

**İZMİR HOMA DALYANI'NDAN İZOLE EDİLEN  
*Hantzchia amphioxys* (Ehrenberg) GRUNOW'ÜN  
GELİŞİMİ ÜZERİNDE SICAKLIĞIN ETKİSİ****Banu Kutlu\* , H. Baha Büyükişık**

Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli

**Özet:**

Bu çalışmada, denizel bentik diyatome *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow'in türünün büyüme kinetiği parametreleri ( $\mu_{max}$ , Ks), taşıma kapasitesi ( $P_{kl}$ -a  $\mu_{max}^1, Ks^1$ ) ve sıcaklığın etkisi belirlenmiştir. Araştırmada *H. amphioxys*'ün büyümesi sürekli-aydınlık periyotta ve kesikli kültür sisteminde; ışık, sıcaklık ve nutrientlerin etkileri incelenmiştir. Buna göre optimum ışık şiddeti  $52 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$  ve sıcaklığı  $18^\circ\text{C}$  olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Hantzschia amphioxys*, Büyüme hızı, Taşıma kapasitesi, Işık, Sıcaklık, Besin

**Abstract:**

**The effect of temperature on the growth of *Hantzchia amphioxys* (Ehrenberg) grunow isolated from the Homa Lagoon, Izmir**

The aim of this study was to determine the parameters of growth kinetics ( $\mu_{max}$  Ks), carrying capacity (Pchla  $\mu_{max}^1$ , Ks<sup>1</sup>) and temperature of the benthic diatom *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow. In this research, the impacts of light, temperature and nutrients on the growth of *H. amphioxys* were investigated under continuous-light period and batch culture conditions. As a results, the optimum light  $52 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$  (saturasyon light),intensities were found as  $18^\circ\text{C}$ .

**Keywords:** *Hantzschia amphioxys*, Growth rates, Half saturation constant, Carrying capacity, Light, Temperature, Nutrient

\* Correspondence to: Banu KUTLU, Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 62000 Tunceli-TÜRKİYE

Tel: (+90 428) 213 17 94 Fax: (+90 428) 213 18 61

E-mail: [kutlubanu@gmail.com](mailto:kutlubanu@gmail.com)

## Giriş

Diyatomeler birçok sucul ekosistemler için fitoplanktonik organizmaların ana bileşenidir. Diyatome türlerinin tanımlanan sayısı 12000 civarında (Werner 1977; Gordon ve Drum, 1994; Norton ve ark., 1996) olup; toplam sayının çok daha fazla olduğu düşünülmektedir. Kıyısız alanlarda mikrofıto bentoz olarak bilinen bu komünitenin birçok haliğin gel-git zonlarında yüksek oranlarda yer almaktadır. Bentik diyatome ler total birincil üretimin %50'sine katkıda bulunmaktadır (Perrissinotto ve ark., 2000; Montani ve ark., 2003). Ayrıca azot ve karbonun global biyojeokimyasal döngüsünde diyatome lerin oldukça önemli olduğu kanıtlanmıştır (Serodio, 2003). Kıyısız sular diyatome bolluğu ile karakterize edilmektedir (Nelson ve ark., 1995). Haliçlerin gel git zonu içinde sedimentin üst tabakasında görünen bentik mikro alglerin dalga ve günlük döngülerle birleşerek dikey göç ritimleri sergilediği bilinmektedir (Round ve Palmer 1966; Joint ve ark., 1982; Paterson, 1986). Sedimentin fotik zonunda hücre konsantrasyonunda büyük değişimlere yol açan ritmik dikey hareketler komünitenin primer üretim hızlarındaki değişimlerin nedeni olarak düşünülmektedir. Temporal kıyı sularındaki dalga, rüzgâr tatlı su girişi gibi üst su kolonundaki hidrodinamik ve kimyasal durumlarında kısa dönem değişime neden olarak primer üretimin bu zamanda arttığı gözlenmiştir (Foulland ve ark., 2007). Haliçlerin gel-git zonunda mikrofıto bentoz üretimi mevsimsel, aylık, haftalık ve saatlik olarak değişime özelliğindedir (Shaffer ve Onuf, 1985; Pinckney ve Zingmark, 1991; Smith ve Underwood, 1998; Serodio ve Catarino, 2000).

Mikrofıto bentoz grubu nutrient konsantrasyonu, ışık yoğunluğu, tuz ve su sıcaklıkları gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Thomas, 1975; Dempster ve Sammerfeld, 1998; Thessen ve ark., 2005). Özellikle mikrofıto bentoz türlerinin yaşadıkları yerden dolayı gel git etkisiyle gün içinde güneş ışığına direk maruz kalmasına ve günlük ısı değişimlerinin çok fazla olmasına karşı dayanıklı türlerdir. Sıcaklığın kısa dönemdeki değişimleri özellikle sıcaklığa bağlı olarak türün fotosentetik kapasitesi olarak adlandırılır. Mikrofıto bentoz türleri çok geniş bir sıcaklık aralığında yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Mevsimsel olarak farklı sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterme özelliğindedirler. Bu çalışmada optimal sıcaklığın amacı ise *H. amphioxys* gelişimi üzerine etkisinin bulunması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

Şubat 2006- Şubat 2007 tarihleri arasında, İzmir Homa Dalyanı'nda (İzmir Körfezi, Ege Denizi) bazı mikro alglerin büyüme kinetiklerini belirlemek üzere tek istasyondan nutrient analizleri, fiziko-kimyasal parametreler, biyolojik parametreler araştırılmış *H. amphioxys* türü izole edilebilmiştir. Hücreler soliter, frustüller isopolardır ve aynı zamanda dorsaventraldir. Valve yüzeyindeki çizgiler düz ve paralel olduğu için hücreler dikdörtgen şekilde görünür. Valveler iki yönlü asimetrikdir. Hücrede biri kupta olmak üzere iki kloroplast bulunmaktadır. Hücrelerin uzunluğu 20–100 µm genişliği 5–10 µm'dir. Nutrient zenginleştirme denemeleri kesikli kültür tekniği kullanılarak yapılmıştır. İzole edilecek türün kontamine olmasını engellemek amacıyla ve mevcut laboratuvar imkânları göz önüne alınarak, kesikli kültür tekniğinde kullanılan havalandırma sistemi kullanılmamıştır. Zenginleştirme denemeleri aydınlık periyotta (Aydınlık:Karanlık=24:0) gerçekleştirilmiştir. Nutrient zenginleştirme çalışmalarında İzmir körfezi Homa Lagünü bölgesinden (38 31' 10'' kuzey enlemi, 26 49' 50'' doğu boylamı), alınan yüzey deniz suyu laboratuvara getirilmiştir. Zenginleştirme denemeleri +/-1°C duyarlılık sabit sıcaklık odası kullanılmıştır. Sabit sıcaklık odası aydınlatılması 40 watt'lık day light floresans lambalarla yapılmıştır. Hazırlanan kültür ortamları, 52 µmol/m<sup>2</sup>S sabit ışık şiddetinde aydınlık periyotta inkübe edilerek, üstel faz takip edilmiştir. Işık şiddeti Digital Light Meter Tes 1330 Digital/Light meter Quantum Instruments Photometer ile ölçülmüş ve denemeler süresince ışık şiddeti sabit tutulmuştur. Denemelerde kullanılan deniz suyu, yukarıda belirtilen koordinatlardan alınmış ve laboratuvarında 0,2 µ'luk kartuş filtreden süzölmüştür. Süzölmüş deniz suyu, çalışmalar amacıyla uygun 1 lt'lik cam kaplara konulmadan önce cam kaplar 121 °C sıcaklıkta 1.5 atm basınç altında otoklav edilmek suretiyle sterilizasyonları yapılarak çalışmaya hazır hale getirilmiştir (Guillard, 1975). Zenginleştirme çalışmaları f/2 ortamıyla yapılmıştır (Guillard, 1975).

## Optimum Sıcaklığın Belirlenmesi

Araştırmada kullanılan *H. amphioxys* türünün optimal sıcaklığının belirlenmesi amacıyla, 7 ayrı sıcaklıkta çalışılmıştır (6°C, 12°C, 15°C, 16.5°C, 18°C, 20°C, 25°C). Araştırma deneme sıcaklık-

ları, Homa Dalyanı'nın mevsimsel özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

Optimum sıcaklığın belirlenmesi ile optimum ışığın belirlenmesi eş zamanlı olarak yapılmıştır. Ölçümler günlük olarak Turner Design's 10-AU Flourometre ile yapılmış ve her bir sıcaklık için elde edilen büyüme grafiklerinde exponansiyel faz için (üstel) Eşitlik 1 kullanılarak spesifik büyüme hızları hesaplanmıştır (Guillard, 1975).

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

Denklemede,

$\mu$ : Spesifik büyüme hızı

N1: Üstel büyüme fazının başlangıcındaki kl-a değeri  $\mu\text{g/L}$

N2: Üstel büyüme fazının sonundaki kl-a değeri,  $\mu\text{g/L}$

t1: N1 değerinin ölçüldüğü zaman dilimi

t2: N2 değerinin ölçüldüğü zaman dilimi olarak ifade edilmiştir.

Elde edilen spesifik büyüme hızları ile sıcaklık arasında en küçük kareler yöntemi ile istatistiksel analiz yapılarak maksimum büyüme hızları ve yarı doygunluk katsayıları bulunmuştur (Eşitlik 2).

Maksimum büyüme hızı ile sıcaklık arasındaki ilişki aşağıdaki denklemden bulunmuştur.

$$Y = 2 * 1,711 * ((0,032057) * X88 / ((1 + ((0,032057) * X88)^2)^{0,5})) * (1 / (((1 + (0,031496 * X88)^2)^{0,5})^2))$$

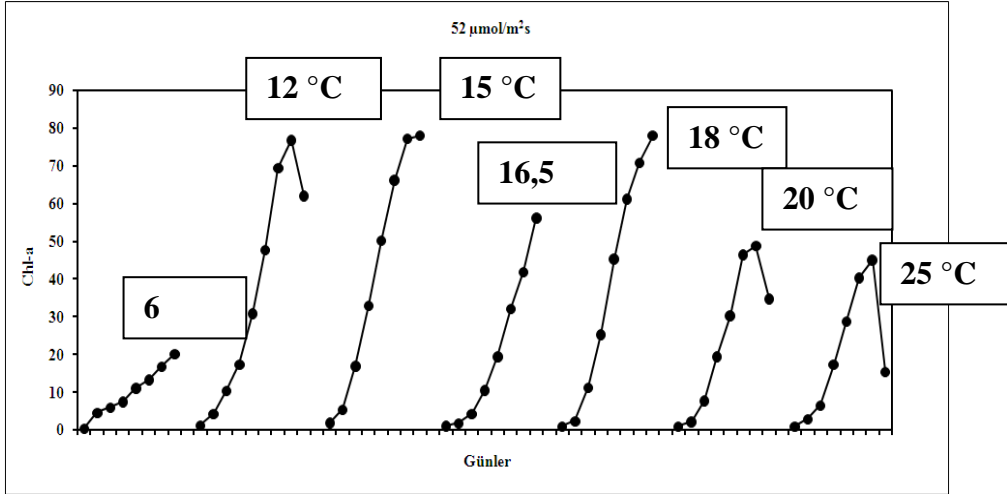
$$\mu = 2 * 1,711 * \frac{0,032057}{\sqrt{1 + (0,032057 * T)^2}} * \frac{1}{(\sqrt{1 + (0,031496 * T)^2})^2}$$

## Bulgular ve Tartışma

Kesikli kültür sisteminde 6 °C sıcaklığın *H. amphioxys* gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Sekil 1). 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  için üstel büyüme fazına 1. günün sonunda ulaşmış ve hücreler 10 katı bir büyüme göstermiştir. Bu ışık şiddeti al-

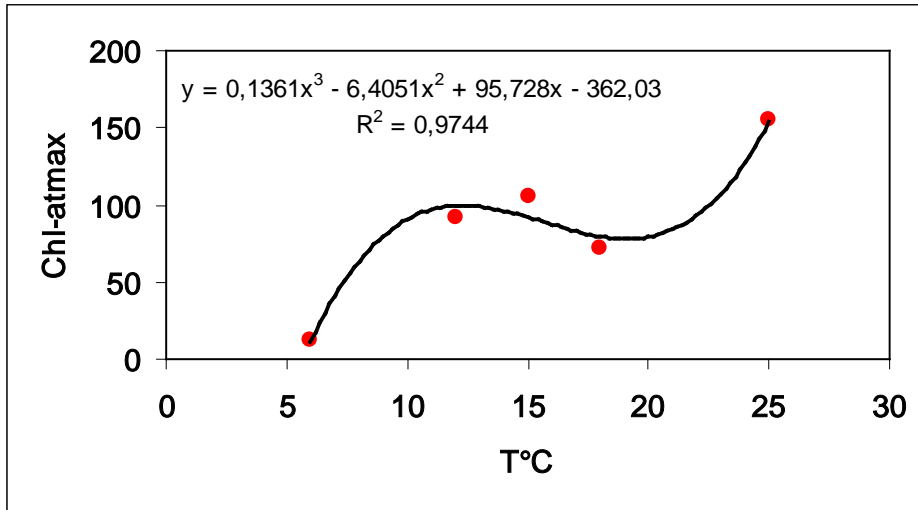
tında hesaplanan spesifik büyüme hızı 0.425 çiftlenme/gün ve üstel fazda ölçülen maksimum kl-a değeri 11.2  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüştür. *H. amphioxys* türünün kesikli kültür sisteminde 12°C sabit ışık şiddetinde türün lag fazına girmediği ve üstel büyüme fazına geçtiği gözlenmiştir. Bununla beraber her ışık şiddetinde türün yaşlanma süresinin 8. günde dahil devam ettiği gözlenmiştir. Spesifik büyüme hızı 0.949  $\text{gün}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu ışık şiddetinde üstel büyüme fazında ölçülen maksimum kl-a değeri 30.9  $\mu\text{g/L}$  olarak gözlenmiştir. 45, 49, 52  $\mu\text{mol/m}^2$  sabit büyüme eğrileri ve eksponansiyel büyüme fazı birbirlerine yakın değerdedir. 15°C'de yapılan denemelerden elde edilen büyüme eğrilerini gösteren sonuçlar Şekil. 5.4' de gösterilmektedir. Bu sıcaklıkta 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  ışık şiddetinde lag faz gözlenmemektedir. Eksponansiyel faz 6. günün sonuna kadar devam etmiştir. Türün çoğalma periyodu boyunca maksimum kl-a değeri 50.2  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüştür. Hesaplanan büyüme hızı ise 1.367 çiftlenme/gün olarak bulunmuştur. 6.5°C derecede yapılan denemelerden elde edilen büyüme eğrileri sonuçlar Şekil.5.3' de gösterilmektedir. 16.5°C sıcaklıkta 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  ışık şiddetinde üstel fazın 0. günün sonunda bittiği ve üstel büyüme fazında 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  için 5. güne kadar olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu ışık şiddeti için büyüme fazında ölçülen maksimum kl a değeri 32.2  $\mu\text{g/L}$ 'dir. 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  için hesaplanan spesifik büyüme hızı 0.946 138 çiftlenme/gün olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık 18°C'ye çıkarıldığında 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  ışık şiddetinde hesaplanan spesifik büyüme hızı 1.711 çiftlenme/gün olarak bulunmuştur. Bu ışık şiddeti için değeri diğer ışık şiddetlerinden daha büyük değere sahiptir. Ayrıca bu türün üstel fazda ölçülen maksimum kl-a değeri 25.3  $\mu\text{g/L}$  olmuştur (Sekil 1).

Sıcaklık 18°C'ye çıkarıldığında 52  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  ışık şiddetinde hesaplanan spesifik büyüme hızı 1.711 çiftlenme/gün olarak bulunmuştur. Bu ışık şiddeti için  $\mu$  değeri diğer ışık şiddetlerinden daha büyük değere sahiptir. Ayrıca üstel fazda ölçülen maksimum kl-a değeri 25.3  $\mu\text{g/L}$  olmuştur.



Şekil 1. *H.amphioxys*'ün 52 µmol/m<sup>2</sup>s ışık şiddetinde 6, 12, 15, 16.5, 18 20 ve 25°C büyüme eğrisi

Figure 1. The growth curve of *H.amphioxys* at 52 µmol/m<sup>2</sup>s luminosity 6, 12, 15, 16.5, 18 20 and 25°C temperatures



Şekil.2. Potansiyel Taşıma Kapasitesine Karşı (ışık ve nütrient doyumluğunda) sıcaklık ilişkisi

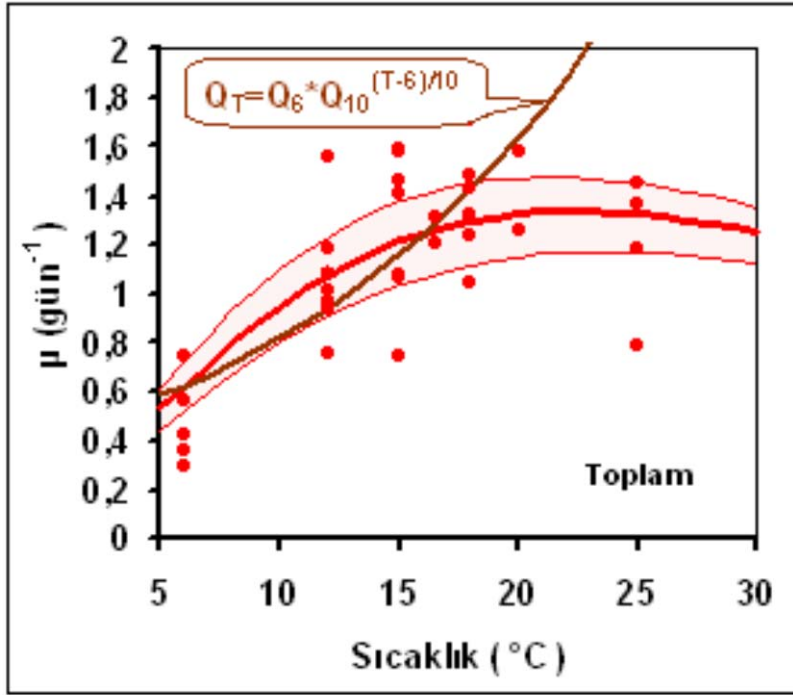
Figure 2. The relationship between potential carrying capacity and temperature (light and nutrient saturation)

Sıcaklık 20°C'ye çıkarıldığında *H. amphioxys*'ün 52 µmol/m<sup>2</sup>s ışık şiddetinde lag fazına 0. günün sonunda bittiği üstel faza 1. günde başladığı gözlenmiştir. Bu ışık şiddetinde eksponansiyel fazdaki en yüksek kl-a değeri 19.5 µg/L olarak ölçülmüştür. Hesaplanan spesifik büyüme hızı da 1.333 çiftlenme/gün olarak bulunmuştur. Bu sıcaklıktaki maksimum spesifik büyüme hızının değeridir.

Kesikli kültür sisteminde nütrient sınırlı şartları altında *H.amphioxys*'ün en yüksek sıcaklık olan 25°C 52 µmol/m<sup>2</sup>s ışık şiddetinde hücreler

lag fazına girmeden üstel büyümeye geçmişlerdir. Altıncı günün sonunda üstel fazda hesaplanan spesifik büyüme hızı 0.945 çiftlenme/gün maksimum kl-a değeri 40.3 5 µg/L dir.

Lagün suyunun *H.amphioxys* türünü taşıma kapasitesi sıcaklıkla polinomial bir şekilde değişmiştir (Şekil.5.8). 10°C altında azalan sıcaklıkla erişilen maksimum kl-a değeri hızla azalmıştır. 10–20 °C arasında sabit olduğu bulunmuştur. 20–25 °C ise tekrar bir artış olduğu saptanmıştır.



Şekil.3. Tüm ışık şiddetlerinden elde edilen sıcaklık/μ ilişkisi ve  $Q_{10}$

Figure 3. The temperature / μ relationship obtained from all light intensities and  $Q_{10}$

Yukarıdaki grafikte ifade edildi.  $Q_{10}$  ile sıcaklığa bağımlılığı ifade etmek istatistik olarak mümkün olmaktadır. Klasik olarak kullanılan  $Q_{10}$  sıcaklık katsayısı 1.995 olarak bulunmuştur. Literatürlerde *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve için Sakshaug (1977) 1.90, Smayda (1973) 2 ve *Asterionellopsis glacialis* (F. Castracane) F.E. Round için Sakshaug (1977) 2.3 hesaplamışlardır ve bu değerler yaptığımız çalışmadaki diyatomeleler için verilen değerlere yakındır. Fakat ilk denklemde bulunan  $\mu_{max}$  değerleri 20°C üzerinde  $Q_{10}$  ile bulunan değerden veriye daha iyi uyduğu görülmüştür. Vollenweider (1965)'in eşitliğindeki kareköklü 2. terim sıcaklık inhibisyonunu açıklamakta olup, daha doğru sonuçlar vermektedir. Şekil 3'deki grafikte  $Q_{10}$ 'dan hesaplanan büyüme hızı değerleri 20°C den sonra gözlenen değerlerden önemli ölçüde sapmıştır.

Büyüme hızı ile sıcaklık arasındaki ilişkiden 10°C üstündeki sıcaklıkta *H. amphioxys*'un lagün içerisinde daha iyi gelişim gösterebileceği anlaşılmaktadır. Biyomas olarak 10°C üzerinde lagün suyunun taşıma kapasitesi 100 µg/L olup 20°C'den büyük sıcaklıklarda maksimum olacağı anlaşılmaktadır. Seaburg ve ark., (1981) yaptıkları çalışmada türün 5-20°C arasındaki

sıcaklıklarda yaşabildiğini belirtmişler ve bu nedenle stenoterm bir tür olarak dikkate almışlar ise de bizim çalışmamızda 6-25°C arasındaki sıcaklık aralığında büyümesi *H. amphioxys* euritem bir tür olduğunu düşündürmektedir. Seaburg et al. (1981); çeşitli habitatlardan izole ettikleri antarktik alglerinin 2-34°C aralığında büyüme için denediğini, 75 µE/m<sup>2</sup>s sabit ışık şartlarında 5-24°C sıcaklıkları arasında *H. amphioxys*'un büyümediğini rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılara göre, *H. amphioxys* sıcaklık büyüme aralığı (5-20°C) olarak verilmiş olup bizim elde ettiğimiz veri sıcaklık-büyüme olarak (6-25 °C) bulunmuştur. Bu durum, söz konusu türün daha ılık sulara adapte olabildiğini açıklamaktadır. *H. amphioxys*, aynı zamanda eurihalin bir tür olarak da belirtilebilir (Fabricius De Martinez et. al., 2003). Tatlı su algleri daha çok stenohalin iken, deniz ve acısu türleri ise eurahalin durumundadır (McIntire, 1978).

## Sonuç

Su sıcaklığı onun zamana veya mekana göre değişimi birçok fiziksel ve fizyolojik durumlar için kritik önem taşımaktadır. Sıcaklık bütün biyolojik olayların hızlarını kontrol eder. Hayatı imkânsız kılan maksimum ve minimum sınırları

vardır. Bu olaylar doğrusunda bentik diyatome- nin büyüme ve çoğalma hızı üzerine sıcaklığın etkisi bulunmuştur. Sonuç olarak, *H. amphioxys*'un doğal ortamdan izole edilerek yapılan bu çalışma ile 6-25°C'de yaşayan euriterm bir tür olduğu gözlenmiştir. Ayrıca doğal fitoplankton tür kompozisyonu yönünde bulunan sonuçlarla sıcaklık aralığı benzer sonuçlar göstermektedir (Sabancı-Çolak 2008). Ayrıca *H. amphioxys*'un sıcaklığa bağımlı büyüme denklemi Vollenweider (1965)'in PP/I (birincil üretim/ışık) eğrisi ile parametreler hesaplanarak; Q<sub>10</sub> verileri daha iyi bir uyum içinde olduğu hesaplanmıştır.

### Kaynaklar

- Dempster, T.D., Sommerfeld, M.R., (1998). Effects of environmental conditions on growth and lipid accumulation in *Nitzschia communis* (Bacillariophyceae), *Journal of Phycology*, **34**: 712–21. [doi:10.1046/j.1529-8817.1998.340712.x](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340712.x)
- Fabricius De Martinez, L.A., Maidana, N., Gomez, N., Sabater, S., (2003). Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods; the Cuart River (Argentina), *Biodiversity and Conservation*, **12**: 2443-2454. [doi:10.1023/A:1025857715437](https://doi.org/10.1023/A:1025857715437)
- Fouilland, E., Raymond, G.E.L., Ken, J., Slater, J., Calleja, I.A., (2000). The response of a planktonic microbial community to experimental simulations of sudden mixing conditions in temperate coastal water importance of light regime and nutrient enrichment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **35**:211-225. [doi:10.1016/j.jembe.2007.06.030](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.030)
- Gordon, R., Drum, R.W., 1994. The chemical basis of diatom morphogenesis, *International Review of Cytology*, **150**: 243-372.
- Guillard, R.R.L.,1973. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates in: Smith,W.L. and M.H. Chanley (eds). Culture of Marine Invertebrate Animals, Plenum pres, NewYork, NY.
- Joint, I., Gee, J.,and Warwick, R., 1982. Determination of fine-scale vertical distribution of microbes and meiofauna in an intertidal sediment, *Marine Biology*, **72**: 157–64.
- Mc Intire, D.C., (1978). The distribution of estuarine diatoms along environmental 250 gradients. A conical correlation, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **6**: 447-457.
- Montani, S., Magni, P., Abe, N., (2003). Seasonal and interannual patterns of intertidal microphytobenthos in combination with laboratory and areal production estimates, *Marine Ecology Progress Series*, **249**: 79-91. [doi:10.3354/meps249079](https://doi.org/10.3354/meps249079)
- Nelson, D.M., Trequer, P., Brzezinski, M.A., Leynaert, A., Queginer, B., (1995). Production and dissolution of biogenic silica in the ocean, Revised global estimates, comparison with regional data and relationship to biogenic sedimentation. *Global Biogeochem, Cycles*, **9**: 359–372.
- Norton, T.A., Melkonian, M., Andersen, R.A., (1996). Algal biodiversity, *Phycologia*, **35**: 308-326. [doi:10.2216/i0031-8884-35-4-308.1](https://doi.org/10.2216/i0031-8884-35-4-308.1)
- Paterson, D.M., (1986). The migratory behaviour of diatom assemblages in a laboratory tidal micro ecosystem examined by low temperature scanning electron microscopy, *Diatom Research*, **1**: 227–239.
- Pinckney, J., Zingmark, R.G., (1991). Effects of tidal stage and sun angles on intertidal benthic microalgae productivity, *Marine Ecology Progress Series*, **76**: 81-89
- Round, F.E., Palmer, J.D., (1966). Persistent vertical migration rhythms in benthic micro flora, II. Field and laboratory studies on diatoms from the banks of river Avon, *Journal of Marine Biology*, **46**: 191–214.
- Sabancı-Çolak, F., (2008), Homa Dalyanı (izmir Körfezi, Ege Denizi) Intertidal zonunda Epipelik, epifitik ve epilitik diyatome komunitelerinin taksonomik olarak araştırılması ve ortam faktörleriyle ilişkisi E.Ü. Fen Bilim. Ens. Doktora Tezi, İzmir, 211s.
- Sakshaug, E., (1977). Limiting nutrients and maximum growth rates for diatoms in Narragansett Bay, *Journal Experiment Marine Biology Ecology*, **28**: 109-123
- Seaburg, G.K., Perker, B.C., Wharton, Jr., Simmons, M.G.J., (1981). Temperature-Growth responses of algal isolated from Antarctic Oases, *Journal of Phycology*, **17**: 353–360.

- [doi:10.1111/j.1529-8817.1981.tb00862.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1981.tb00862.x)
- Serôdio, J., (2003). A chlorophyll fluorescence index to estimate short-term rates of photosynthesis by intertidal microphytobenthos, *Journal of Phycology*, **39**: 33-46. [doi:10.1046/j.1529-8817.2003.02043.x](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.02043.x)
- Serodio, J., Catarino, F., (2000). Modelling the primary productivity of intertidal microphytobenthos: time scales of variability and effects of migratory rhythms, *Marine Ecology Progress Series*, **192**: 13-30.
- Shaffer, G.P., Onuf, C.P., (1985). Reducing the error in estimating annual production of benthic microflora: hourly to monthly rates, patchiness in space and time, *Marine Ecology Progress Series*, **26**: 221-31.
- Smayda, T.J., (1997). Harmful blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea, *Limnology and Oceanography*, **42**: 1137-1153.
- Smith, D.J., Underwood, G.J.C., (1998). Expolymer production by intertidal epipelagic diatoms, *Limnology and Oceanography*, **43**: 1578-91.
- Thessen, A. E., Dortch, Q., Parsons, M. L., Mossion, S., (2005). Effects of salinity on Pseudo-nitzschia species (Bacillariophyceae) growth and distribution, *Journal of Phycology*, **41**: 21-29. [doi:10.1111/j.1529-8817.2005.04077.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2005.04077.x)
- Thomas, J.H., (1975). Effects of temperature and illuminance on cell division rates of three species of tropical oceanic phytoplankton, *Journal of Phycology*, **11**: 17-22. [doi:10.1111/j.1529-8817.1975.tb04536.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1975.tb04536.x)
- Vollenweider, R. A. (1965). Calculation models of photosynthesis-depth curves and some implications regarding day rate estimates in primary production measurements, *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, **10**: 425-457
- Werner, D., (1977). Silicate metabolism, in Werner, D.(ed.), *The biology of Diatoms, Botanical Monograph*, **13**: 110-49.