesikli

kültürü sisteminde kültürü yapılan *T. allenii* türünün silisyum eksikliği söz konusu ise, kültürün oluşumu aşamasında hücre duvarının yapısında çeşitli morfolojik değişimlerin (valvelerin normalden ince olması gibi) meydana gelmesi gerekir. Diğer taraftan, hücre valvelerinin silikat durumu ve hücre başına düşen silikat miktarı kesinlik göstermesi bakımından ileride yapılacak çalışmalarda incelenmelidir.

2- Çalışmanın yapıldığı en düşük konsantrasyon olan (doğal deniz suyu) silikat konsantrasyonun  $8.36 \mu\text{M}$  Si düzeyinde silikat içermektedir, bu konsantrasyondan daha düşük silikat konsantrasyonlarında sınırlayıcılığının var olmasının mümkün olabilir. Bir başka değişle, çalışmada kullanılan silikat konsantrasyonları ( $\mu=\mu_{\text{max}}$  olduğu silikat konsantrasyonları) *T. allenii* türü için silikatın sınırlayıcı konsantrasyonu olmayabilir. Nitekim, İzmir Körfezi'nde aynı türle yapılan bir diğer araştırmada, rekabet denemesi ile  $10^\circ\text{C}$  sıcaklıkta  $K_s$  değeri  $45,14 \mu\text{M}$  Si ve  $\mu_{\text{max}}$   $1,28$  çiftlenme/gün olarak bulunmuştur (Aydın, 1993). Rekabet denemeleriyle kesikli kültür sisteminde yapılan denemelerde elde edilen sonuçların birbirinden farklılıklar göstermesi mümkündür. Ancak, *T. allenii* türü ile yapılan bu iki deneme sonucunda bulunun  $K_s$  değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Denizel diatomlarda silikat alım ve silikat sınırlı şartlar altındaki yarı-doygunluk katsayıları ( $K_s$ )

Tablo.3.'de karşılaştırılmıştır. Fitoplankton nütrient alım kinetiklerinde hücre hacimleri küçüldükçe yarı doygunluk katsayıları da azalma eğiliminde olduğu bilinmektedir (Paasche, 1975). Dolayısıyla, *T. allenii* gibi küçük bir tür için düşük bir yarı doygunluk katsayısı beklenir. *T. allenii* gibi küçük bir tür için  $K_s$  değerinin büyük bulunmasının düşündürücüdür. Aydın (1993) tarafından yapılan çalışmada bu elde edilen yüksek  $K_s$  değerini veri yetersizliğine bağlamıştır.

Diğer taraftan, silikat eksikliğinde kesikli bir sistemde adapte olmuş hücrelerin, ortama yüksek silikat konsantrasyon düzeyinin ilavesiyle türün büyümesi negatif yönde etkilenmiş olması mümkündür. Tablo 4 'de görüleceği üzere, yüksek silikat konsantrasyon düzeylerine maruz bırakılan hücrelerin büyüme grafiklerinde, daha düşük silikat konsantrasyon düzeylerinde gözlemlenen maksimum Chl *a* miktarlarında önemli bir fark gözlenmemesine ( $p>0,05$ ) rağmen, büyüme hızlarında kayda değer düşüşler olmuştur ( $p<0,05$ , Kruskal Wallis testi).

Yapılmış bir diğer çalışmada, yüksek silikat konsantrasyon düzeylerinin diatom büyümesi

üzerinde negatif bir etki gösterdiği ve lag fazda ölümlerin arttığı bildirilmiştir (Bkz.; Büyükkışık vd. 1994). Benzer şekilde 16°C sıcaklığın üzerindeki tüm deneme sıcaklıklarında, (20°C, 24°C, ve 28°C) mevcut f/2 silikat konsantrasyon düzeyinde, üssel büyüme fazına geçememiş, lag fazda ölümler artmıştır (Şişman Aydın, 2004).

*T.allenii* türünün maruz bırakıldığı silikat konsantrasyonlarına (S) karşılık eksponensiyel spesifik büyüme hızı ( $\mu$ ) değerleri Monod modeli kullanılarak değerlendirildiğinde, silikat konsantrasyonuyla, büyüme hızlarının negatif yönde ilişkisi olduğu ( $p<0,05$ ) görülmektedir (Şekil.4.). Çeşitli silikat konsantrasyon düzeylerine maruz bırakılan *T. allenii* türünün büyüme eğrileri incelendiğinde büyüme eğrilerinin birebir benzediği, maksimum Chl *a* miktarlarında önemli bir farkın olmadığı ( $p>0,05$ ) görülmüştür (Şekil.3.). *T.allenii* türü, silikat konsantrasyonu arttıkça büyüme hızını azaltmış, Chl *a* sabit tutarak nütrient kotasını arttırmış ve bu şekilde silikat miktarlarındaki değişikliklere adapte olabileceğini göstermiştir

Çizelge.3. Denizel diatomlarda silikat alım ve silikat sınırlı şartlar altındaki yarı-doygunluk katsayıları ( $K_s$ ) (Paasche, 1975).

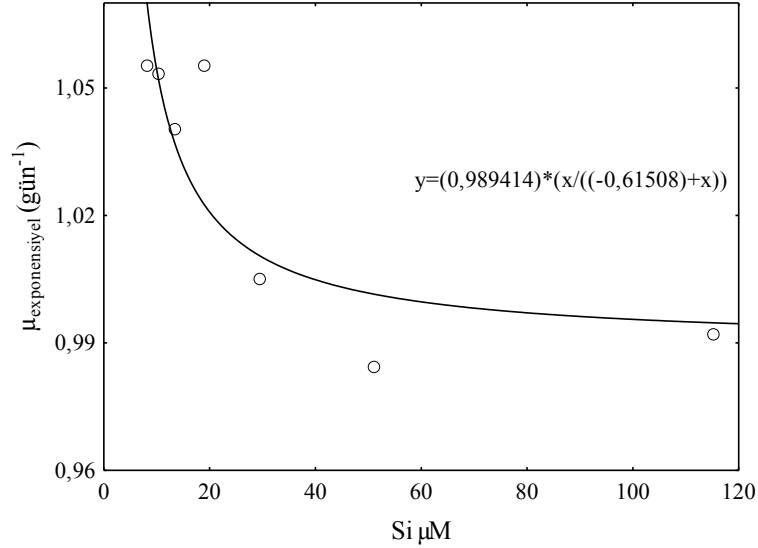
Table.3. Silicate uptake of marine diatoms and half-saturation coefficients ( $K_s$ ) under silicate limited conditions (Paasche, 1975).

Tür	Deneme Tipi	$K_s, \mu\text{g at.Si/L } (\mu\text{M})$	Kaynak
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Clone3H	Kemostat büyüme	0.48-1.36	Paasche (1973)
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Clone3H	Kesikli kültür büyüme	0.98	Guillard, Kilham, Jackson (1973)
<i>Thalassiosira pseudonana</i> Clone13-1	Kesikli kültür büyüme	0.19	Guillard, Kilham, Jackson (1973)
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	Kesikli kültür büyüme	0.02-0.09	Paasche (1975)
<i>Thalassiosira allenii</i>	Kesikli kültür büyüme	0-0,615	Bu çalışmada

Tablo.4. *T. allenii* türünün farklı Si konsantrasyonlarında elde edilen Chl *a* ve spesifik büyüme hızları

Table.4. Chl *a* and specific growth rates of *T. allenii* species obtained from the different Si concentrations.

Deneme Grubu →	Kontrol	I	II	III	IV	V	VI
Si ( $\mu\text{M}$ )	8,36	10,5	13,71	19,06	29,76	51,16	115,36
$\mu$ ( $\text{gün}^{-1}$ )	1,055	1,053	1,04	1,055	1,005	0,984	0,992
Max. Chl <i>a</i> ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	41	39,2	38	44,5	40,5	39,1	34,5



Şekil 4.Çeşitli Si konsantrasyonları ile eksponensiyel spesifik büyüme hızı arasındaki ilişki (R=0,857, p<0,05)

Figure.4. The relationship between the various concentrations of Si and exponential specific growth rate of *T.allenii* species.

### Sonuç

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, *T. allenii* türü için reaktif fosfat konsantrasyonu maksimum PO<sub>4</sub>-P konsantrasyonuna yaklaştıkça, hücrelerin fotosentetik aktivitelerinde artışlar gözlemlenmiştir. Deneysel gözlem verileri ile edilen spesifik büyüme hızlarına göre; *T. allenii* türü fosfat ile sınırlı gelişim göstermektedir. Bu araştırma, fosfor konsantrasyonunun fitoplankton büyümesinde ne denli sınırlayıcı olabileceğini, İzmir Körfezi gibi yüksek fosfor konsantrasyon düzeyinin hakim olduğu kıyısız alanlarda fitoplanktonik türlerin adapte olabildiğini ve aşırı üreyebileceğini desteklemiştir.

*T. allenii* türünün mono kültürünün-kesikli kültür sisteminde yapılan denemelerden elde edilen

### Kaynaklar

- Aydın, H. 1993. İzmir Körfezi fitoplanktonunun gelişimi üzerine sınırlayıcı faktörler. E.Ü. Fen Bilimleri E. Y.Lisans Tezi. İzmir, 94 s.
- Aydın, H. ve B. Büyükişik, 1994. İzmir Körfezi'nde fitoplankton büyümesi üzerine nütrient sınırlaması. E.Ü. Fen Fakültesi Dergisi Seri B., 16(1): 1141-1149
- Brand, L.E. and R. R.L. Guillard, 1981. The effects of continuous light and light intensity on the reproduction rates of twenty-two species of marine phytoplankton. J. Exp. Mar. Biol Ecol.50: 119-132.

spesifik büyüme hızları, yüksek silikat konsantrasyon düzeylerinde düşük iken, silikat konsantrasyonu düştükçe önemli oranda artmaktadır (p<0,05). Silikat konsantrasyonu ile spesifik büyüme hızlarının negatif bir ilişki içerisinde olduğu (p<0,05) ve tüm konsantrasyonlarda türün büyüme eğrilerinin benzer olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, *T. allenii* türü silikat salınımlarının yaşandığı kıyısız sistemlere adapte olabilecek ve aşırı çoğalma olaylarında bu sayede rol alabilecek yetenekte olduğunu göstermiştir.

Not: Bu çalışma Göknur ŞİŞMAN AYDIN'ın doktora tezinin bir parçası olup, Ege Üniversitesi B.A.P kapsamında, 2002/SÜF/001 nolu proje ile desteklenmiştir.

- Brzezinski, M.A. and D.M., Nelson, 1989. Seasonal changes in the silicon cycle within a Gulf Stream warm-core ring. Deep Sea Research. 36: 1009-1030.
- Burmester, D.E. and S.W. Chisholm, 1979. A comparison of two methods for measuring phosphate uptake by *Monochrysis lutheri* Droop Grown in continuous culture. J. Exp. Mar. Biol Ecol. 39: 187-202.
- Burmester, D.F., 1979. The unsteady continuous culture of phosphate-limited *Monochrysis lutheri* Droop: experimental and theoretical analysis. J. Exp. Mar. Biol Ecol. 39: 167-186.

- Büyükişik, B., Ş. Gökpınar, H. Parlak, 1994. Chaetoceros didymum ve Thalassiosira gravida Türlerinin Büyüme Kinetikleri Üzerine Araştırma. E.Ü. Fen Fakültesi Dergisi, Seri B, 16(1): 1151-1159.
- Flynn, K. J. and V.M. Jézéquel, 2000. Modelling Si-N limited growth of diatoms. Journal of Plankton Research. 22(3): 447-472.
- Gordon, R. and R.W. Drum, 1994. The chemical basis of diatom morphogenesis. Int. Rev. Cytol. 150: 243-372.
- Guillard, R.R.L. 1973. Chapter 19: Division Rates. in: Handbook of Phycological Methods-Culture Methods and Growth Measure- ments. Cambridge University Press, pp. 289-311.
- Guillard, R.R.L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. in: Culture of marine invertebrate animals. Smith WL, Chanley MH (eds.), Plenum Press, New York, pp. 26-60
- Hasle, G.R. and G.A., Fryxell, 1995. Taxonomy of Diatoms, Intergovernment Oceanographic Commission, UNESCO. pp 339-348.
- İzğören, S. 1993. Genus Chaetoceros (Bacillariophyceae) üzerine kinetik çalışmalar. E.Ü. Fen Bilimleri E. Doktora Tezi. İzmir, 157 s.
- Kristiansen, S. and E.E. Hoell, 2002. The importance of silicon for marine production. Hydrobiologia 484: 21-31.
- Lara Lara, J.R., B.E. Frey, L.F. Small, 1990. Primary production in the Colombia River Estuary: I. spetial and temporal variability of properties. Pasific Science. 44: 17-37.
- Laws, E.A. and D.G. Redalje, 1982. Sewage diversion effects on the water column of a subtropical estuary. Marine Environmental Research. 6: 265-279.
- Li D., W. Cong, Z. Cai, D. Shi, F. Ouyang, 2004. Effect of iron stress, light stress, and nitrogen source on physiological aspects of marine red tide alga. J. Plant Nutr. 27(1): 29-41.
- Mallin, M.A., L.B. Cahoon, M.R. Melder, D.C. Parsons, G.C. Shank, 1999. Alternation of factors limiting phytoplankton production in the Fear River Estuary. Estuaries. 22: 825-836.
- Numann, W. 1955. İzmir Körfezi'nde Balık kırılması hadisesi. Hidrobioloji Mecmuası, 3A(2): 90-93.
- Officer, C.B. and J.H. Ryhter, 1980. The possible importance of silicon in marine eutrophication. Marine Ecology Progress Series. 3: 83-91.
- Paasche, E. 1975. Growth of the plankton diatom Thalassiosira nordenskiöldii Cleve at low silicate concentrations. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 18: 173-183.
- Paasche, E. 1980. Silicon content of five marine plankton diatom species measured with a rapid filter method. Limn. and Ocea. 25: 474-480.
- Parsow, J.S., P.J. Harrison, P.A. Thompson, 1985. Interpreting changes in uptake kinetics in the marine diatom Thalassiosira pseudonana (Hustedt). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 91: 53-64.
- Peeters, J.C.H. and L. Peperzak, 1990. Nutrient limitation in the North Sea: a bioassay approach. Netherlands Journal of Sea Research. 26(1): 61-73.
- Pilson, M.E.Q. 1999. An introduction to the chemistry of the sea. Uni. of Rhode Island. 430 p.
- Raven, J.A. 1983. The transport and function of silicon in plants. Biol. Rev. 58: 179-207.
- Smayda, T.J. 1997. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. Limnol. Oceanogr. Part 2 42(5): 1137-1153.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bull. 167. Ottawa, pp. 310.
- Şişman- Aydın G. İzmir Körfezinde bulunan Thalassiosira allenii Takano (Coscinodiscophyceae) üzerine kinetik çalışmalar. E. Ü. Fen Bilim. Ens. Doktora Tezi. İzmir 114 s.
- Şişman-Aydın G., A. Kocataş, B. Büyükişik. 2009. Effects of light and temperature on the growth rate of potentially harmful marine diatom: Thalassiosira allenii Takano (Bacillariophyceae). African J. of Biotech. 8 (19): 4983-4990.
- Wood, R.D. 1975. Hydrobotanical Methods. University Park Press, Baltimore, pp. 173.
- Wu, J.T. and T.L. Chou, 2003. Silicate as the limiting nutrient for phytoplankton in a subtropical eutropic estuary of Twain. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 58: 155-162.
- Yamamoto, T. and K. Tarutani, 1999. Growth and phosphate uptake kinetics of the toxic dinoflagellate Alexandrium tamarense from Hiroshima Bay in the Seto Inland Sea, Japan. Phycological Research. 47: 27-32.
- Yurga, L. 1992. İzmir Körfezi'nde bazı kanalizasyon çevresindeki mikroplankton toplulukları üzerine ekolojik araştırmalar. E.Ü. Fen Bil. Ens. Y. L. Tezi. İzmir. 40 s