



## Homa Lagün'ünde Mevsimsel Nutrient Zenginleştirme Denemesi (İzmir Körfezi, Ege Denizi)

Banu Kutlu<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 62000 Tunceli, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Geliş 11 Nisan 2014  
Kabul 07 Mayıs 2014  
Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X

#### Anahtar Kelimeler:

Homa Dalyanı  
Zenginleştirme  
Diyatom  
Dinoflagelatlar  
Nutrient

\* Sorumlu Yazar:

E-mail: banukutlu@tunceli.edu.tr

### ÖZET

Homa Lagün'ünde (İzmir Körfezi, Ege Denizi,) nutrient (P, Si, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) zenginleştirme denemesinin fitoplankton büyümesi üzerine etkilerini görmek amacıyla, 2007 yılında mevsimsel olarak kesikli kültür ile zenginleştirme denemeleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda fitoplankton büyümesini sınırlandıran elementler; ilkbahar döneminde NO<sub>3</sub>, P ve Si, yaz döneminde N ve P, sonbahar ve kış dönemlerinde ise NH<sub>4</sub> olarak gözlenmiştir. Dolayısı ile azot (N) ve fosfor (P) ilavesinin fitoplankton biyomas ve büyümesinde belirgin bir değişikliğe sebep olduğu tespit edilmiştir. Diyatom ve dinoflagellat türlerinin ise özellikle Silikat (Si) ve azot (N) elementlerinin değişik konsantrasyonlarında büyüdüğü gözlenmiştir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 2(5): 242-248, 2014

## Seasonal Nutrient Enrichment Experiment in Homa Lagoon (İzmir Bay, Aegean Sea)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 11 April 2014  
Accepted 07 May 2014  
Available online, ISSN: 2148-127X

#### Keywords:

Homa lagoon  
Enrichment  
Diatom  
Dinoflagellate  
Nutrient

### ABSTRACT

In order to determine the effects of nutrient (P, Si, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) enrichment on the growth of phytoplankton in Homa Lagoon (İzmir Bay, Aegean Sea), experiments of enrichment with discontinuous cultures have been executed seasonally in 2007. In our study, the elements limiting the growth of phytoplankton were NO<sub>3</sub>, P and Si in spring season, N and P in summer season, and NH<sub>4</sub> in autumn and winter seasons. So, it has been determined that the addition of nitrogen (N) and phosphor (P) has led significant change in biomass and growth of phytoplankton. It has also been observed that diatom and dinoflagellate species have grown under various concentrations of, especially, Silicate (Si) and nitrogen (N).

\* Corresponding Author:

E-mail: banukutlu@tunceli.edu.tr

## Giriş

Kıyasal sistemlerde nutrient yüklenmesi ve insanoğlu aktifivitelere fitoplankton büyümesi ve komünite kompozisyonu üzerine birtakım etkileri olduğu bilinmektedir. (McComb, 1995; Livingston, 2002). Nutrientler algal büyümeyi (DiTullio ve ark., 1993; Sakka et al., 1999; Gobler and Sañuado-Wilhelmy, 2001), biyokütle ve tür kompozisyonunu (Berdalet ve ark., 1996; Carlsson ve Granéli, 1999; Duarte ve ark., 2001) kontrol etmektedir. Bunun üzerine nutrientlerin birincil üreticiler üzerine etkilerine dair geniş araştırmalara başlanmıştır (Granéli ve ark., 1990, 1999; Cottingham ve ark., 1998). Nutrient sınırlanmasının sucul sistemdeki etkilerini göstermek amacıyla ilave yapılan grup ile kontrol grubu arasındaki büyüme karşılaştırılmaktadır. Zenginleştirme denemelerinin sonuçları doğal ekosistemler üzerinde dikkat çekmektedir (Howarth, 1988). Bu sınırlamalar, zenginleştirme denemeleri besin dinamikleri ile ilgili değerli bir bakış sunmaktadır. Deniz ortamındaki benzer etkileri araştırmak için, doğal toplulukları kullanarak, bu deneyler kontrollü laboratuvar ortamları ile çevresel etkiler nedeni ile sınırlı manipülasyonun yer aldığı saha çalışmaları arasında bir köprü işlevi görmektedir (Berdalet ve ark., 1996). Bu sonuçların doğal topluluklara yansıtıldığında başarılı sonuçlar alındığı gözlenmiştir (Pitcher ve ark., 1993; Maranon ve ark., 1995; Oviatt ve ark., 1995). Buna ilaveten yerinde inkübasyon sistemi ortam ışığı ve sıcaklık koşullarını sağlamıştır. Zenginleştirme denemelerinin diğer sınırlayıcı faktörlerin yokluğunda besin topluluklarının gelişimini sınırlama potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur (Elser ve Kimmel 1986).

Bu çalışma, Homa dalyanında mevsimsel olarak zenginleştirme denemesi yapılarak nutrientlerin fitoplankton türleri üzerindeki nutrient büyüme etkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

## Materyal ve metot

### Çalışma alanı

Bu çalışma; Homa lagününde 2007 yılında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir. İzmir Körfezi'nde, 38°31'10"N ve 26°49'50" E koordinatları arasında yer almaktadır. (Şekil 1). Tatlı su girişi oldukça sınırlıdır. Buharlaşma yağış miktarından fazladır, ancak Çamaltı tuz işletmesi düzenli olarak buharlaştırma lagünden tuzlu su pompalamaktadır.

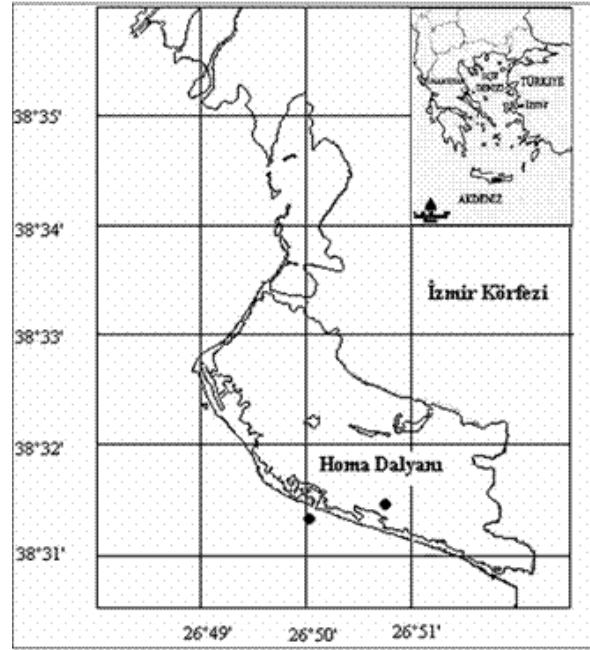
### Örnekleme, klorofil a ve nutrient analizleri

Deney süresinde çevresel parametreler aylık olarak saptanmıştır. Çözünmüş oksijen (ÇO) seviyeleri kimyasal Winkler metodu ile sıcaklık ve pH düzeyleri de Hanna Model HI 8314 pH ölçer kullanılarak belirlenmiştir. Chl-a konsantrasyonu Strickland ve Parsons (1972) göre %90 aseton ekstrasyon metodu kullanılarak Hach- Lange Dr-4000 ile okunmuştur. Amonyum, Reaktif Silikat (RSi) ve Reaktif Fosfat (RP) da spektrofotometre (Dr-4000) kullanılarak Strickland ve Parsons (1972) yöntemine göre, nitrat ise Wood ve ark. (1967) yöntemi ile belirlenmiştir.

Deneyler; Şubat 2007 ve Aralık 2007 döneminde her ay örnekleme yapılarak nutrient ve fitoplankton topluluk rejimlerini değerlendirilmek amacıyla yürütülmüştür. Kullanılan cam tüpler ve filtre kartuşları bir gece boyunca %10 HCL-ultrasaf suda (18,2 M Ω) bekletilmiş, 3 kere ultrasaf suya batırılmış ve son olarak da deniz suyu ile

filtre edilmiştir. Deneylerin örnekleme ve temizlik dâhil tüm aşamalarında cam tüpler kullanılmıştır.

Su örnekleri yaklaşık 1 saat içerisinde araziden getirilmiştir. Getirilen deniz suyu örnekleri amonyum (500 µgat/L nitrojen (883 µgat/L), fosfor (36 µgat/L), silikat (117 µgat/L), vitamin ve iz element ilavesi yapılarak deney ortamı hazırlanmıştır (Çizelge 1). Tüpler yerinde 7 ile 9 gün boyunca 1 litrede inkübe edilmiştir. Kesikli kültür deneyleri için Guillard tarafından f/2 besin ortamı, deney için ise f/2 ortamında farklı besin konsantrasyonları kullanılmıştır.



Şekil 1 Homa Lagünü çalışma alanı haritası

Çizelge 1 f/2 besin ortamı

Besin	Bileşik	Konsantrasyon (µgat/L)
Nitrojen	NaNO <sub>3</sub>	883
Fosfat	P	36
Silikat	Si	117
Amonyum	NH <sub>4</sub>	500
İz metaller		
	CoSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,0569
	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,254
	NaMoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,52
	NiCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,5
	NaSeO <sub>3</sub>	0,01
Vitaminler		
	B1 (Thiamine HCl)	0,297
	B12 (Cyanocobalamin)	0,0015
	B6 (Biotin)	0,0041

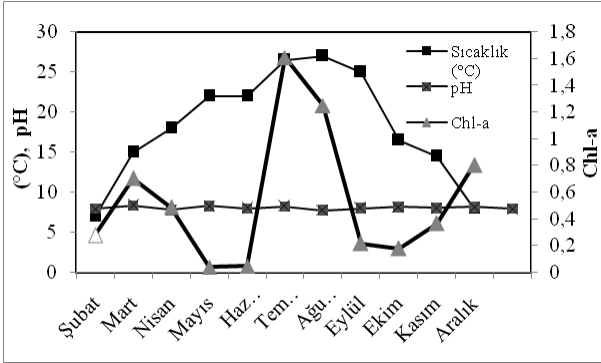
### Fitoplankton Tanımlamaları

Fitoplankton tür tayini için BX-50 araştırma mikroskobu kullanılmış, Neubauer sayma kamarası ile fitoplankton sayımı yapılmıştır.

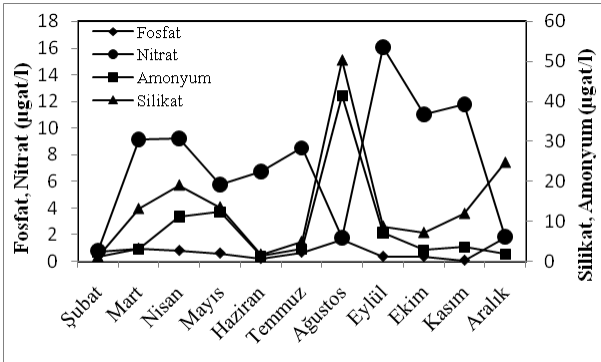
## Bulgular

### Çevresel koşullar ve besin konsantrasyonları

İlkbahar ve yaz dönemlerindeki Chl-a konsantrasyonu karşılaştırıldığında; yaz döneminde daha yüksek olduğu görülmüştür, benzer bir eğilim amonyum ve silikat konsantrasyonları için de geçerlidir. Fosfat konsantrasyonunda gözlenen düşüş chl-a'daki artış ile kendini göstermiştir (Şekil 2). Kış mevsiminde fosfat konsantrasyonu; yağmur ve rüzgârların etkisi ile çökeltilerin yeniden çözünmesi sonucu artmış, chl-a konsantrasyonu ise yüksek seviyelerde kalmıştır (0,5 P < 0,05).



Şekil 2 Fiziksel parametreler



Şekil 3 Kimyasal parametreler

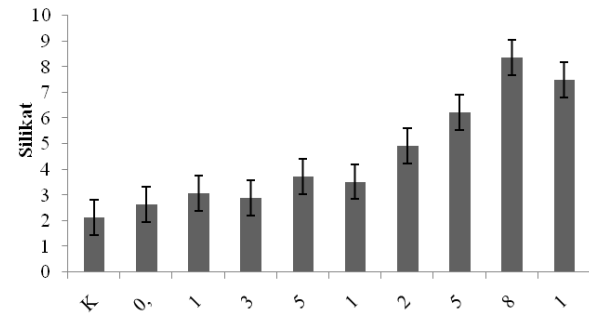
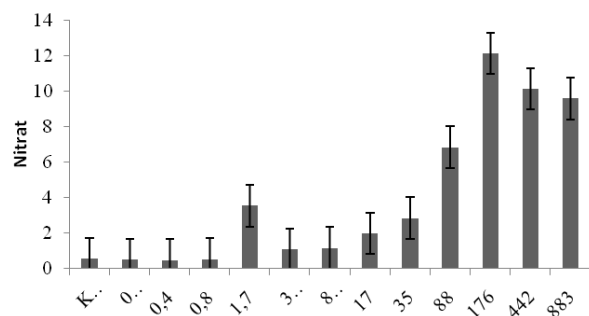
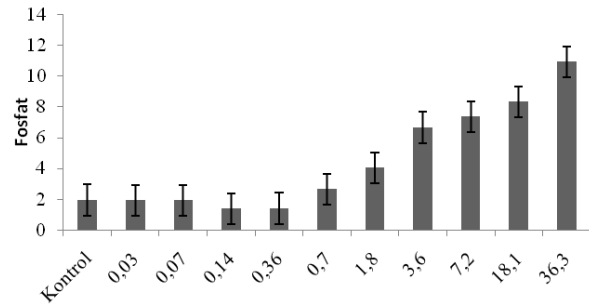
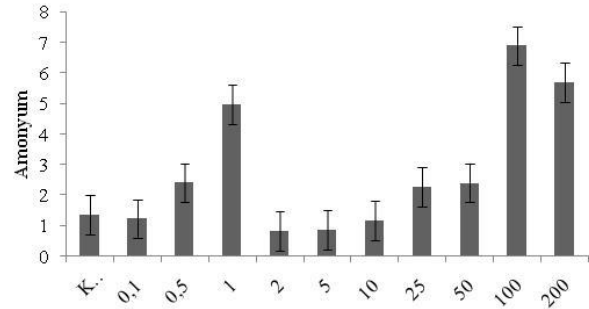
### Nutrient alın oranları

Yapılan denemede 2007 yılında ilkbahar dönemi boyunca tüketim oranlarının amonyumda daha düşük düzeylerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4). Yaz döneminde tüketim oranı amonyum ve silikatta düşerken (Şekil 5); kış mevsiminde zenginleştirme denemesinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bununla beraber topluluk büyüme oranı silikat ve fosfatta artmış (Şekil 4, 5); amonyumda ise düşmüştür (Şekil 7). Kış döneminde tüketim oranı fosfatta artmıştır.

### Fitoplankton büyüme oranları

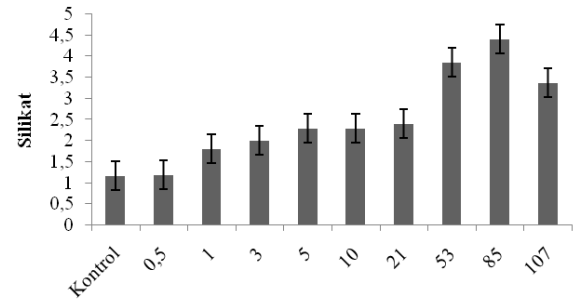
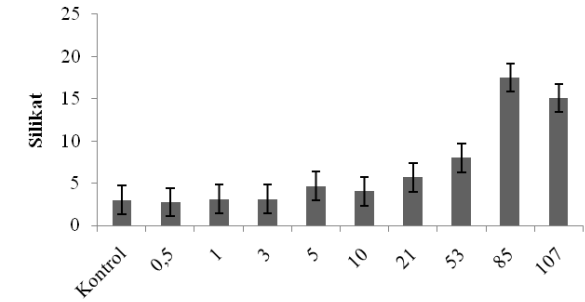
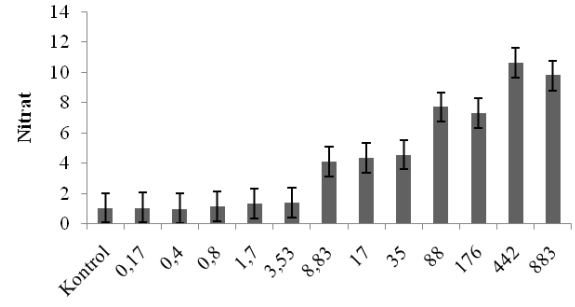
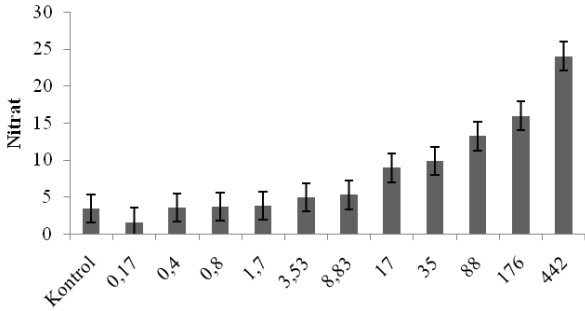
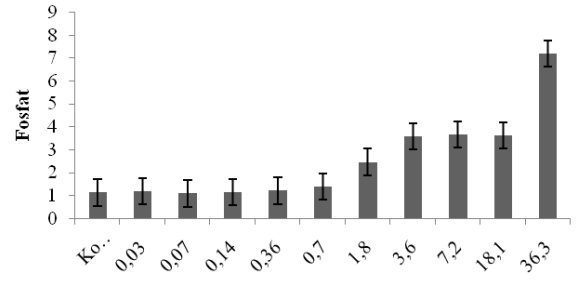
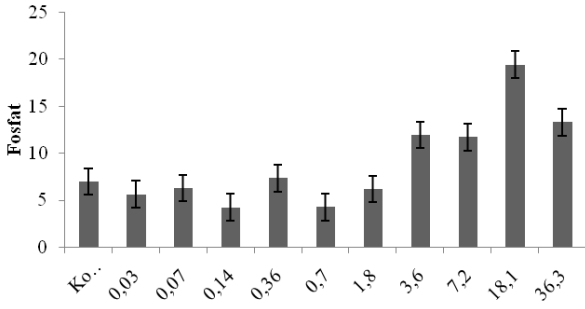
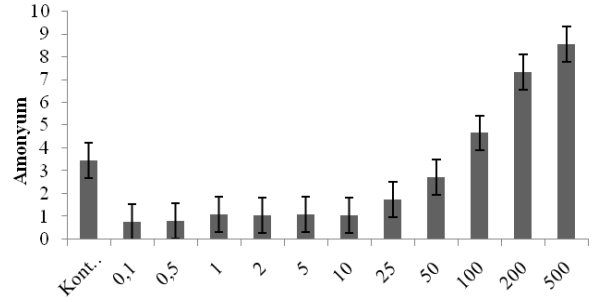
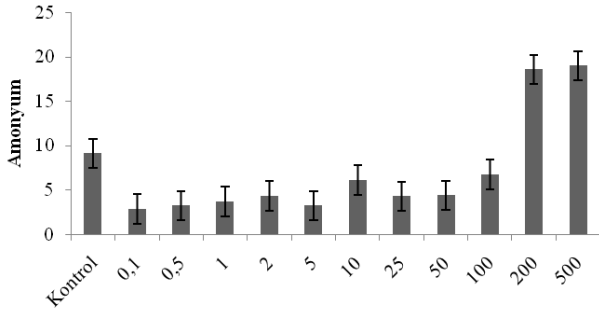
Fitoplanktonun besin zenginleşmesine tepkisi, topluluk biyokütlesi ve spesifik fitoplankton gruplarının bolluğunda değişimin bir göstergesi olarak kullanılan klorofil-a değişiklikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Kış döneminde deneysel uygulamalardaki yüksek değişkenlik nedeni ile hiçbir eğilim izlenememiştir. Fakat ilkbahar, yaz ve sonbahar deneylerinde özellikle amonyum ve nitrat konsantrasyonu eklenen fitoplankton tür topluluğunda

önemli değişimler gözlenmiştir. Her nutrient grubu ayrı ayrı dikkate alınarak incelendiğinde; tüm deneylerde temel olarak nanoplanktonun varlığı gözlenmiştir. Nanoplankton nitrat kışı ve yazına pozitif tepki vermiştir (Şekil 7 B, D). Diyatomların (Bacillariophyceae) tepkileri 2006 ve 2007 yıllarında tutarlı olmasına karşın, 2006'da Diyatomların net büyüme oranları ilkbahar, yaz ve güz dönemlerinde kontrol grubundan belirgin şekilde daha yüksek olmuştur (Şekil 7 A, B, C).



Şekil 4 Bahar dönemi besin tüketim oranı

Dinoflagelatlar 2006 yılının yaz ve sonbahar deneylerinde tespit edilmişlerdir ve temel olarak *Protoperdinium tricingulatum* ile temsil edildikleri gözlenmiştir. Yaz mevsiminde ise N, fosfat ve silikat ilavesiyle dinoflagellatlardan *Protoperdinium micans*, *Protoperdinium lima* türleri yoğunlukla gözlenmiştir.



Şekil 5 Yaz dönemi besin tüketim oranı

Şekil 6 Sonbahar dönemi besin tüketim oranı

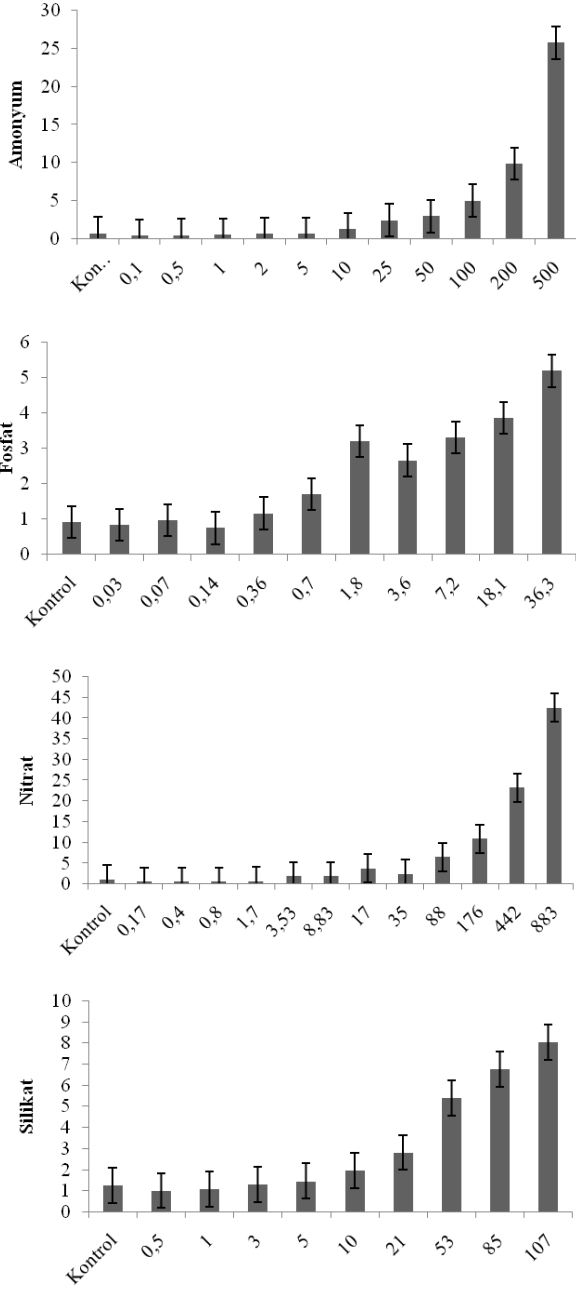
*Amphora gigante* yaz boyunca fosfat ve silikat zenginleştirmesinde dominant tür olarak görülmüştür. Ayrıca *Asterionella japonica*, *Hemiaulus haiku*, *Nitzschia* sp, *Rhizosolenia hebeta* gibi büyük boyutlu türlerin amonyum zenginleştirmesinde yoğunluk olarak fazla oldukları saptanmıştır. İlkbahar döneminde diatomların sürekli olarak arttığı tespit edilmiştir. *Navicula* sp. tüm yıl boyunca baskındır. Dinoflagelatların ise yaz ve sonbahar dönemlerinde arttığı gözlenmiştir. Güz mevsiminde amonyum zenginleştirmesinde *Favella* sp. türünün arttığı bulunmuştur.

#### Fitoplankton büyüme oranları

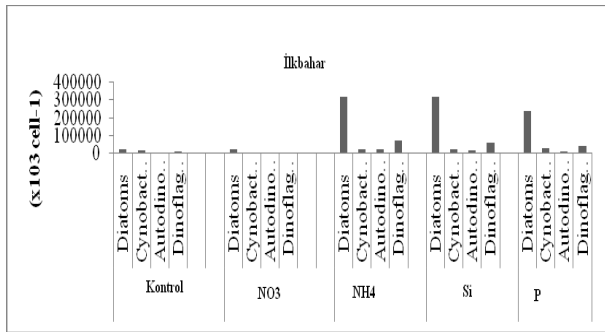
Fitoplankton nutrient zenginleştirme denemelerinde fitoplankton tür yoğunluğu ve kommunitenin bioması için

*in vivo* chl-a konsantrasyonu kullanılmıştır. 2007 yılı ilkbahar, yaz ve sonbahar denemelerinde fitoplankton topluluğunun zenginleştirme katkılarına belirgin tepkileri gözlenmiştir (Şekil 8, 9, 10). Tüm uygulamalarda ilkbahar ve yaz ( $1207040 \times 10^3$ ;  $978240 \times 10^3$ ) net büyümeleri, konsantrasyonlardaki artışla ilişkili olarak kontrol grubundan ( $123200 \times 10^3$ ;  $243100 \times 10^3$ ) belirgin şekilde yüksektir. Kış döneminde deneysel uygulamalardaki yüksek değişkenlik nedeni ile bir eğilim gözlemlenmemiştir (Şekil 11).

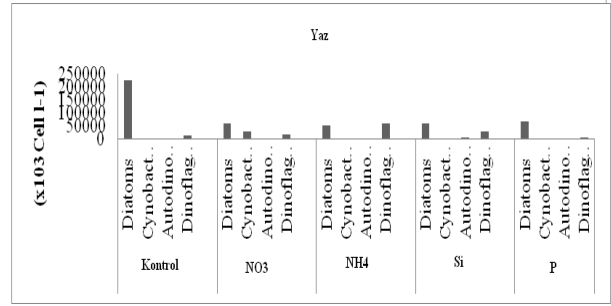
Fonksiyonel grupları ve iki deney setini dikkate aldığımızda; yeşil algler (*Chlorophyceae*) ve diatomların (*Bacillariophyceae*) tüm deneylerde temel olarak mevcut oldukları görülmektedir.



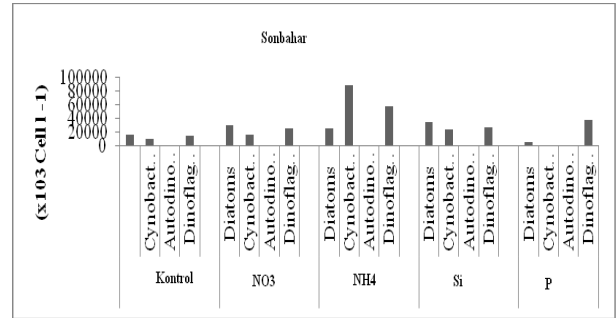
Şekil 7 Kış dönemi besin tüketimi oranı



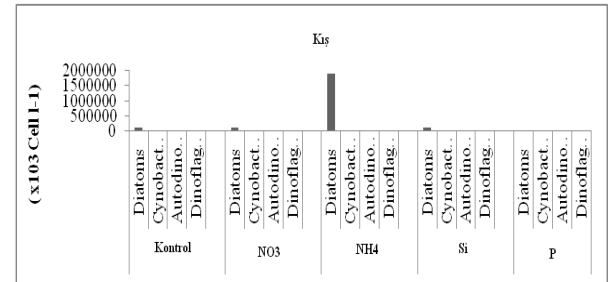
Şekil 8 İlkbahar döneminin taksonomik kompozisyonların hücre sayısı



Şekil 9 Yaz döneminin taksonomik kompozisyonların hücre sayısı



Şekil 10 Sonbahar döneminin taksonomik kompozisyonların hücre sayısı



Şekil 11 Kış döneminin taksonomik kompozisyonların hücre sayısı

## Tartışma ve Sonuç

Homa lagünündeki fitoplankterlerin besinlerle kontrol edilip edilemeyeceği ve NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, P veya Si gibi elementlerden hangilerinin ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında kısıtlayıcı olduğunu ortaya koymak amacıyla yapılmış olan bu çalışmada; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub>, Si ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> konsantrasyonlarında mevsimler arasında ciddi şekilde değişim olduğu gözlenmiştir (Şekil 3). Bu durum; lagünde mevsimlere bağlı olarak rüzgâr, yağmur, taze su akışı, deniz işgali ve su kolon katmanlaşması gibi hidrografik koşullardaki değişikliklerden kaynaklanıyor olabilir (Frisoni ve ark., 1986). Besin düzeyleri özellikle de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> şaşırtıcı bir şekilde yağışların zayıf olduğu Temmuz-Ağustos döneminde maksimum olmuştur. Yaz döneminde sıcaklığın artmasına paralel olarak bentik metabolizma uyarımı da artmış ve bunun sonucu olarak bakteriyel aktivite gelişmiştir. Fitoplankterlerin bahar çiçeklenmesinde amonyum kullanması nedeni ile amonyum konsantrasyonu ilkbahar ortalarında düşmüştür.

Amonyum konsantrasyonu maksimum seviyeye yaz mevsiminin sonunda ulaşmıştır. Yaz döneminde ise nitrat konsantrasyonunda belirgin bir artış gözlenmemiştir. Bununla beraber iki istasyondaki nitrat konsantrasyonları güz döneminin sonunda artmaktadır.

Homa lagününde fitoplankton büyüme oranını etkileyen nutrient nitrojen grubu olarak bulunmuştur. Diğer çalışmalarda da fitoplankton büyümesi üzerindeki nitrojen sınırlaması nehir ağız sistemlerinde ve özellikle de yaz boyunca yaygın şekilde gözlemlenmektedir (D'Elia ve ark., 1986; Rudek ve ark., 1991; Pennock ve Sharp, 1994). Kutlu ve ark., 2012 yaptığı çalışmada Homa lagününde fitoplankton gelişimini engelleyen besinin fosfor olduğunu tespit etmiştir. Si potansiyel sınırlayıcı besin iken N ve P'nin büyüme oranları üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Ault ve ark., 2000).

Yaz boyunca fitoplanktonların N ve P tarafından sınırlandırıldığı görülmektedir (Smith, 1984). Diyatomların ilkbahar boyunca uyarılmalarına artan su sıcaklığı ve tuzluluk gibi pek çok faktörün katkısı olabilir ve bu etkenler alglerin spesifik büyüme oranlarını geliştirebilmektedir. Hem laboratuvar hem de saha çalışmaları; diyatom büyümesinin her iki faktörün de yüksek değerleriyle artmakta olduğunu göstermiştir (Montagnes ve Franklin, 2001; Macedo ve ark., 2001). N besinlerinin her iki mevsimde de diyatom dinamiklerini etkileyen temel faktör olduğu görülmektedir. Nisan-Mayıs döneminde bazı ilave türlerin ortaya çıkması doğal suda N zenginliğinin artışının bir sonucu gibi görülmüştür. Aslında bu türler N yapay olarak eklendiğinde büyüme oranlarını artırma potansiyeline sahiptirler (N ve NH<sub>4</sub>).

Mevsimler arasında alg topluluklarındaki değişiklikler kimyasal, biyolojik ve fiziksel faktörlerdeki mevsimsel değişikliğin açık bir sonucudur (Levasseur ve ark., 1984; Berdalet, 1992; Kiorboe, 1993; Sommer, 1996; Macedo ve ark., 2001). Bizim çalışmamız besin ilavesini takiben alg topluluğu bileşimindeki değişikliği ortaya çıkarmıştır. Spesifik fitoplankton gruplarını ele aldığımızda diyatomlar (Bacillariophyceae) yaz haricinde fitoplankton biyokütlesinin temel bileşenidirler ve en çok da nehir ağızlarında yaygındırlar. Her ne kadar spesifik kompozisyonda mevsimsel değişiklikler gözlenmiş olsa da tüm deneylerde diyatomlar fitoplankton topluluğunun temel bileşeni olarak gözlenmiştir. Genel olarak diyatom büyümesi bazen üretken dönemde nitrojence sınırlandırılmıştır.

Diyatom büyümesindeki potansiyel N sınırlaması 2007 yılı yaz döneminde kanıtlanmıştı. N ve P'nin potansiyel ortak kısıtlamaları ise 2007 yılı ilkbahar-yaz geçişinde ve 2007 ilkbaharında gerçekleşmiştir. Diyatomlar en yüksek maksimum büyüme oranlarına sahiptirler (Sarhou ve ark., 2005) ve daha yüksek yüzey/hacim oranı nedeni ile besin alımında daha etkilidirler (Eppley ve ark., 1969). Tang (1995) allometrik modeline göre bu sıcaklıkta (20°C) bu boyuttaki diyatomlar için maksimum büyüme potansiyeli  $1,82d^{-1}$  dir ki bu da NP ( $1,74d^{-1}$ ) ve NPSi ( $1,61d^{-1}$ ) uygulamalarında ölçülen net büyüme değerlerinden çok az farklıdır. Bu sonuçlar göstermektedir ki diyatomlar N ve P tarafından birlikte sınırlandırılmaktadır ve artan besin alımı biyokütle birikimi ile sonuçlanmıştır (Malone ve ark., 1996).

Diyatom dinamikleri aynı zamanda Si mevcudiyetinden de etkilenebilmektedir (Conley ve

Malone, 1992; Conley, 2000, Dugdale ve Wilkerson, 1992; Carlsson ve Granéli, 1999). Çalışmamızda İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemlerinde ilave olarak *Navicula* sp., *N. clostretium* *Chaetoceros* sp. gibi türlerin de zenginleştirilmiş suda büyüdüğünün gözlemlenmesi bunu kanıtlar niteliktedir.

Dinoflagelatlar ilkbahar ve yaz döneminde algal topluluğun temel bileşenleridirler. Her iki mevsimde de dinoflagelatlar, diğer dinoflagelatlardan daha yüksek spesifik büyüme oranları ile bilinen ototropik türler *Prorocentrum normaniminum* tarafından domine edilmiştir (Grzebyk ve Berland, 1996). Diyatomlar gibi dinoflagelatlar da besinlerden etkileniyor görülmektedir. Türlerin çoğunun büyümesi ve biyokütlesi ilkbahar ve yaz dönemlerinde gelişmiştir ve en çok da yaz boyunca amonyum etkilemiştir. Bu belki de potansiyel yem olan diyatomların biyokütlesinin artmasına bir tepki olabilir (Jacobson ve Anderson, 1986; Hansen ve Calado, 1999). Bu deneysel sonuçlar doğal olaylar ile büyük örtüşme içindedir, nitekim yaz mevsiminin sıcak havası fitoplanktonda cyanobakteria çiçeklenmesini uyarmaktadır (Johnk ve ark., 2008).

### Kaynaklar

- Ault TR,- Velzeboer Zammit R. 2000. Influence of nutrient availability on phytoplankton growth and community structure in the Port Adelaide River. Australia: biossay assessment of potential nutrient limitation. *Hydrobiologia*.429: 89-103.DOI:10.1023/A:1004024630413
- Berdalet, E. 1992. Effects of turbulence on the marine dinoflagellate *Gymnodinium nelsonii* . *J. Phycol.* 28: 267–272.DOI: 10.1111/j.0022-3646.1992.00267.
- Berdalet E, Marrase C, Estrada M, Arin L, MacLean ML.1996. Microbial community responses to nitrogen- and phosphorus- deficient nutrient inputs: microplankton dynamics and biochemical characterization . *J. Plankton Res.*, 18: 1627–1641 .DOI: 10.1093/plankt/18.9.1627
- Carlsson P, Granéli E. 1999. Effects of N:P:Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea: II. Phytoplankton species composition. *Aquat. Microb. Ecol.* 18, 55–65.DOI:10.3354/ame018037
- Conley DJ, Malone TC. 1992. Annual cycle of dissolved silicate in Chesapeake Bay: implication for the production and fate of phytoplankton biomass . *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 81, 121–128..
- Conley DJ. 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia* 410: 87-96. DOI:10.1007/978-94-017-2163-9\_10
- Cottingham KL, Carpenter SR, Amand AN. 1998. Responses of epilimnetic phytoplankton to experimental nutrient enrichment in three small lakes. *J. Plankton Res.* 20: 1889–1914.
- D'elia CF; Sanders JG, Boynton WR. 1986. Nutrient enrichment studies in a coastal plain estuary: phytoplankton growth in large-scale continuous cultures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43, 397-406.
- DiTullio GR, Hutchins DA, Bruland KW. 1993. Interaction of iron and major nutrients controls phytoplankton growth and species composition in the tropical North Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 38: 495–508.
- Duarte C, Aristegui J, Gonzalez N, Agusti S, Anado'n R. 2001. Evidence for a heterotrophic subtropical NE Atlantic. *Limnol. Oceanogr.* 46: 425–428.
- Dugdale RC, Wilkerson F. 1992. Nutrient limitation of new production in the sea. In: Falkowski PG, Woodhead AD. (Eds.), *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum - New York, pp. 107–122.

- Elser JJ, And Kimmel BL. 1986. Alteration of phytoplankton phosphorus status during enrichment experiments: Implications for interpreting nutrient enrichment bioassay results. *Hydrobiologia*.133:217-222.
- Eppley RW, Rogers JN, McCarthy JJ.1969. Comparison of Half saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*: 14, 912-920.DOI: 10.1111/j.1529-8817.1969.tb02628.x
- Frisoni GF, Guelorget O, Pertuisot JP, Fresi E. 1986. Diagnose écologique et zonation biologique du lac de Bizerte. Application aquacoles, FAO. 41 pp.
- Granéli E, Wallström K, Larsson U, Granéli W, Elmgren R. 1990. Nutrient limitation of primary production in the Baltic Sea area. *Ambio.*, 19: 142–151 .
- Granéli E, Carlsson P, Turner JT, Tester P, Bechemin C, Dawson R, Funari E. 1999. Effects of N: P: Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea: I. Nutrients, phytoplankton biomass, and polysaccharide production. *Aquat. Microb. Ecol.* 18: 37–54. DOI:10.3354/ame018037
- Gobler CJ, Sañuado-Wilhelmy SA. 2001. Effects of organic carbon, organic nitrogen, inorganic nutrients, and iron additions on the growth of phytoplankton and bacteria during a brown tide bloom. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 209: 19–34.DOI:10.3354/meps209019
- Grzebyk D, Berland B. 1996. Influence of temperature, salinity and irradiance on growth of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea. *J. Plankton Res.* 18, 1837–1849 . DOI: 10.1093/plankt/18.10.1837
- Johnk KD, Huisman J, Sharples J, Sommeijer B, Visser PM, Stroom JM. 2008. Summer heatwaves promote blooms of harmful cyanobacteria . *Glob Chang Biol.*, 14:495–512. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01510.x
- Hansen PJ, Calado AJ. 1999. Phagotrophic mechanisms and prey selection in free-living dinoflagellates. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 146, 382–389. DOI: 10.1111/j.1550-7408.1999.tb04617.x
- Howarth RW. 1988. Nutrient limitation of net primary production in marine ecosystems. *Annu Rev Ecol* 19: 89-110 .
- Jacobson DM, Anderson DM. 1986. The ciliate heterotrophic dinoflagellates: feeding behaviour and mechanisms. *J. Phycol.* 22: 249–258.
- Kiorboe T. 1993. Turbulence, phytoplankton cell size and the structure of pelagic food webs. *Adv. Mar. Biol.* 29, 1–72.
- Kutlu B, Sunlu FS, Buyukisik HB. 2012. Carrying capacity of *Chaetoceros gracilis* in Homa Lagoon and the bay of Izmir. *African Journal of Biotechnology*, Vol.11: 3197-320. DOI: 10.5897/AJB10.2460
- Levasseur ME, Therriault JC, Legendre L. 1984. Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 19: 211–222 .
- Livingston RJ. 2002. Eutrophication Processes in Coastal Systems: Origin and Succession of Plankton Blooms and Effects on Secondary Production in Gulf Coast Estuaries. CRC Press- Boca Raton, FL .
- Macedo MF, Duarte, Mendes P, Ferreira JG. 2001. Annual variation of environmental variables, phytoplankton species composition and photosynthetic parameters in a coastal lagoon. *J. Plankton Res.* 23: 719–732. DOI: 10.1093/plankt/23.7.719
- Maranon E, Fernandez E, Anadon R. 1995. Patterns macromolecular sythesis by natural phytoplankton assemblages under changing upwelling regimes: in situ observations and microcosm experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 188:1-28. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)00177-F](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(94)00177-F)
- Malone TC, Conley DJ, Fisher TR, Gilbert PM, Harding LW, Sellner KG.1996. Scales of nutrient-limited phytoplankton productivity in Chesapeake Bay. *Estuaries* 19: 371-385.DOI:10.2307/1352457
- McComb AJ.1995. Eutrophic Shallow Estuaries and Lagoons. CRC Press - Boca Raton, FL.
- Montagnes DJS, Franklin DJ. 2001. Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: reconsidering some paradigms. *Limnol. Oceanogr.*, 46.
- Oviatt C, Doering P, Nowicki B, Reed, LJ, Frithsen C.J. 1995. An ecosystem level experiment on nutrient limitation in temperate coastal marine environments. *Marine Ecology Progress Series*, 116: 171–179.
- Pennock JR, Sharp JH. 1994. Temporal alteration between light and nutrient limitation of phytoplankton production in a coastal plain estuary. *Mar. Ecol. Prog.Ser.*111:257-385.DOI:10.1007/978-1-4899-0762-2\_62
- Pitcher GC, Bolton PC, Hutchings BL. 1993. The development of phytoplankton blooms in upwelled waters of the southern Benguela upwelling system as determined by microcosm experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 165: 171–189.[http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(93\)90104-V](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(93)90104-V)
- Rudek J, Paelr HW, Mallin MA, Bates PW.1991. Seasonal and hydrological control of phytoplankton nutrient limitation in the lower Neuse River Estuary, North Carolina. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 75: 133-42.
- Sakka A, Legendre L, Gosselin M, LeBlanc B, Delesalle B, Price NM.1999. Nitrate, phosphate, and iron limitation of phytoplankton assemblage in the lagoon of Takapoto Atoll (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). *Aquat. Microb. Ecol.*, 19: 149–16.DOI:10.3354/ame019149
- Sarthou G, Timmermans KR, Blain S, Tréguer P.2005. Growth physiology and fate of diatoms in the ocean: a review. *Journal of Sea Research*, 53: 25-42.<http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2004.01.007>
- Smith SV.1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. *Limnol Oceanogr.*, 29: 1149-1160.
- Sommer U. 1996. Nutrient competition experiments with periphyton from the Baltic Sea. *Mar. Ecol.- Prog. Ser.*, 140, 161–167.DOI :10.3354/meps140161
- Strickland JDH, Parsons TR.1972. A Practical Handbook of Seawater Analyses Canada. Fisheries Research Board of Canada.
- Tang EPY.1995. The allometry of algal growth rates. *Journal of Plankton Research*, 17: 1325 - 1335. DOI: 10.1093/plankt/17.6.1325
- Wood ED, Armstrong FAJ, Richards FA.1967.Determination of nitrate in seawater by cadmium-copper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Assoc.*, 47: 23–31.DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S002531540003352X>