DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI EKOSİSTEM KOŞULLARININ FİTOPLANKTON HÜCRE HACİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

S. Hamed ARMAN

Haziran, 2013

İZMİR

BAZI EKOSİSTEM KOŞULLARININ FİTOPLANKTON HÜCRE HACİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı

Canlı Deniz Kaynakları Progamı

S. Hamed ARMAN

Haziran, 2013

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SAYED HAMED ARMAN, tarafından **YRD.DOÇ.DR. CAN BİZSEL** yönetiminde hazırlanan **"BAZI EKOSİSTEM KOŞULLARININ FİTOPLANKTON HÜCRE HACİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Can BİZSEL

Yönetici

Prof.Dr. Tuncer KATAĞAN

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Hüseyin Avni Benli

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yol gösteren ve enstitüdeki tüm öğrenim sürecinde yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Kemal Can BİZSEL' e teşekkürlerimi sunarım.

İstatistik değerlendirmelerinde bilgilerini yorulmadan benimle paylaşan Sn.Sema ATIŞ' a teşekkür ederim.

Son olarak, tüm üniversite hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

S. Hamed ARMAN

BAZI EKOSİSTEM KOŞULLARININ FİTOPLANKTON HÜCRE HACİMLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ÖZ

Bu çalışmada farklı tiplerdeki çözünmüş organik maddelerin sucul çevredeki demir bulunabilirliğine olan etkileri ve fitoplankton biyovolümüne etkileri incelenmiştir. Araştırmada önceden dokuz farklı muameleye tabi tutulan Dactyliosolen fragilissimus, Guinardia delicatula, Heterocapsa triquetra, Nitzschia longissima ve Skeletonema costatum hücrelerinin, belli geometrik modeller ışığında, farklı günlerde biyohacim değerleri ölçülmüş, bu deney gruplarındaki üç farklı Çözünmüş Organik Madde tipine – Doğal Organik Madde ve Hümik Asit, Deferrioksiamin, L-lysine hydroxamate- ne tür tepkiler gösterdikleri açığa çıkarılmaya çalışılmıştır. Yapılan ölçümlerde, elverdiğince belli ölçüm standartlarına bağlı kalınmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan fitoplankton örnekleri, yakın tarihte yapılan bir mesocosm deneyi kapsamında, Trondheim-Norveç'ten toplanmıştır ve fikse edilmiştir. Deney sonucunda daha kapsamlı bir çalışma ile biyohacim-DOM etkileşimlerinin ortaya koyulabileceği gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Fitoplankton, biyohacim, DOM, diatom.

IMPACTS OF SOME ECOSYSTEM PROPERTIES ON PHYTOPLANKTON CELL VOLUMES

ABSTRACT

In this research, effects of different organic iron complexes on phytoplankton biovolume have been observed. Nine different treatments have been performed with Dactyliosolen fragilissimus, Guinardia delicatula, Heterocapsa triquetra, Nitzschia longissima and Skeletonema costatum. These phytoplankton cells biovolume values have ben calulated based on some standard geometric models in different days. Through these calculations, responses of these cells to three different Dissolved Organic Matter types – Natural Organic Material and Humic Acid, Desferrioxamine, L-lysine hydraxamate- were observed. Effort has been made for maintaining certain measurement standards on the survey, whenever possible. Samples that have been used in this study were collected and fixed in Trondheim-Norway, under another mesocosm experiment which's been executed recently. As for results, relations between species and treatments were found to be related, as well as distinctive.

Keywords: Phytoplankton, biovolume, DOM, diatom.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ vi
TABLOLAR LİSTESİ vii

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Fitoplankton Biyolojisi ve Ekolojisi 1
1.1.1 Diatomlar 1
1.1.2 Dinoflagellatlar 3
1.2 Fitoplankton ve Demir İlişkisi 4
1.3 Biyohacim ve Çevresel Kontrol 6
1.4 Boy Dağılımı 8
1.5 Büyüklük ve Nutrient Dağılımı 9
1.6 DOM 10
1.7 Fe Transferi 12
1.8 Deney Grupları ve Deneyin Amacı 13

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOD 15

BÖLÜM ÜÇ – BULGULAR 17

BÖLÜM DÖRT – TARTIŞMA VE SONUÇ 31

KAYNAKLAR 39

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Denizel çevredeki organik madde ayrışması için kullanılan boyut biyoreaksiyon modeline ait şematik diyagram..... 11
Şekil 1.2 Çevresel demirin siderofor yardımı ile alımının şeması. 13
Şekil 3.1 İkinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri 18
Şekil 3.2 İkinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri 18
Şekil 3.3 İkinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri..... 19
Şekil 3.4 İkinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri 19
Şekil 3.5 İkinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri 20
Şekil 3.6 Dördüncü gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri 20
Şekil 3.7 Dördüncü gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri..... 21
Şekil 3.8 Dördüncü gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri..... 21
Şekil 3.9 Dördüncü gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri..... 22
Şekil 3.10 Dördüncü gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri 22
Şekil 3.11 Yedinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri 23
Şekil 3.12 Yedinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri 23
Şekil 3.13 Yedinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri 24
Şekil 3.14 Yedinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri..... 24
Şekil 3.15 Yedinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri..... 25
Şekil 3.16 Onuncu gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri..... 25
Şekil 3.17 Onuncu gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri 26
Şekil 3.18 Onuncu gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri 26
Şekil 3.19 Onuncu gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri..... 27
Şekil 3.20 Onuncu gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri..... 27
Şekil 3.21 Onikinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri 28
Şekil 3.22 Onikinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri..... 28
Şekil 3.23 Onikinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri..... 29
Şekil 3.24 Onikinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri..... 29
Şekil 3.25 Onikinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri 30

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Treatmentlar ve açıklamalar. 16
Tablo 2.2 Fitoplanktonların sınıflandırması..... 16
Tablo 4.1 Dactyliosolen f. için biyohacim değişimleri. 36
Tablo 4.2 Guinardia d. için biyohacim değişimleri..... 36
Tablo 4.3 Heterocapsa t. için biyohacim değişimleri..... 36
Tablo 4.4 Nitzschia l.. için biyohacim değişimleri. 37
Tablo 4.5 Skeletonema c. için biyohacim değişimleri. 37

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Türkiye'de fitoplanktonlar üzerine geniş çaplı araştırma ve yayınlar bulunsa da, fitoplankton hücre hacmi sınırlı çalışılmış bir konudur. Hücre hacmi hesaplamaları genellikle çalışmaların bütününe katkı sağlayacak bir gereç olarak ortaya çıkmaktadır. Hücre karbon miktarı ile birlikte biyokütle hesaplaması (Polat, 2002), yine biyokütle verileri ile trofik durumun incelenmesi (Demir, Fakıoğlu ve Meriç, 2008), klorofil-a miktarları ile birlikte zooplankton yoğunluklarının tahmini (Tüzün, Başaran, İnce Yılmaz ve Soyupak, 2009), biyohacim verilerinden faydalanılan çalışmalara örnek teşkil etmektedir.

1.1 Fitoplankton Biyolojisi ve Ekolojisi

1.1.1 Diatomlar

Diatomlar alglerin büyük bir koludur ve fitoplankton türleri arasında en sık görülen gruptur. Çoğu diatom türü tek hücrelidir koloniler halinde de mevcutturlar ve bu koloniler filament, yıldız gibi bir çok şekilde olabilir. Diatom hücreleri kendilerine özgü silikattan oluşan bir duvarla çevrilidir. Bu yapı şeklen çeşitlilik gösterse de çoğunlukla simetriktir ve boyut olarak eşit olmayan valflerden meydana gelir. Diatom komüniteleri şimdiki ve geçmişteki çevresel şartları izlemede popüler bir gereçtir. 200' den fazla genus ve 100,000' den fazla tür ile temsil edilirler ve küresel olarak okyanuslarda, tatlısularda bulunabilirler. Çoğunluğu pelajik, bazıları bentik olarak yaşar. Okyanustaki birincil üretimin %45' ini gerçekleştirdikleri için büyük önem arz ederler. Diatomlar heterokonttur ve karotenoid fukosantin gibi renk pigmentleri içerirler. Yoğun hücre duvarı yapısı çökmeye elverişlidir ve çoğu hareketsizdir; ışık alan bölgelerde kalabilmeleri rüzgar ile üst su tabakasında etkili olan türbülansa bağlıdır. Hücre duvarını oluşturan biyojenik silikat, silisik asit monomerlerinin polimerizasyonu ile hücre içinde sentezlenir. Valfler birbiri üzerine kapanacak şekildedir. Belli bir boyuta ulaşan hücreler ikiye bölünerek çoğalır ancak bu zaman içerisinde küçülmeye neden olur. Eşeyli üreme ile Okzospor oluşturularak

meydana getirilen daha büyük hücreler bu kaybı telafi ederler. Diatomların ayrışması sonucunda organik ve inorganik sediman meydana getirir. Okyanus tabanında biriken bu bileşen geçmişteki denizel çevreler önemli bilgiler sunar. Diatomlar Sentrik (radiyal simetrik) ve Pennat (bilateral simetrik) olarak iki sınıfa ayrılırlar. Büyüklükleri genellikle 2-200 μm arasında değişir.

Planktonik tatlısu ve tuzlusu diatomları tipik olarak hızlı bir şekilde çoğalır ve azalırlar. Üst su katmanında nütrient ve ışık şartları uygun olduğunda patlama (blooming) yaparlar ve fitoplankton komünitelerini domine ederler. Bu yüksek büyüme hızı nedenle r-stratejist olarak adlandırılırlar. Nütrientlerin tükenmesi gibi şartlar olumsuz hale geldiği zaman müsilaj salgısı yaparak birleşirler ya da dinlenme halinde spor oluştururlar. Bu sayede çökme oranlarını artırır ve üst katmanı terk ederler. Daha derin sularda ya da sığ deniz tabanında şartlar tekrar uygun hale gelinceye dek beklemeye geçerler. Nihai olarak dikey karışım sonucu nütrientlerle beraber üst katmana geçerler. Upwelling harici açık okyanusta bu döngü yıllıktır ve diatomlar bahar ve yaz aylarında yaygındırlar. Diatom patlamalarını sınırlayan bir diğer faktör silikon azalmasıdır; diğer nütrientlerin farklı olarak bu sadece diatomlara özgü temel bir gereksinimdir ve plankton ekosisteminde nitrojen ya da fosfor kadar etkili bir şekilde yenilenemez. Bu durum yüzey nütrient konsantrasyonu haritalarında da görülebilir, tabakalardaki nütrient zamanla azaldıkça öncelikle silikon tükenir - bunu nitrojen ve fosfor takip eder. Patlama ve sonrasında çökme döngüleri nedeniyle diatomların, okyanus üzeyinden salınan karbon salınımında önemli bir yere sahip olduğuna inanılmaktadır. Ek olarak okyanustaki silikonun biyojeokimyasal düzenlenmesinde anahtar rol üstlenirler. Egge ve Aksnes (1992) yaptıkları çalışmalarda mezokozm komünitelerindeki diatom baskınlığının direkt olarak silisik asidin bulunabilirliği ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır; konsantrasyon 2 mmol m^{-3} büyük olduğunda diatomlar fitoplankton komünitelerinin %70' ini oluşturmaktadır. Silikonun avantajlarına bağlı kalmadan de tipik olarak diatomlar, ilgili boydaki diğer alglere oranla yüksek büyüme oranlarına sahiptir (Round, Crawford ve Mann, 1990).

1.1.2 Dinoflagellatlar

Dinoflagellatlar, flagellat protistlerin büyük bir koludur. Çoğunluğu denizel planktondur ancak tatlısu habitatlarında da sık görülürler. Popülasyonları sıcaklığa, tuzluluğa (salinite) ve derinliğe bağlı olarak dağılım göstermektedir. Çoğu dinoflagellat fotosentetik olarak tanımlanmalarına karşın geniş bir grup miksotrofiktir; fotosentez ile birlikte av sindirimi de mevcuttur (Guiry, 2012). Tür sayısı olarak denizel ökaryotlar içerisinde büyük bir grup oluştursalar da bu grup diatomlardan büyük değildir. Son çalışmalarda 1,555 dinoflagellat türü olduğu ortaya çıkmıştır (Gomez, 2005). Bazı türler denizel hayvan türleriyle endosimbiyont olarak yaşar ve mercan resiflerinin biyolojisinde önemli rol oynar. Parazitik olarak bilinen bir kaç tür de mevcuttur (örn: Oodinium, Pfiesteria). Bazı dinoflagellatlar hayat döngülerinin bir parçası olarak dinlenme safhasında ürerler ki bunlara 'dinoflagellat kisti' ya da 'dinokist' adı verilir.

Dinoflagellat hücrelerinin ventral kısmında, birisi enlemesine ve kurdele benzeri çok dalgalı, diğeriyse uzunlamasına ve konvansiyonel, aynı olmayan iki flagel mevcuttur. Flagel hareketi hücreye ileri itiş ve dönüş kabiliyeti kazandırır. Hücreler 'amfiezma' ya da 'korteks' adı verilen yapılarla kaplanmıştır. Bu yapılar selüloz tabakalarla birlikte 'teka' adı verilen zırh benzeri yapılar oluştururlar. Teka, dinoflagellat türüne göre farklı şekil ve düzenlemeler gösterir. Teka levhalarının yerleşimine 'tabulasyon' adı verilir. Çoğu fotosentetik tür klorofil-a, c2, karotenoid, ve sadece dinoflagellatlara özgü ksantofiller içerir. Bu pigmentler karakteristik altın-kahverengini verir. Dinoflagellatlar haplontik yaşam döngüsü sürdürürler; üreme çoğunlukla bölünme vasıtasıyla eşeysizdir. Parazitik formlarda hayat döngüsü daha komplekstir. Eşeyli üreme küçük bir kısım dinoflagellat türünde görülür; iki farklı birey zigotu meydana getirirler ve eğer hareketliyse 'planozigot' adını alır. Zigot daha sonra dinlenme fazına geçebilir ki bu durumda ise 'hipnozigot' adını alır; bunlara 'dinoflagellat kisti' ya da 'dinokist' adı verilir. Kist, çimlenmeden önce ya da sonra mayoz bölünme ile yeni haploid hücreler meydana getirir. Dinoflagellatlar karakteristik lipidler ve steroller üretirler. 18'den fazla genus dinoflagellat lusiferaz

enzimi ve klorofil kökenli lusiferin tetrapirol halkası ihtiva eder ve biyolüminesans gerçekleştirir. Biyolüminesans, bir savunma mekanizması olarak kullanılmaktadır.

Dinoflagellatlar bazen milimetrede bir milyondan fazla hücre konsantrasyonu ile patlamalar yapar. Bazı türler saksitosin gibi felç edici nörotoksinler üretir; patlamalardaki yüksek miktar balık ölümüne yol açabilir ve midye gibi filtreleme yoluyla beslenen ve insanlar tarafından tüketilen organizmalarda birikebilir. Patlamanın yaşandığı bölgedeki su kırmızı rengi aldığından bu olaya 'Red Tide' adı verilir. Red Tide, sudaki nütrient konsantrasyonlarının bolluğunda hızlı bir şekilde üreme sonucu meydana gelir. İnsan kaynaklı fosfat girdisi bu olaya pozitif etki eder (Spector, 1984).

1.2 Fitoplankton ve Demir İlişkisi

Demir, anoksik evrim sürecinde Fe bakımından zengin ortamda, mikroorganizmalar (fitoplanktonlar) tarafından fotosentetik ve solunum fonksiyonları için geniş çapta kullanılmıştır (Morel, Rueter ve Price, 1991); "Demir, biyokimyasal kataliz için şüphesiz en önemli ve çok yönlü iz elementtir." (s.56).

Demirin oksidasyon özellikleri, elektron transferini katalize etmek için bu elementi elverişli kılmaktadır. Diğer mikroorganizmaların yanı sıra fitoplanktonlar için önemli olmasının diğer bir sebebi nitrojen türevlerini dönüştürme fonksiyonudur. Anoksik ortamdan oksik ortama geçişte demir elementinin hali değişime uğramış, Fe(III) formatına geçmiştir. Demirin bu formda çözünme özelliği ortadan kalktığından, canlı hücreye geçiş, demir kompleksleri vasıtasıyla gerçekleşmiştir. Siderofor adı verilen düşük molekül ağırlıklı bileşikler, evrim sürecinde karasal bakteriler tarafından sentezlenmiş, ortamdaki demir komplekslerinin taşıyıcı proteinler vasıtasıyla membrandan hücre içerisine alımı gerçekleşmiştir (Neilands, 1991). Fitoplanktonlarda demir gereksinimi ise farklı stratejilerle giderilmektedir. 1) Hücre yüzeyinde, sudaki demirin, membrana bağlı molekül ile bileşik yaparak hücre içerisine geçişi ile (Hudson ve Morel, 1990), 2) Fe-Siderofor şelatlarının alınımı ile, 3) Hücredışı dönüştürme ile, 4) Yüksek miktarda

demir alınımı ve depolanması ile, (Wells, Price, Bruland, 1995). Yapılan eski tarihli çalışmalarda kolloid demirin algler için kullanılabilir olduğu öne sürülmüşse de (Goldberg, 1952), sonrasında demirin inorganik formlarının kullanıldığı fikri yaygın kabul görmüştür. Yine de belirtmek gerekir ki demirin deniz suyundaki bulunabilirliği ve kimyası, bilim çevrelerince uzun süredir süregelen bir tartışma konusudur (Wells ve diğer., 1995). Son çalışmalar göstermiştir ki yüzey suyundaki çözünmüş demir tamamına yakını organik bileşiklerle bağlıdır ve organik demir şelatlayıcıların konsantrasyonu, çözünmüş demir konsantrasyonundan çok daha yüksek seviyelerdedir. Bununla birlikte bu durumdaki demir, sadece demir alınımı için özelleşmiş sistemler geliştirmiş mikroorganizmalar için kullanılabilirdir (Lewandowska ve Kosakowska, 2004).

Deniz ortamında bulunan Fe konsantrasyonu bölgesel olarak değişiklik göstermektedir. Fitoplanktonlar düşük Fe konsantrasyonlu bölgelerde hayatta kalmak adına iki farklı strateji uygulamaktadırlar; demir alımını artırmak ve demir ihtiyacını en aza indirgemek. Demir ihtiyacını asgariye çekmek adına organizmaların izledikleri yol, boyutlarını küçük tutmaktır. Gerçekten de yapılan çalışmalarda, HNCL sularda küçük boyutlu ve hızlı bölünen fitoplankton türleri dominant bulunmuştur (Morel, Rueter ve Price, 1991).

HNCL (High Nutrient , Low Chlorophyll) bölgeler: Karakteristik olarak, deniz suyunda sürekli halde başlıca nutrient bileşiklerini (Nitrojen ve Fosfor) yüksek konsantrasyonlarda ihtiva eden ancak biyokütle değerleri düşük bölgeler.

Yürütülen laboratuvar ve saha çalışmaları göstermektedir ki; demirin bulunabilirliği, prodüktivite, tür kompozisyonu ve deniz ve okyanuslardaki plankton komünitelerinin hemen hemen tamamının trofik yapısını kontrol etmektedir. Gerek belli denizel alg türleri üzerinde yapılan araştırmalar ile, gerekse okyanusta gerçekleştirilen orta ölçekli araştırmalar ile elde edilen çok sayıda kanıt, sınırlayıcı demir hipotezini desteklemektedir (Lewandowska ve Kosakowska, 2004). Denizel ortamın yüksek alkaliklik ve yüksek salinite özelliklerinden kaynaklı olarak, bulunabilir demir fitoplankton komüniteleri için kati olarak sınırlıdır. Bundan dolayı

organizmaların biyokimyasal ve fizyolojik fonksiyonları üzerinde hayati bir etki taşır. Daha da açmak gerekirse fotosentetik elektron transferi, respirasyon, klorofil sentezi, nitrat ve nitrit redüksüyonu, nitrojen fiksasyonu, sülfat dönüşümü, reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonu, Fe bağlantılıdır (Milligan ve Harrison 2000). Demir konsantrasyonu düştükçe hücre büyüme hızı, klorofil a ve ortalama hücre hacmi düşmektedir (Sunda ve Huntsman, 1995).

1.3 Biyohacim ve Çevresel Kontrol

Fitoplanktonlar, fotoototrof canlılar içerisinde, küresel olarak binlerce, yerel komünitelerde ise yine çok yüksek sayıda tür barındıran ayrı bir canlı grubudur. Fotosentetik yol ile atmosferdeki inorganik karbonu uzaklaştırmaktadırlar. Buna mukabil denizlerdeki fitoplankton komünitelerinin kompozisyonlarına etki eden çevresel faktörler hakkındaki bilgiler, iklim değişikliklerinin okyanustaki birincil üretimi ve karbon biyojeokimyasını ne şekilde etkilediğine dair değerli ipuçları sunabilir (Mutshinda, Troccoli-Ghinaglia, Finkel, Müller-Karger ve Irwin, 2013). Organizmaların boylarının, tüm trofik seviyelerde besin zincirinin uzunluğunda, enerji transferinin ekolojik verimliliğinde ve en üst trofik seviyedeki organizmaların çeşitleri üzerinde belirleyici bir faktör olabileceği Brooks tarafından öne sürülmüştür (Brooks ve Dodson, 1965). Parsons ve Takahashi, belirleyici çevresel faktörleri şu şekilde gruplamıştır; 1) Hücreye giren Nitrat ve Amonyak oranı, 2) Suyun ortadan kalkma kofaktörü, 3) Katışık katman derinliği, 4) Işık yoğunluğu, 5) Fitoplanktonların çökme oranı, 6) Suyun vektörel yükselme (upwelling) hızı (Parsons ve Takahashi, 1973). Ek olarak daha güncel araştırmalar ile bilinmektedir ki; parlaklık, sıcaklık, salinite (tuzluluk), pH ve nitrat, fosfat ve silisik asit şeklinde örneklendirebileceğimiz makronütrientlerin konsantrasyonu, fitoplankton biyokütlesi, üretimi (prodüktivite) ve komünitelerin yapısı için potansiyel düzenleyicilerdir (Mutshinda ve diğer, 2013). Bahsi geçen faktörlerdeki değişimlerin ise, zaman ve mekana bağlı olarak hem doğal olarak, hem de antropojenik faaliyetlerle gerçekleşmesi, bu değişimlerin fitoplankton komünitelerinin yapısı üzerindeki sonuçlarını anlamak ve değerlendirmek için adına ilgi çekicidir.

Fitoplankton komüniteleri, kaynak bulunabilirliği (Grover, 1997), otlamaya (grazing), viral ve parazitik saldırılara bağlı ölüm oranındaki çeşitlilik (Alpine ve Cloern, 1992; Mühling, Fuller, Millard, Somerfield, Marie ve Wilson, 2005) gibi büyümeye etki eden düzenleyicilerin etkisi sonucu büyük çeşitlilik göstermektedir (Matsushinda ve diğer, 2013). Kaynak bulunabilirliği rekabet konusunu da beraberinde getirmektedir ve çevresel faktörler içerisinde değinilmesi yerinde olacaktır. Kaynaklar, popülasyon büyümesine pozitif katkıda bulunan, aynı zamanda bu süreçte tüketilen birimlerdir (Grover, 1997) ve biyotik ve abiyotik olarak sınıflandırılabilir. Rekabet ise iki ya da daha fazla birey veya popülasyon arasındaki karşılıklı negatif etkileşimlerdir. Bu karşılıklı etkileşimler popülasyon seviyesinde büyüme oranlarında azalmaya sebep olur. Bu olay aynı kaynakların tüketilmesinden doğabilir ki bu durumda terim 'kaynak rekabeti' adını alır. Farklı fitoplankton büyüme oranlarının rekabetçi avantajlarını ve farklı nütrient konsantrasyonlarının bahsi geçen büyüme oranları üzerinde belirleyici olabileceği ilk olarak Dugdale (1967) tarafından tartışılmıştır; ayrı türlerin nütrient alımının doğal ortamdaki, Michaelis-Menten sabiti ile tanımlanmış nütrient konsantrasyonları ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür.Michaelis-Menten Sabiti (kinetiği); biyokimyada enzim reaksiyon hızını betimleyen denklemdir.

V=Reaksiyon Hızı, K=Michaelis Sabiti olmak üzere;

$$v = \frac{d[P]}{dt} = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]}.$$

Eppley tarafından yapılan çalışmalarda ise bir fitoplankton hücresinin belli bir büyüme hızı ile doğal olarak ortamda bulunan nütrient konsantrasyonları arasındaki yakın ilişkiye dair kanıtlar sağlanmıştır (Eppley, Rogers ve McCarthy, 1969; Eppley ve Thomas, 1969). Diğer bir araştırmada ise, büyük boydaki fitoplanktonların büyümesinin, küçük boydaki fitoplanktonlara oranla daha hızlı gerçekleşmesinin, sadece yüksek ışık yoğunluğu ve yüksek nütrient konsantrasyonuna sahip bölgelerde mümkün olduğu tespit edilmiştir (Parsons ve Takahashi, 1973).

Fitoplanktonların deviniminde fiziksel faktörlerin etkisini üzerine yapılan çalışmalarda (Levasseur, Therriault ve Legendre, 1984), bu devinime etki eden faktörlerin ehemmiyetleri arasında bir hiyerarşi mevcuttur. Buna göre en önemli faktör; karışık su tabakalarındaki nütrient sınırlamalarını belirleyen ve buna bağlı olarak belli bir büyüme oranı yelpazesini belirleyen su sütununun kararsızlaşma frekansıdır. Bunu karışım tabakasındaki ortalama ışık yoğunluğu takip etmektedir; solar radyasyona ve yoğunluğa bağlı tabakalaşma döngüsüne bağlı olarak, diatom mevcudiyeti ya da yokluğu bu faktör tarafından belirlenir. Son olarak sıcaklık döngüsü metabolik faaliyetler için optimal şartları belirler. Fitoplankton devinimindeki bu hiyerarşik kontrol, fiziksel çevredeki uzun süreli yüksek veya düşük frekanslı düzensizliklerin, nihai olarak komünite ya da tür değişimlerine yol açacağı fikri (Harris, 1980) ile örtüşmektedir.

1.4 Boy Dağılımı

Birincil üreticilerin boyları ya da büyüklükleri denizel çevrede önemli bir ekolojik özelliktir. Fitoplankton boy dağılımı, daha geniş kapsamlı olarak besin zinciri dinamikleri, biyolojik yapı ve deniz ekosistemlerinin ekolojik verimliliği üzerinde daha belirgin bir etki göstermektedir (Takahashi ve Bienfang, 1983). Giriş seviyesindeki enerji sabitleyicilerin herhangi bir ekosistemin kimyasal ve fiziksel karakterini yansıttığına inanılmaktadır (Eppley ve diğer., 1969). Yani bir ekosistemin kimyasal ve fiziksel özellikleri, fitoplanktonların boy dağılımında kontrol edici faktörlerdir. Kabul edilen örnekleme göre mikrobiyal besin ağı, küçük boyutlu ototrofik organizmaların, büyüklüklükleri farklı diğer fitoplanktonlarla karşılaştırıldığında daha bol bulunduğu katmanlı ve oligotrofik sularda baskın gelmektedir (Arin, Moran ve Estrada, 2002). Buna karşın turbulent ve nütrient bakımından daha zengin bölgelerdeki herbivor besin ağlarında, daha büyük boydaki gruplar başarılıdır (Steele, 1974).

Fitoplankton boy dağılımı genellikle klorofil-a ya da karbon birimleriyle ifade edilmektedir. Alboran Denizi' nde yaptığı çalışmalarında Arin (2002), deniz hidrografisinin fitoplankton boy dağılımını yansıttığını belirtmiştir. Yine bu

çalışmada, en büyük boydaki grupların, yüksek hidrodinamizm ve nütrient konsantrasyonu içeren bölgelerde bulunduğu, merkezdeki oligotrofik sularda ise daha küçük boydaki organizmaların baskın olduğu belirtilmiştir. Diğer bir araştırmada (Takahashi ve Bienfang, 1983); subtropikal sulardaki fitoplankton biyokütlesinin önemli bir kısmının aşırı küçük hücrelerden meydana geldiği gözlemlenmiştir.

1.5 Büyüklük ve Nütrient Alımı

Fitoplankton boyundaki varyasyonlar, biyokimyasal kompozisyon, metabolizma, büyüme ve yitim (atılma) süreçlerini doğrudan etkilemektedir; boyutları daha küçük algler, daha yüksek fotosentez ve büyüme oranları elde ederler. Buna ek olarak her bir biyokütle birimi başına düşen nütrient taşınması daha süratlidir (Hein, Pedersen, Sand-Jensen, 1995). Nitrojen, alg metabolizması için anahtar bir elementtir zira algal proteinlerin ve enzim katalizör kapasitesinin bileşenlerinden biridir. Ek olarak büyümeyi ve biyokütleyi sınırlar. Bu durumdan dolayı hem yüksek hem de düşük konsantrasyonlarda dış çevreden nütrient alabilme yeteneği besinsel ekolojide önemli bir özelliktir. Hein ve diğer., (1995) yüzey alanı/hacim oranı tabanında (SA:V) yaptıkları araştırmada, nitrojen alımındaki devinimlerin (kinetik) mikro ve makroalgler arasında ciddi farklılık gösterdiğini kanıtlamışlardır. Yine aynı çalışmada görülmüştür ki mikroalglerde azami amonyum ve nitrat alımı makroalglerden önemli ölçüde yüksektir. Hem büyük ve hem de küçük boyutlu alglerdeki nitrojen devinimindeki bu farklılıkların, yüzey alanındaki boyut değişimine özgü farklılıklara bağlı olduğu ortak görüştür. Çünkü inorganik nütrientlerin alg metabolizmasına kullanılabilir olması için, diğer kaynakların aksine yüzey üzerinde taşınması gerekmektedir. Hücrelerin sınır tabakasının kalınlığı, boyutla doğru orantılı olarak artmaktadır (Hein ve diğer., 1995). Buna bağlı olarak yüksek yüzey alanı oranlı (SA:V) türlerin küçük olanlara göre daha ince sınır tabakasına sahip olmaları beklenmelidir. Bu da düşük substrat konsantrasyonlarında difüzyona bağlı sınırlamaya maruz kalmaya yol açmaktadır.

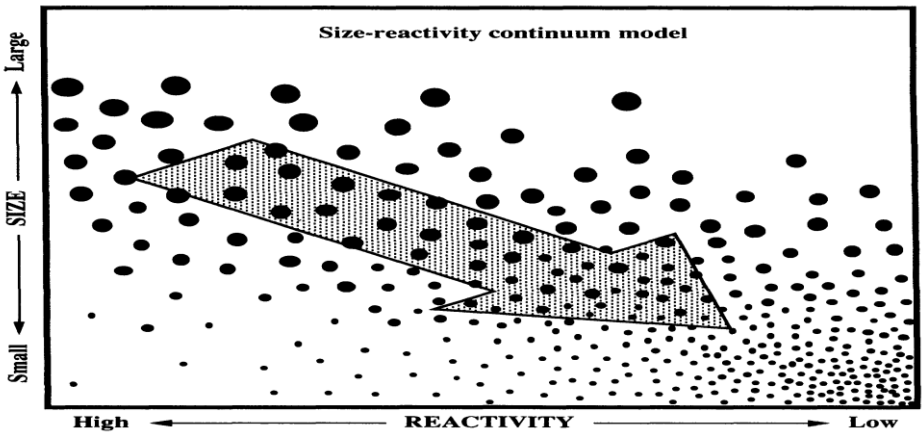
Kullanılabilir nitrojen düşük olduğunda, yüksek yüzey/hacim oranı, yüksek kaynak kazancı ve yüksek büyüme hızının küçük boyutlu alglere rekabet üstünlüğü sağladığı sıklıkla dile getirlimiştir (Eppley ve diğer., 1969; Laws, 1975; Malone, 1980; Schlesinger, Molot ve Shuter, 1981). Ancak düşük nitrojenli şartlar altında,yüksek biyokütleye özgü alım kapasitesi tek başına, küçük alglerin bolluğunu garanti edemez, çünkü bolluk tek başına kaynak alımından başka birçok çevresel sürece bağlıdır. Herhangi bir alg türünün başarısı ve bolluğu, son tahlilde; nütrient alımı, nütrient gereksinimleri ve otlamaya bağlı büyüme hızı/kaybı tarafından belirlenecektir.

1.6 DOM

Marine Dissolved Organic Matter – Denizel Çözünmüş Organik Madde; deniz suyundaki farklı kökenli moleküllerin kompleks bir karışımıdır ve tüm dünya okyanuslarında mevcuttur. Birbirinden ayrı moleküllerin konsantrasyonu düşük olsada deniz suyunda yüzlerce farklı tip molekülün olması ve okyanusların büyük hacmi, küresel olarak büyük bir cansız organik madde rezervuarını meydana getirmektedir. Toplam çözünmüş madde miktarı genel olarak gözenek açıklığı 0,5 mikrondan küçük filtrelerden geçen deniz suyundaki organik karbon ile ölçülür.

DOM, küresel karbon döngüsü ve denizel besin zinciri için önem ihtiva eder. Işık girginliğini, deniz yüzeyinde gaz değişimini ve iz metallerin ve diğer nütrientlerin biyotaya erişimini etkiler. Deniz suyundaki çözünmüş organik karbon miktarı, atmosferik karbondioksitte bulunan karbon miktarına yakındır (Farrington, 1992). Bu nedenle denizel DOM üretimini etkileyen faktörleri anlamak, küresel karbon döngüsü ve iklim değişimi adına büyük önem arz eder. Fitoplanktonlar, birincil denizel çözünmüş organik madde kaynaklarıdır. DOM, üç farklı mekanizma ile fitoplanktondan salınır; büyüme süresince doğrudan hücredışı salınım, otlayıcılar tarafından gerçekleştirilen avlanma (predasyon) süresince salınım ve hücrelerin viral yıkım süresince salınım. Denizel DOM azalmasındaki birincil mekanizma ise heterotrofik bakterilerin tüketimidir. Karbon ve ilgili elementlerin DOM' dan bakteriye geçişi, okyanustaki mikrobiyal besin zincirinin temelini teşkil eder.

Hesaplamalara göre fotosentez sırasında fikse edilen karbon miktarının yarısı DOM vasıtasıyla bu besin zincirine dahil olmaktadır. Bahsi geçen biyolojik süreçler ve DOM döngüsü su sütununda en hızlı, fotosentez için yeterli güneş ışığının mevcut olduğu ilk yüz metre içerisinde gerçekleşir. Denizel çözünmüş organik maddenin büyük kısmı üst okyanusta yani yaklaşık olarak 1000m derinlikte üretilir ve tüketilir. Derin okyanusta bulunan çözünmüş karbon miktarı, yüzeydeki konsantrasyonun yarısı kadardır (Benner, 2006). DOM'un mikrobiyal çapta kullanılabilir hale getirilmesinde etkili olan faktörün molekül ağırlığı ve büyüklüğü olduğu sıklıkla dile getirilmiştir. Saunders (1976) geliştirdiği model ile basit organik moleküllerin en hızlı (bir kaç saat içerisinde) ayrıştığını göstermiştir. Fitoplankton kökenli yüksek molekül ağırlıklı (HMW – High Molecular Weight) organik bileşenlerin ayrışması bir kaç gün ila hafta arasında değişirken, diğer HMW' lerde bu süre bir kaç ay veya daha fazlası ile ifade edilmektedir. Her ne kadar bu model genel kabul görse de yapılan bazı çalışmalarda bazı HMW bileşenlerinin de bakteriler tarafından hızlı işlendiği gözlenmiştir (Amon ve Benner, 1996). Yine aynı çalışmada, kaynakları ve kompozisyonları değişik DOM'lar barındıran belli çevre şartlarında, yüksek molekül ağırlıklı çözünmüş organik karbonun biyotepkime havuzun, düşük ağırlıklı olanlara oranla daha geniş olduğu tespit edilmiştir.



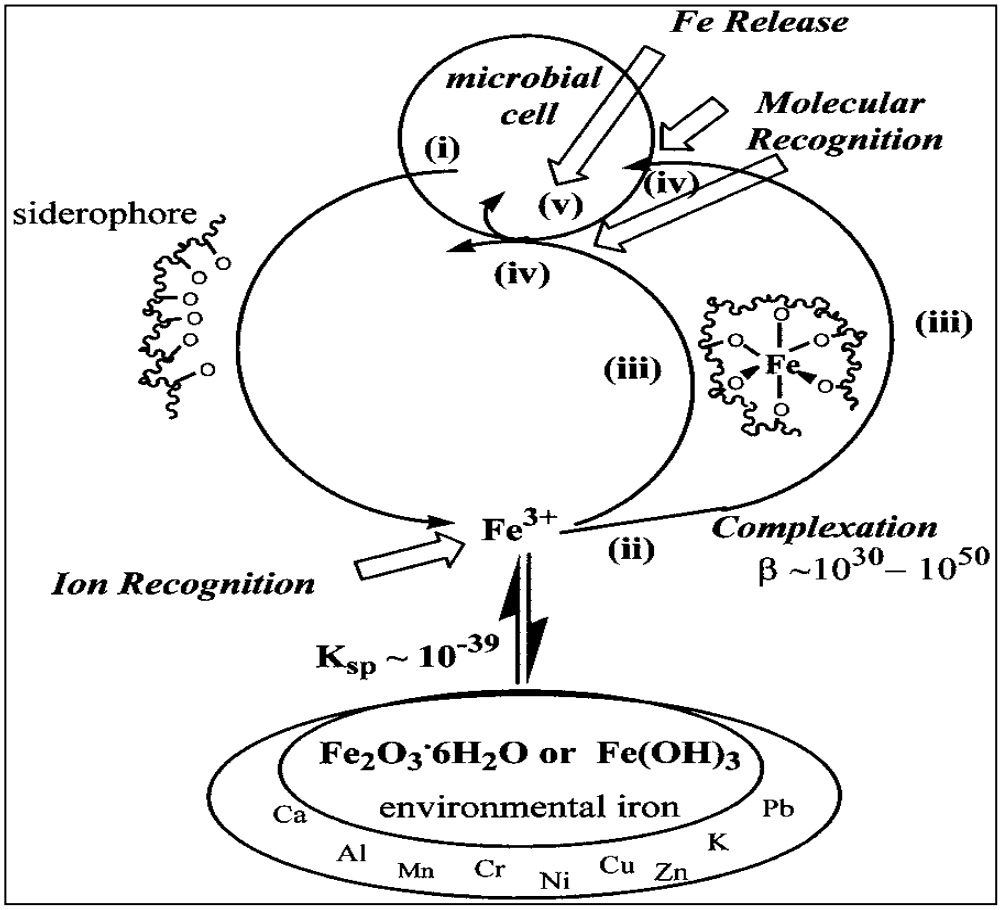
Şekil 1.1 Denizel çevredeki organik madde ayrışmasını için kullanılan boyut-biyoreaksiyon modeline ait şematik diyagram. (Amon ve Benner, 1996)

1.7 Fe Transferi

Mikrobiyal demirin bulunabilirliği ağırlıklı olarak, çevresel demir hidroksitlerini çözebilen ve hücre büyümesi için uygun bir alandaki çözünmüş demir konsantrasyonlarını sağlayabilen şelatlayıcı ajanlar tarafından kontrol edilmektedir (Boukhalfa ve Crumbliss, 2002). 'Siderofor' adı verilen bu şelatlayıcılar, demir hidroksitlerinin düşük çözgenliği sonucu oluşan düşük demir bulunabilirliği ile baş etmek adına bakteriler ve diğer mikroorganizmalar tarafından sentezlenmektedir. Sideroforlar seçici olarak demir taşımasına ve hücre içinde depolanmasına aracılık ederler. Bu başlık altında incelenmesini faydalı görülen diğer bir madde hümik asittir. Öne sürülen sav, hümik asidin demiri bitki ve mikroorganizmalar için daha bulunabilir hale getiren kompleksleyici bir ajan olduğudur; gerçekten de yapılan çalışmalarda demir hümatın büyümeyi artırdığı ancak bu etkinin demirsitrat komplekslerinin belirleyiciliğinden az olduğu görülmüştür (Goldberg, 1952).

Demirin sucul çevredeki kimyası büyük oranda düşük çözünürlüklü hidroksit türleri tarafından belirlenir. Sucul aerobik şartlar altında demir 3+ halde yükseltgenmiş şekilde bulunur. Sideroforlar demir hidroksitlerini çözebilirler ya da ligand değişim reaksiyonları vasıtası ile inorganik ligandlardan veya diğer organik şelatlayıcı ajanlardan zayıf bağlı demiri edinebilirler. Fe(III) halde başka ligandlar tarafından şelatlanmış demiri almak için sideroforların Fe(III) yatkınlığının (afinite) yüksek olması gerekmektedir. Hekzadentat sideroforların çoğu hidrokamat veya katekolat temellidir ve yüksek Fe(III) yatkınlığı gösterirler. Bu duruma örnek teşkil edebilecek bir siderofor olan Deferrioksiamin üç adet hidroksamat ünitesine sahiptir ve demir ile yüksek koordinasyon sağlar. Hexadentat sideroforlar Fe(III) bağlama özelliği bakımından bidentat analoglara göre daha yüksek yatkınlık gösterirler. Ek olarak, hidrofilik karakterinden dolayı Fe(III)-siderofor kompleksleri basit difüzyon işlemi ile hücre membranından geçemez. Bu yüzden reseptörler vasıtasıyla aktif taşıma devreye girer; siderofor kompleksleri hücre membranında tanındıktan sonra, demirin bu siderofor ligandından ayrışması gerekir. Bu ligand alışverişi reaksiyonları, sideroforların Fe(III) seçiciliğinden ve yatkınlığından ötürü canlı doku

dışında genellikle yavaştır. Bu da düşük konsantrasyonlarda dahi demirin in vivo alımını kesinleştirir (Boukhalfa ve Crumbliss, 2002).



Şekil 1.2 Çevresel demirin mikrobiyal hücreler tarafından siderofor yardımı ile alımının şeması. (i) hücre tarafından sentezlenen ve salınan siderofor ligandı, (ii) Fe^{3} iyon tanınması ve kompleks hale getirilmesi, (iii) hücre yüzeyine difüzyon, (iv) siderofor kompleksinin hücre yüzeyindeki reseptörler tarafından moleküler tanınması, (v) hücre içerisine demir salınımı (Boukhalfa ve Crumbliss, 2002).

1.8 Deney Grupları ve Deneyin Amacı

Çalışmada, Norveç-Trondheim' da toplanan örnekler üzerinden yürütülen Mesocosm araştırmasındaki deney grupları temel alınmıştır (Bizsel ve diğer., 2010). Deneyin amacı, özellikle kıyısal deniz suyundaki çözünmüş madde miktarındaki değişimlerin, ekosistemde belirleyici bir faktör olan demir elementinin bulunabilirliğine edeceği etkilerin, fitoplankton hücre hacmini ne şekilde etkilediğini gözlemlemektir.

Bu etkiyi gerçekleştirebilmek için üç farklı tip DOM kullanılan çalışmada toplam 9 adet deney grubu oluşturulmuştur. Bu gruplardan bir tanesi (T4) kontrol grubudur ve her hangi bir ekleme yapılmadan tamamen doğal haldeki faaliyetlerin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bir diğer deney grubunda (T9), nitrojen, fosfat ve silikon gibi makro nütrient eklentisi yapılmıştır. Bu eklentideki karışımda mevcut olan DOM ve demir miktarı doğal konsantrasyonlardadır. Amaç, ortamdaki demir bulunabilirliğini etkileyebilecek fazladan bileşiklerin etkisini hariç tutarak, yüksek besin eklentisine verilecek hacimsel yanıtları saptamaktır. Diğer üç deney grubunda her birinin redoks potansiyeli ve demir bağlayıcı özellikleri birbirinden farklı olan Deferrioksiamin (T2), L-lysin hidroksamat (T1) ve Hümik Asit (T6) eklentileri mevcuttur. Bu üç DOM'un her birisinin demir çözme gücü birbirinden farklıdır, dolayısıyla beklenti, her birinin demir bulunabilirliğini farklı etkilemesidir. Kontrol grubu hariç diğer deney gruplarında (T3, T5, T7 ve T8) yukarıda sayılan eklentilerin aynısı tek bir farkla uygulanmıştır; bu gruplarda fazladan demir eklentisi de yapılmıştır. DOM+Fe komplekslerinin demir alımına etkisinde fitoplaktonlar arasında fark olacağı düşünülmüştür.

BÖLÜM İKİ
MATERYAL VE METOD

Deneyde her deney grubuna ait birbirine eşdeğer iki yan uygulama yapılmıştır. Amaç, stabil sonuçlar elde etmek değişimlerin güvenilirliğini sağlamaktır. Biyovolüm ölçümlerinde, her fitoplankton türü için uygun görülen geometrik modeller temel alınmıştır; Dactyliosolen fragilissimus, Guinardia delicatula ve Skeletonema costatum için silindir, Heterocapsa triquetra için çift koni, Nitzschia longissima için paralelogram tabanlı prizma (Hillebrand, Dürselen, Kirschtel, Pollingher ve Zohary, 1999). Belirtilen modellerdeki uzunluk, çap gibi değerler interfaz mikroskop yardımı ile dahili oküler mikrometre ile ölçülmüştür. Ölçülen biyohacim değerlerinin değişimleri tek ve çift yönlü ANOVA analizleriyle kontrol edilerek, deneydeki deney guplarına ait sonuçların güvenilir olup olmadığı test edilmiştir.

Mesocosm deneyinde (Bizsel ve diğer., 2010) uygulanan treatment sayısı toplam dokuzdur. Bu çalışmada dokuz treatment replikatına ait altı farklı günde alınan örnekler incelenerek, standart sapmayı mümkün olduğunca düşürmek ve tutarlı bir veri seti oluşturmak adına, seçilen her türe ait minimum otuz bireyden ölçüm alınması hedeflenmiştir. Ancak gerek treatmentlarda kullanılan bileşiklerin etkilerinden, gerekse örneklerin toplandığı ve tespit edildiği tarihten itibaren geçen zamanda fiziksel koşulların da etkisiyle hücrelerin parçalanmasından ötürü, her numunede bu rakama ulaşılamamıştır. Hatta bazı numunelerde belli türlere hiç rastlanmamıştır. Elde edilen veriler, geometrik modellere uygun hacim formülleri ile hesaplanarak μm^3 cinsinden biyovolüm verilerine dönüştürülmüştür. 105 numunede ölçülen frekans şu şekildedir: Dactyliosolen f.: 95, Guinardia d.: 94, Heterocapsa t.: 93, Nitzschia l.: 76, Skeletonema c.: 44. DOM eklentileri, zamanla oluşabilecek biyokimyasal ayrışma ve metamorfoz süreçlerini en aza indirgemek adına birinci, üçüncü, beşinci ve yedinci günlerde farklı dozlarda uygulanmıştır (Bizsel ve diğer., 2010).

Tablo 2.1 Treatmentlar ve açıklamalar.

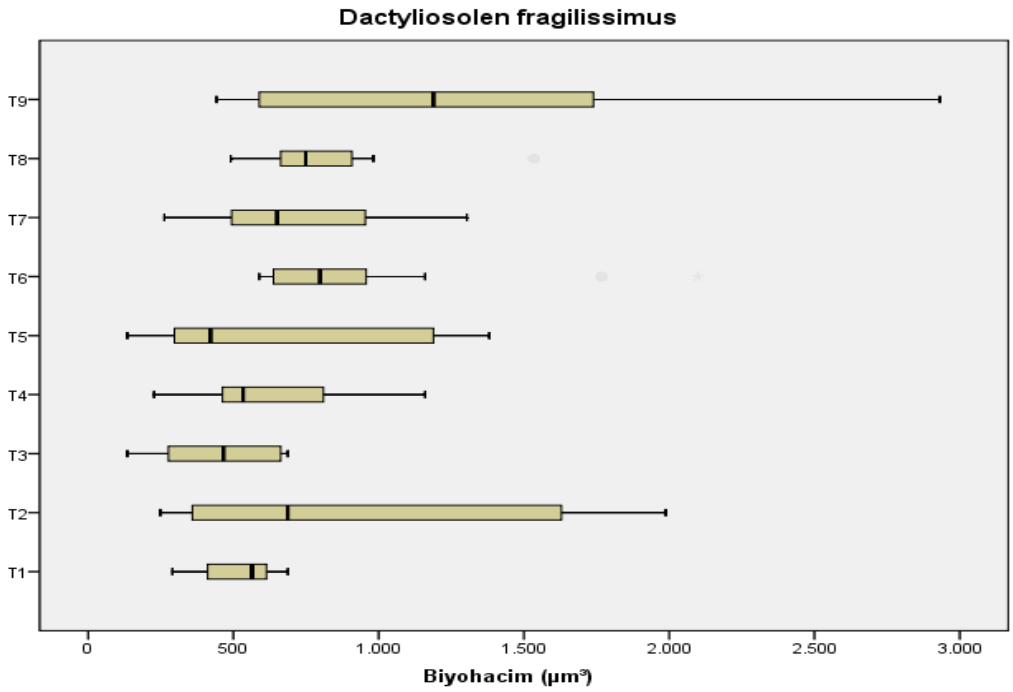
Kontrol	Herhangi bir eklenti yapılmamıştır.
nDOM-nFe	Macro Nutrients (Doğal DOM ve Fe seviyeleri ile)
+ Fe	Macro Nutrients + Fe
NOMHA	NOM (Doğal Organik Materyal) ve HA (Hümik Asit) karışımı
NOMHA+Fe	NOM,HA ve Fe karışımı
L-Lys	L-lysine hydroxamate
L-Lys+Fe	L-lysine hydroxamate + Fe
Def	Deferrioksiamin
Def+Fe	Deferrioksiamin+Fe

Tablo 2.2 Fitoplanktonların sınıflandırması.

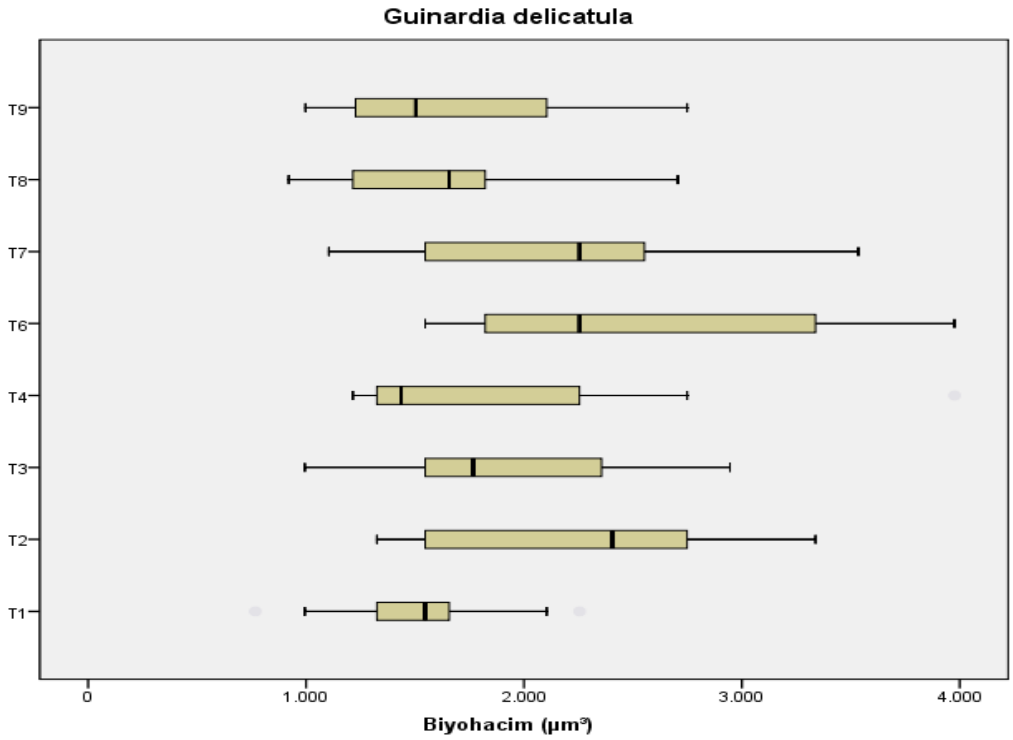
Kingdom	Chromista				
Subkingdom	Harosa				
Infrakingdom	Heterokonta				Alveolata
Phylum	Ochrophyta				Myzozoa
Subphylum	Khakista				Dinozoa
Infraphylum	-				Dinoflagellata
Class	Bacillariophyceae				Peridinea
Subclass	Coscinodiscophycidae			Bacillariop*	Peridinoidia
Superorder	Rhizosolenianae		Thalassiosiranae	Bacillariop**	-
Order	Rhizosoleniales		Thalassiosirales	Bacillariales	Peridiniida
Family	Rhizosoleniaceae		Skeletonemaceae	Bacillariaceae	Peridinii***
Genus	Dactyliosolen	Guinardia	Skeletonema	Nitzschia	Heterocapsa
Species	Dactyliosolen *fragilissimus* (Bergon) Hasle,1996	Guinardia *delicatula* (Cleve) Hasle,1997	Skeletonema *costatum* (Ehrenberg) F.Stein,1883	Nitzschia *longissima* (Brébisson) Ralfs,1861	Heterocapsa *triquetra* (Greville) Cleve,1873
*	Bacillariophycidae				
**	Bacillariophycanae				
***	Peridiniidaincertaesedis				

BÖLÜM ÜÇ
BULGULAR

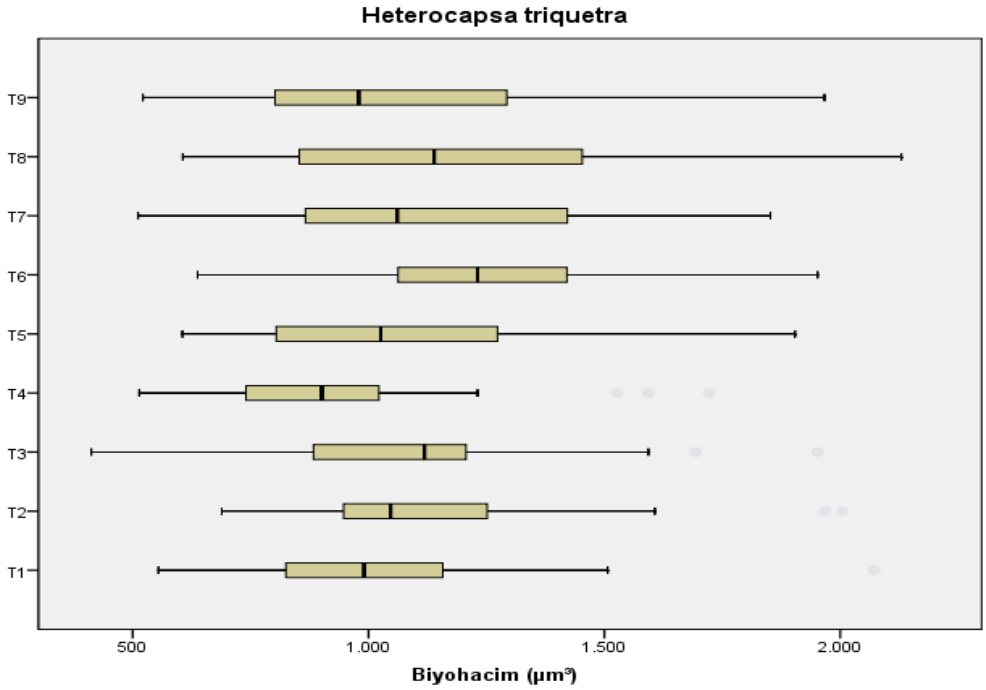
Dactyliosolen f.'a ait veriler incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir; Lysin uygulamalarını karşılaştırdığımızda, Fe ilavesi olan Lys+Fe deneyinde örneklerin biyovolüm ortalaması 58µm³ artarken, paralel uygulamada bu değer 326µm³'' tür. NOMHA uygulamasında Fe ilaveli uygulamada paralel üzerinden gözlenen değerlerde ise 297µm³ artış mevcuttur. Orjinal uygulama verileri üzerinden defferioksin deneyleri incelendiğinde, sadece Def uygulamasında 482µm³ gibi ciddi bir biyovolüm düşüşü gözlenmektedir. Def+Fe uygulamasında bu düşüş 343µm³'tür. Paralel uygulamada ise kontrol grubu ile Def grupları arasındaki fark 52µm³'' tür. Orjinal verilerde en büyük biyovolüm artışı nDOM+nFe uygulamasında (80µm³), paralel verilerde NOMHA+Fe uygulamasında (420µm³) gözlenmiştir. Orjinal verilerde en küçük biyovolüm artışı NOMHA uygulamasında (54µm³), paralel verilerde L-Lys uygulamasında (77µm³) gözlenmiştir. Guinardia delicatula'ya ait veriler incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir; orjinal uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 1804µm³ (NOMHA), en düşük biyovolüm artışı 687µm³'tür (Def). Paralel uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 1862µm³ (NOMHA+Fe), en düşük biyovolüm artışı 132µm³'tür (L-Lys). Heterocapsa t.'ya ait veriler incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir; orjinal uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 44µm³ (.+Fe), en düşük biyovolüm artışı 43µm³' tür (NOMHA). Paralel uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 322µm³ (.+Fe),en düşük biyovolüm artışı 18µm³' tür (nDOM-nFe). Nitzschia longissima'ya ait veriler incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir; orjinal uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 174µm³ (nDOM-nFe), en düşük biyovolüm artışı 46µm³'tür (.+Fe). Skeletonema costatum'a ait veriler incelendiğinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir; orjinal uygulama verilerinde en yüksek biyovolüm artışı ortalama 236µm³ (nDOM-nFe), en düşük biyovolüm artışı 45µm³'tür (NOMHA). Aşağıda günlük hücre hacmi değişimlerine ait ortalamalar mevcuttur. Veri bulunamayan deney grupları temsil edilmemiştir, ayrıca bazı hacim ortalamaları arasındaki fark çok fazla olduğundan gerekli yerlerde biyohacim değerleri logaritmik 10luk tabanda ifade edilmektedir.



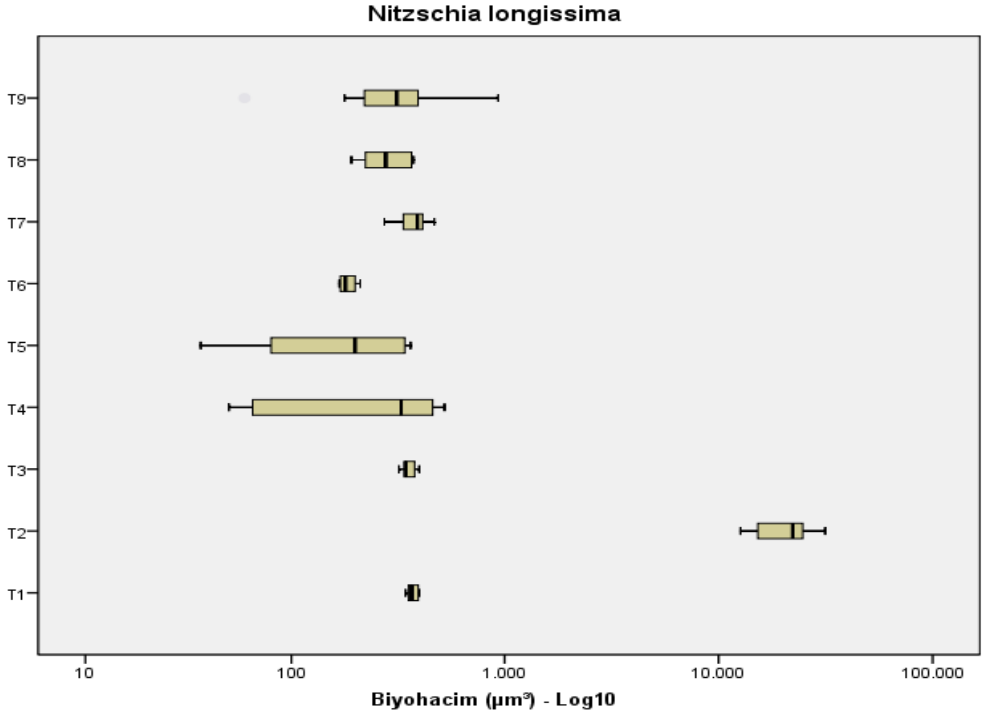
Şekil 3.1 İkinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri.



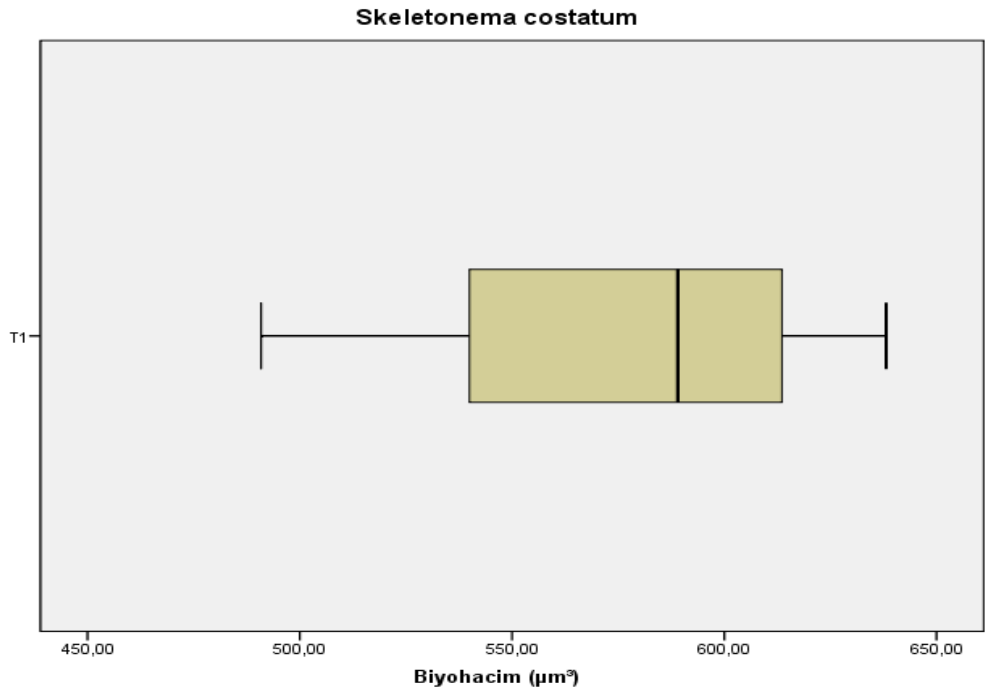
Şekil 3.2 İkinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri.



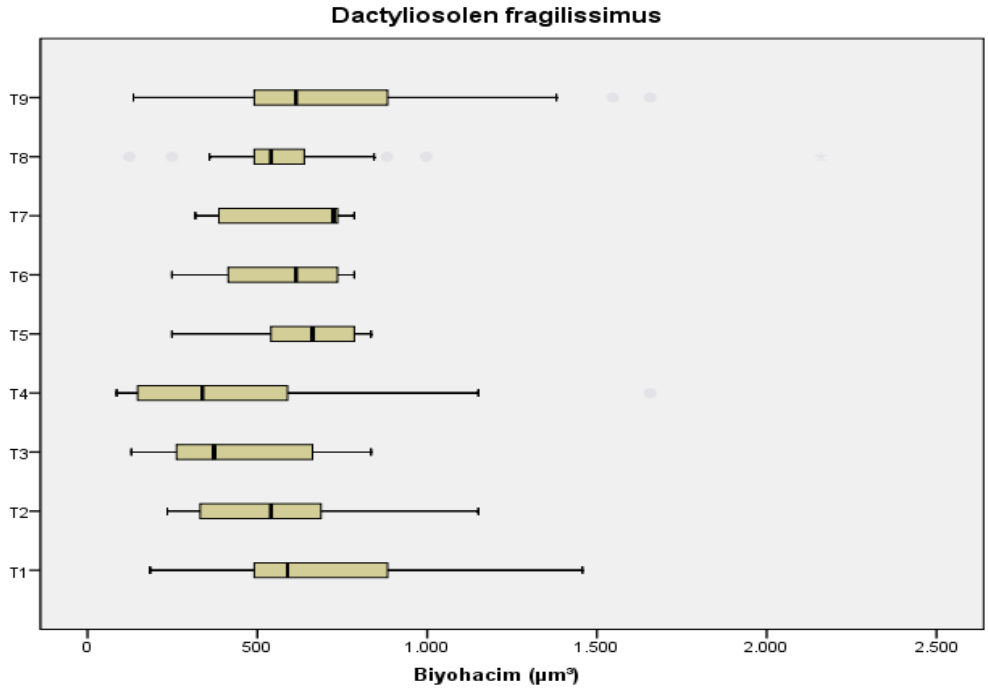
Şekil 3.3 İkinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri.



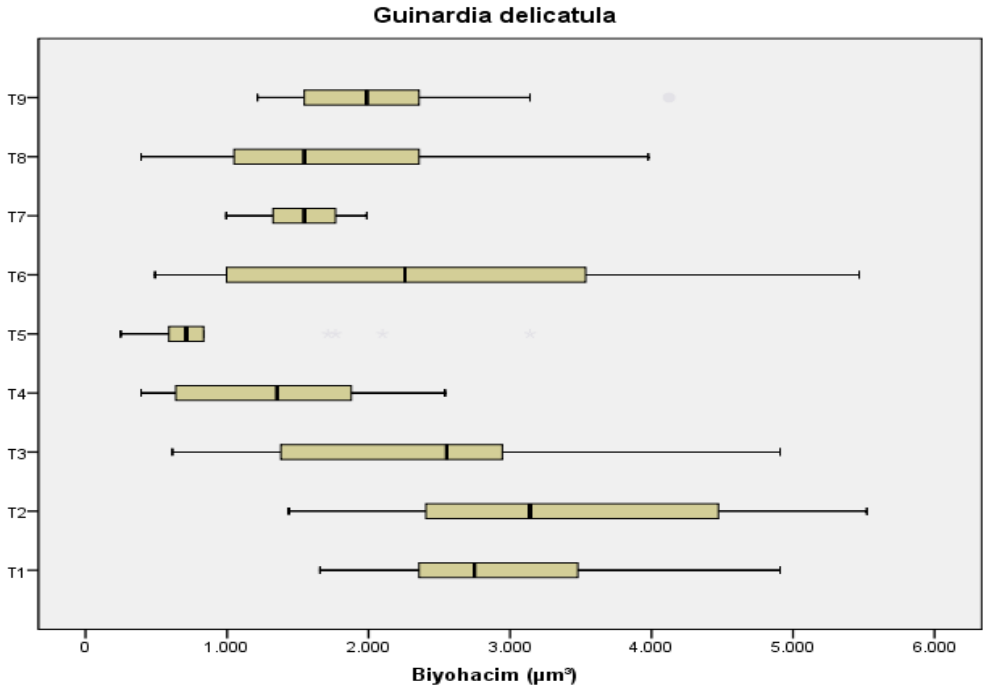
Şekil 3.4 İkinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri.



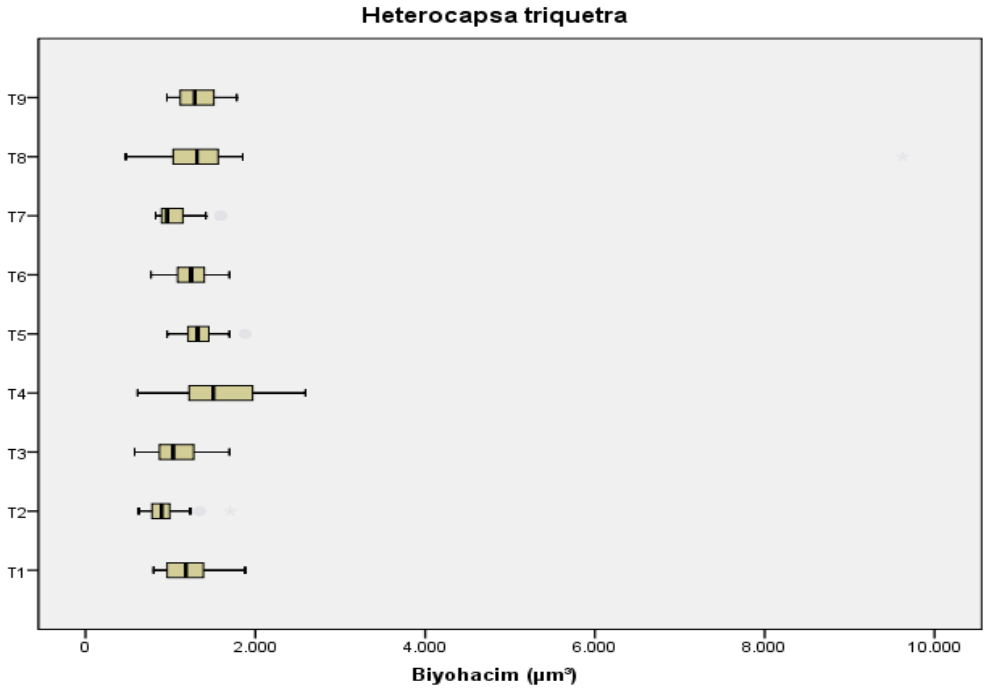
Şekil 3.5 İkinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri.



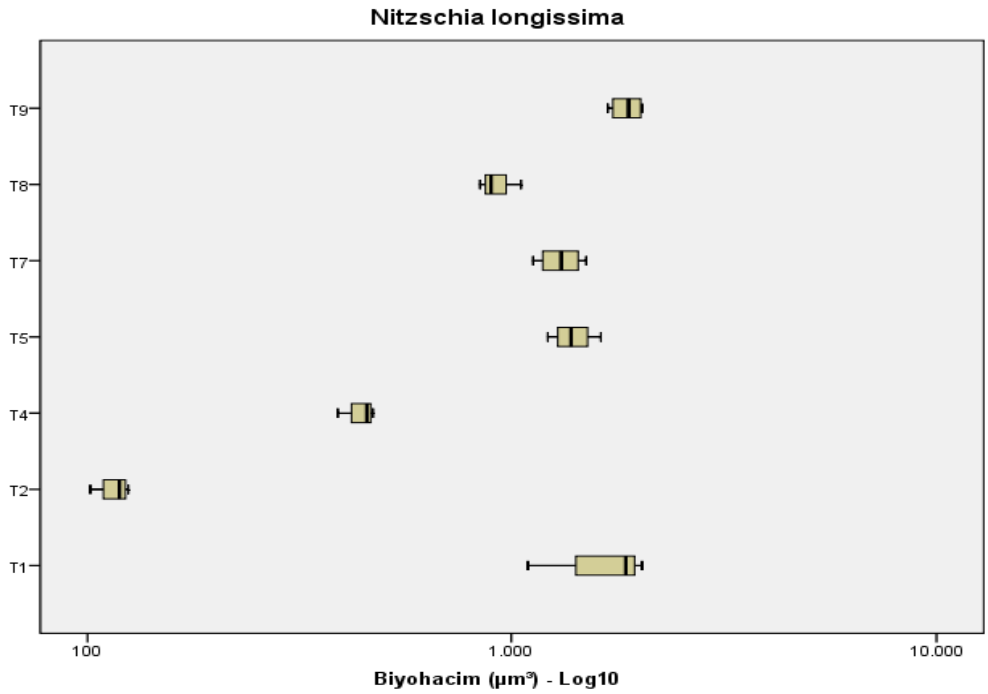
Şekil 3.6 Dördüncü gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri.



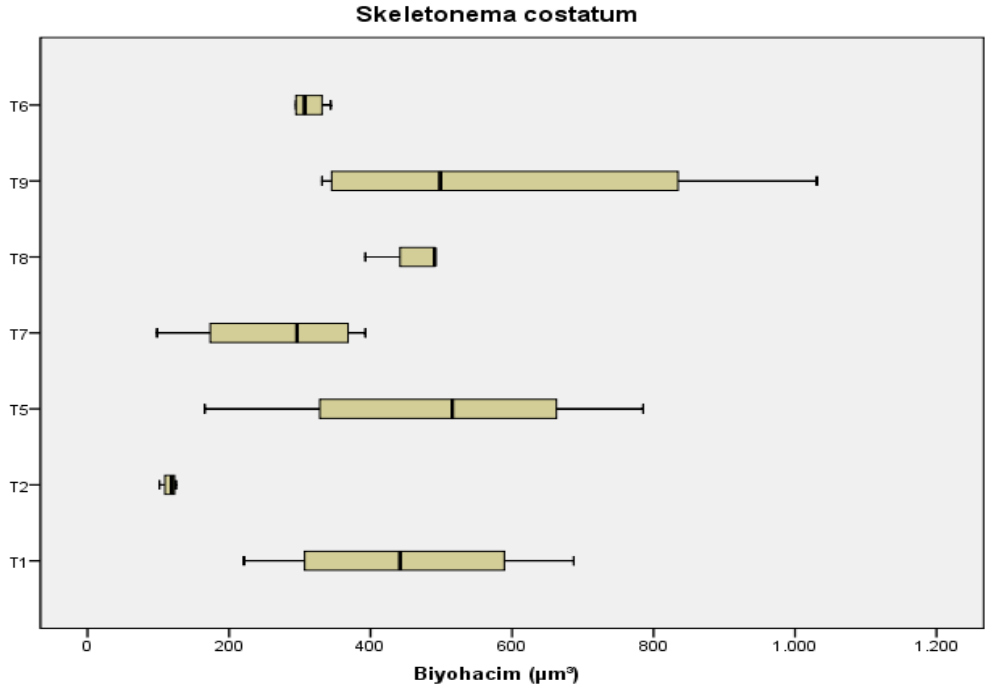
Şekil 3.7 Dördüncü gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri.



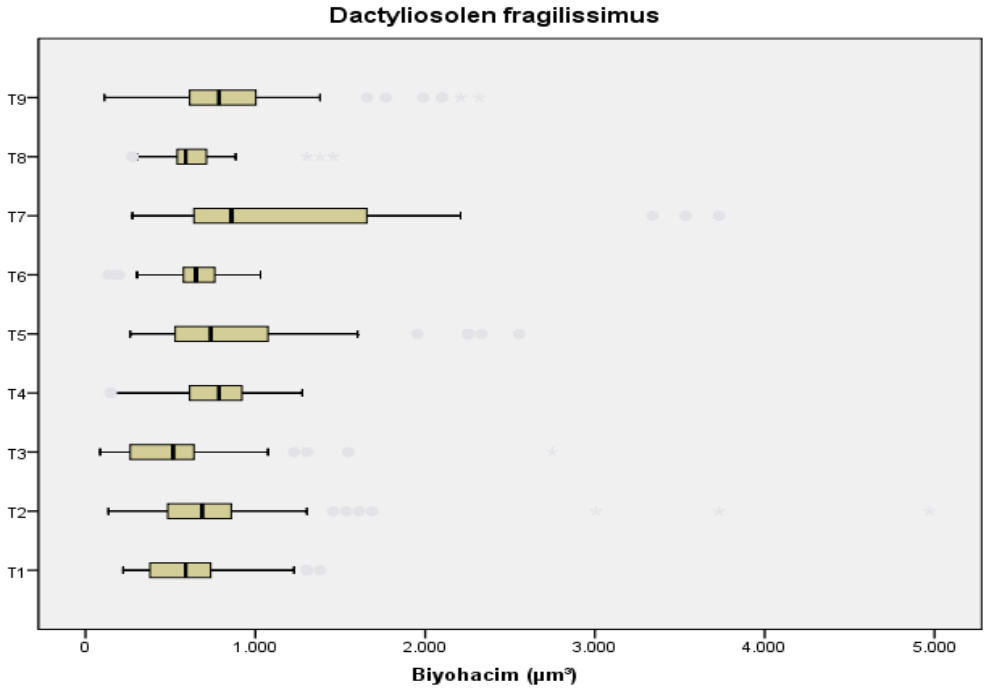
Şekil 3.8 Dördüncü gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri.



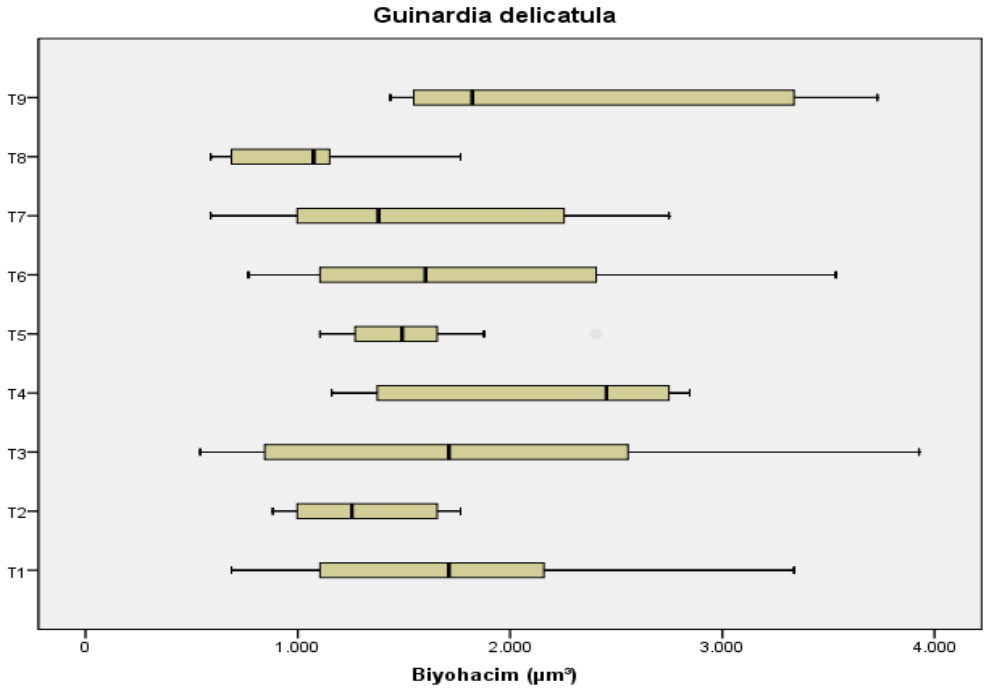
Şekil 3.9 Dördüncü gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri.



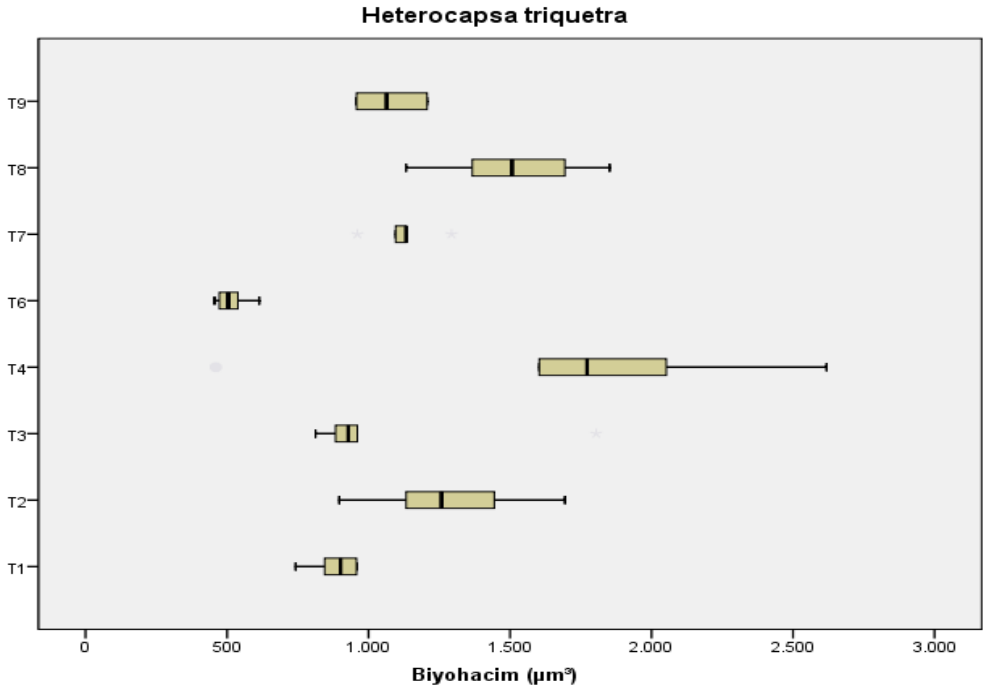
Şekil 3.10 Dördüncü gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri.



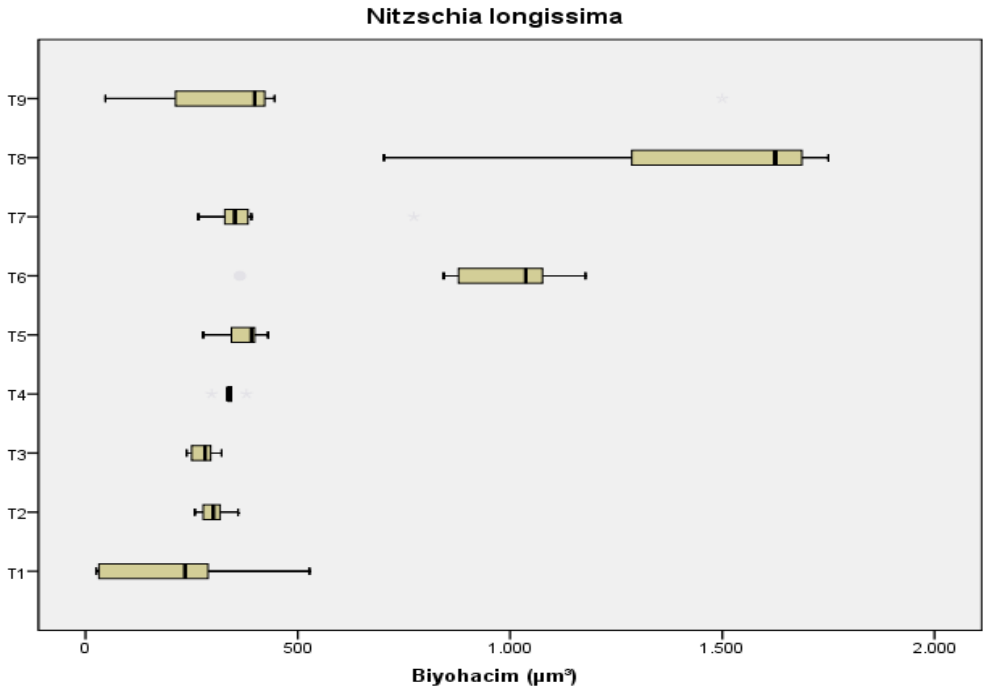
Şekil 3.11 Yedinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri.



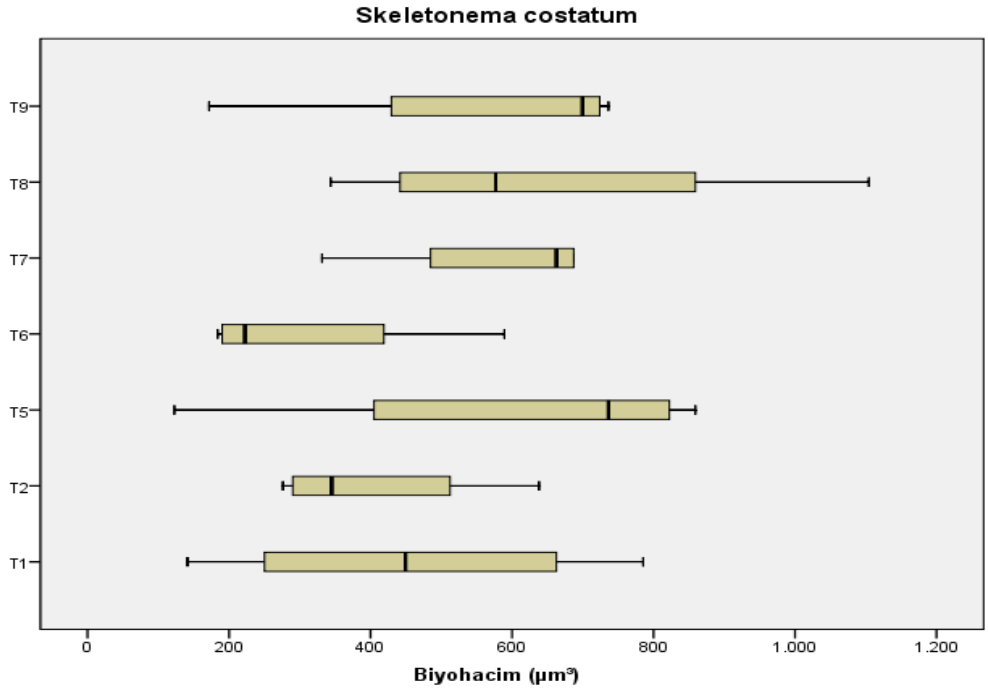
Şekil 3.12 Yedinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri.



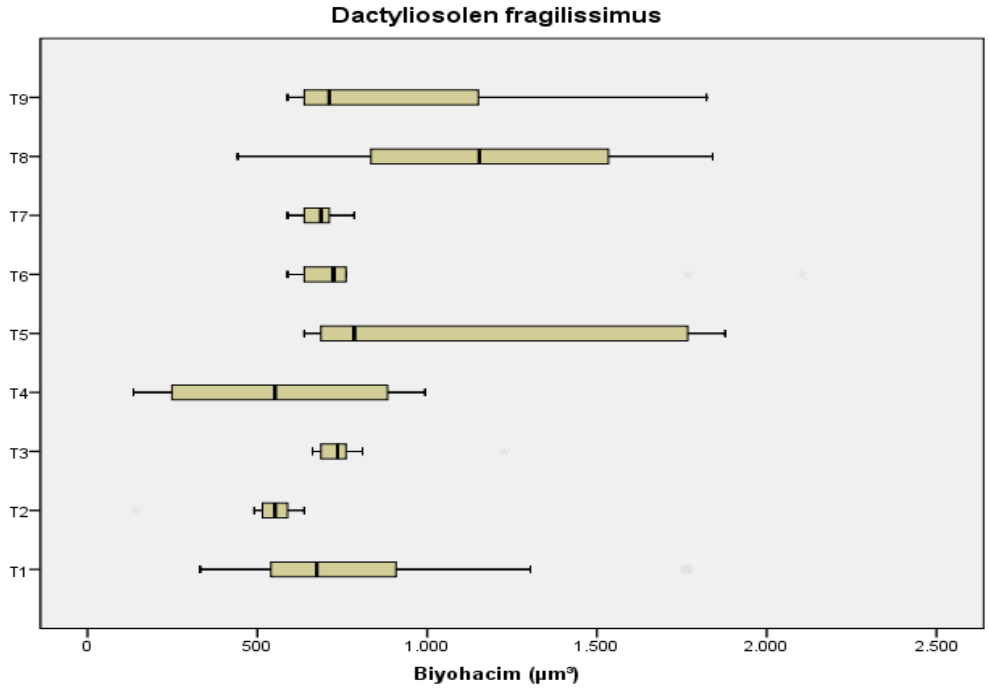
Şekil 3.13 Yedinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri.



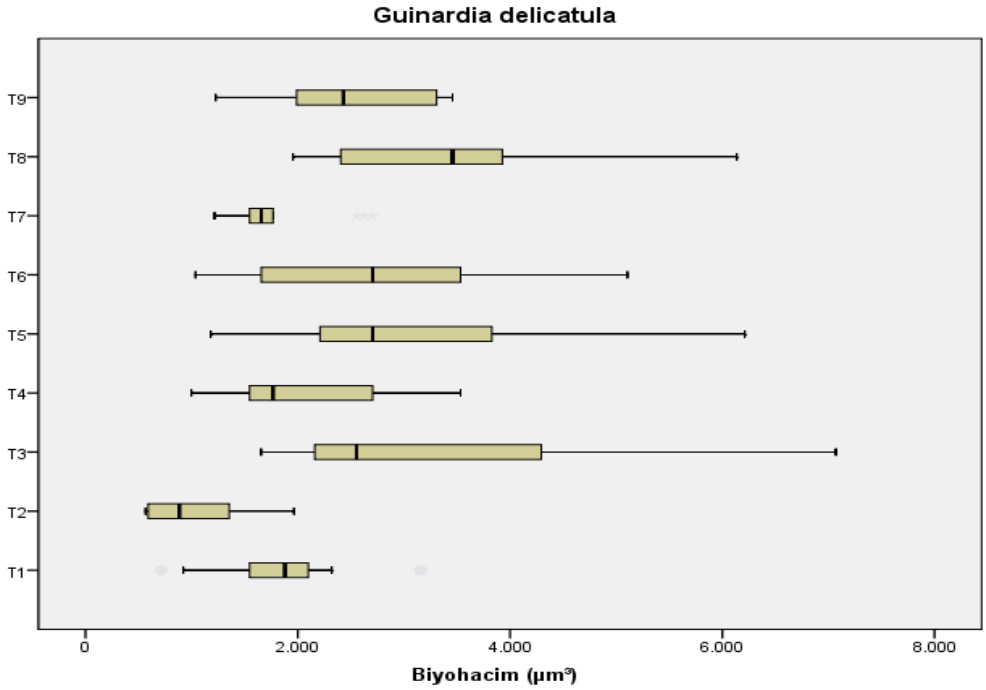
Şekil 3.14 Yedinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri.



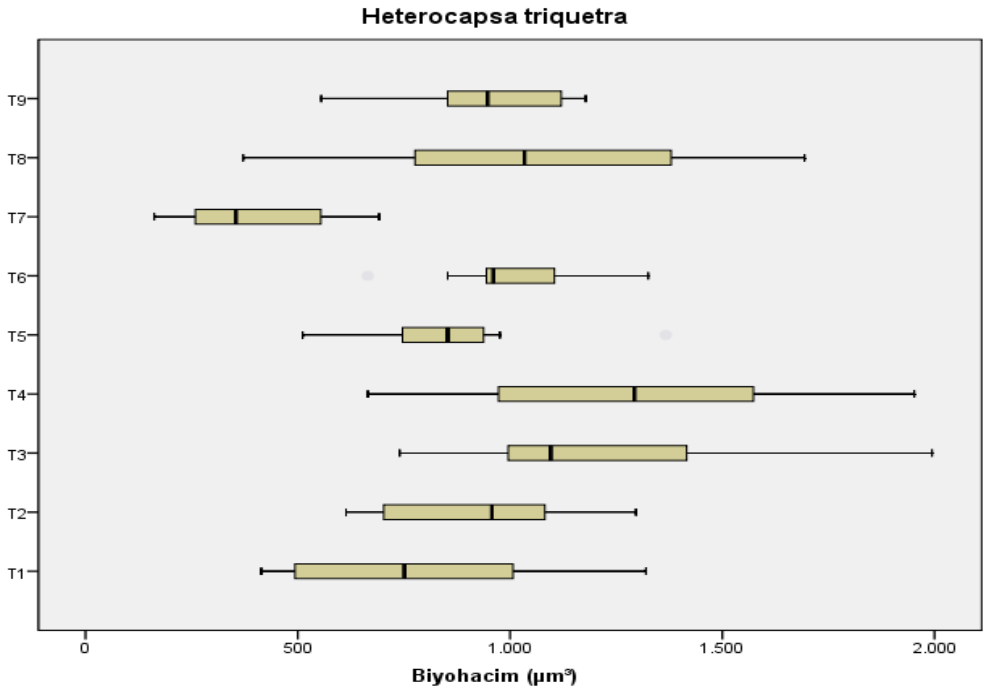
Şekil 3.15 Yedinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri.



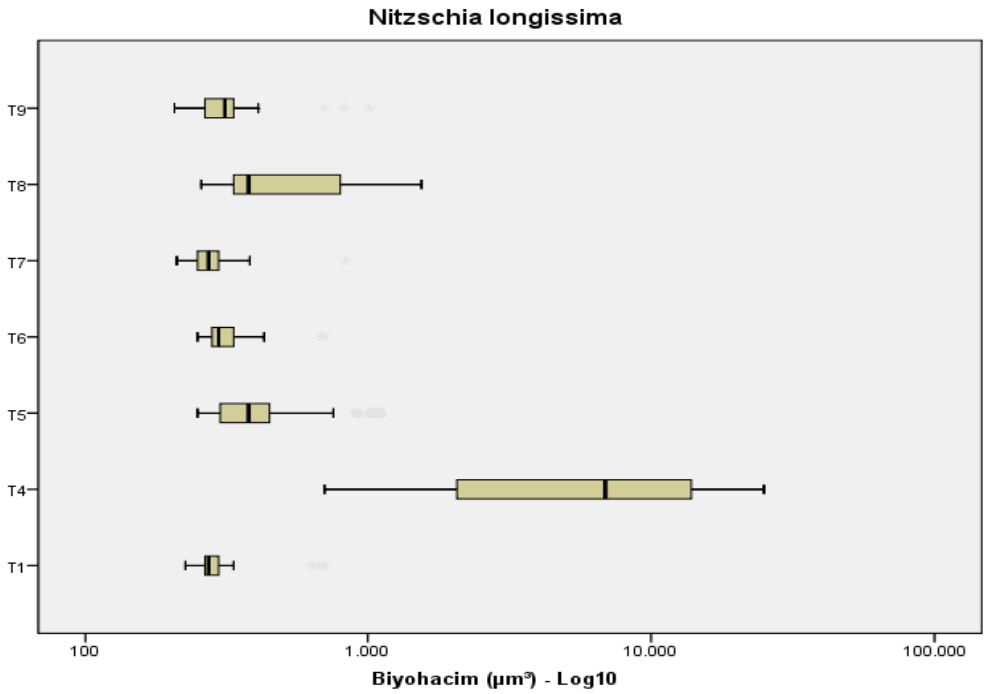
Şekil 3.16 Onuncu gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri.



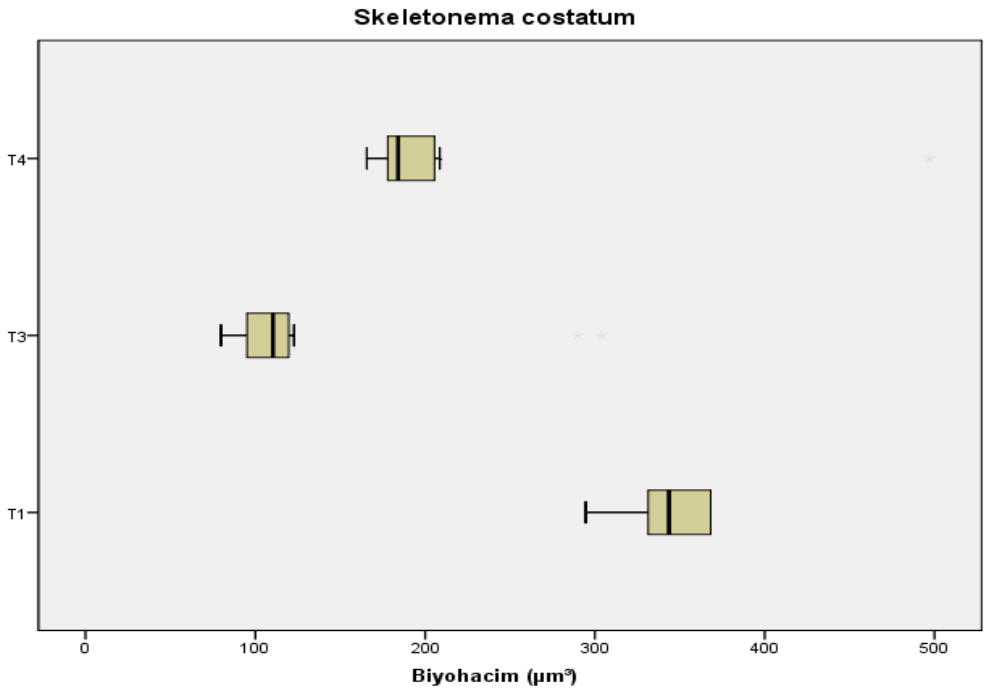
Şekil 3.17 Onuncu gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri.



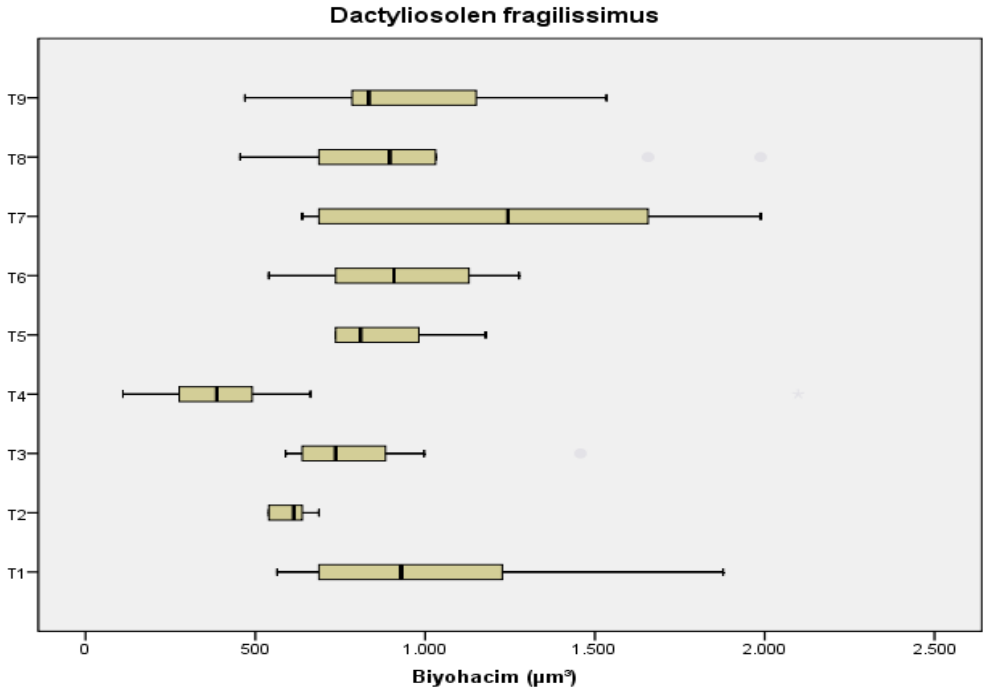
Şekil 3.18 Onuncu gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri.



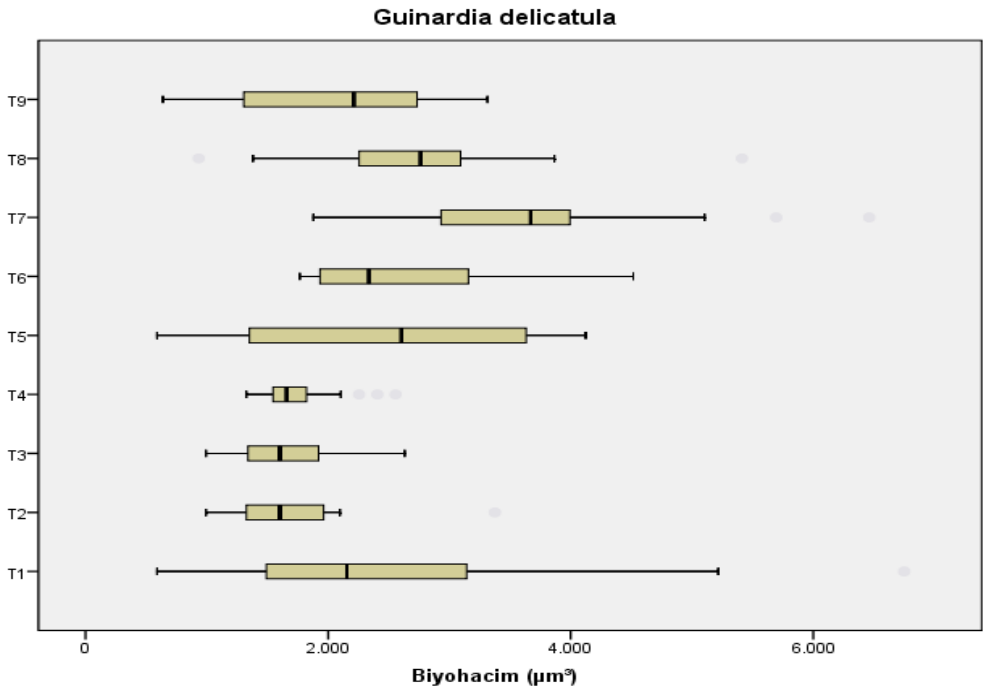
Şekil 3.19 Onuncu gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri.



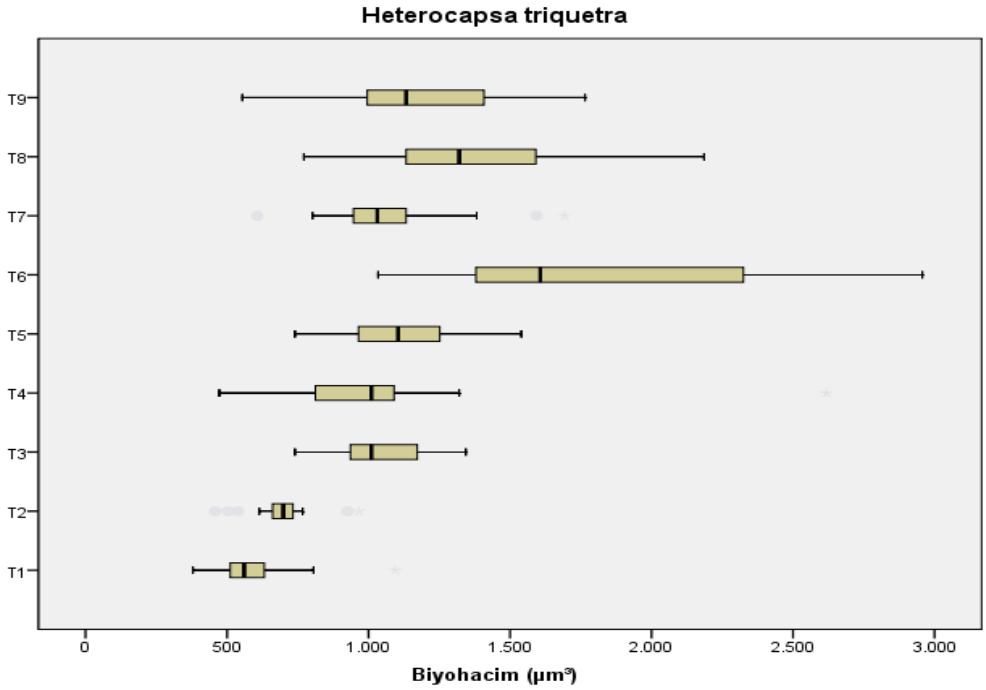
Şekil 3.20 Onuncu gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri.



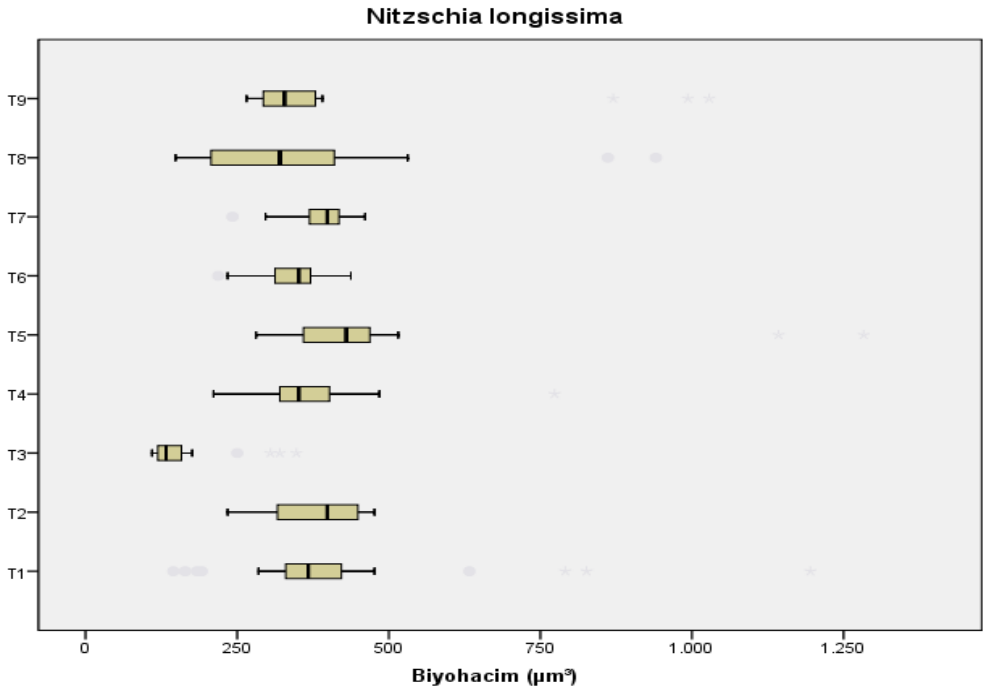
Şekil 3.21 Onikinci gün Dactyliosolen f. hücre hacim değişimleri.



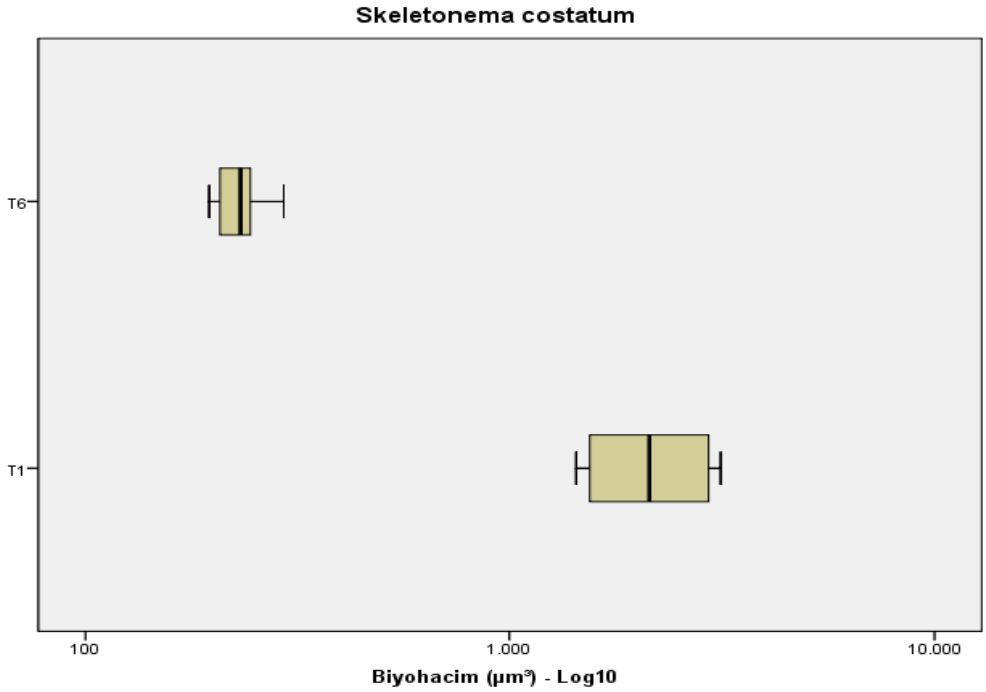
Şekil 3.22 Onikinci gün Guinardia d. hücre hacim değişimleri.



Şekil 3.23 Onikinci gün Heterocapsa t. hücre hacim değişimleri.



Şekil 3.24 Onikinci gün Nitzschia l. hücre hacim değişimleri.



Şekil 3.25 Onikinci gün Skeletonema c. hücre hacim değişimleri.

BÖLÜM DÖRT
TARTIŞMA VE SONUÇ

Deney gruplarının seçilen fitoplankton türlerinin hücre hacimlerine olan etkileri karşılaştırılacak olursa:

Dactyliosolen fragilissimus hücre hacim değişimleri üzerinde;

NOMHA+Fe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 73µm³ fazladır. NOMHA+Fe ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 381µm³ fazladır. Lys+Fe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Lys+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 58µm³ fazladır. Lys+Fe ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; Lys+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 366µm³ fazladır. (.)+ Fe ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+ Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 357µm³ fazladır. (.)+Fe ve NOMHA+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi (.)+Fe grubu bireylerin ortalamasından 24µm³ fazladır. (.)+Fe ve Lys+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Lys+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi (.)+Fe grubu bireylerin ortalamasından 9µm³ fazladır. Deferrioksiamin ve Lys farklı şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe ve Lys farklı şekilde etki göstermiştir, Lys+Fe ve NOMHA+Fe farklı şekilde etki göstermiştir,

Diğer deney grupları, paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Guinardia delicatula hücre hacim değişimleri üzerinde;

Deferrioksiamin ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Lysin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 721µm³ fazladır. NOMHA+Fe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 352µm³ fazladır. NOMHA+Fe ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 1046µm³ fazladır. NOMHA ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 94µm³ fazladır. NOMHA ve NOMHA+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 1140µm³ fazladır. nDOM+nFe ve Deferrioksiamin benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 518µm³ fazladır. nDOM+nFe ve NOMHA+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi nDOM+nFe grubu bireylerin ortalamasından 528µm³ fazladır. nDOM+nFe ve NOMHA benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 612µm³ fazladır. NOMHA ve Lys farklı şekilde etki göstermiştir, nDOM+nFe ve Lys farklı şekilde etki göstermiştir.

Diğer deney grupları, paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Heterocapsa triquetra hücre hacim değişimleri üzerinde;

Defferrioksiamin ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Defferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 55µm³ fazladır. Def+Fe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Lysin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Def+Fe grubu bireylerin ortalamasından 47µm³ fazladır. Kontrol grubu ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Kontrol grubu bireylerin

ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 94μm³ fazladır. NOMHA ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 190μm³ fazladır. (.)+Fe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 416μm³ fazladır. nDOM+nFe ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 112μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve Def+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Def+Fe grubu bireylerin ortalamasından 102μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve kontrol grubu benzer şekilde etki göstermiştir; Kontrol grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 39μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve NOMHA benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 135μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve Lys+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 15μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 361μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalamasından 57μm³ fazladır. Def+Fe ve Kontrol grubu benzer şekilde etki göstermiştir; Kontrol grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Def+Fe grubu bireylerin ortalamasından 141μm³ fazladır. Def+Fe ve Lys+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Lys+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Def+Fe grubu bireylerin ortalamasından 87μm³ fazladır. Def+Fe ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Def+Fe grubu bireylerin ortalamasından 463μm³ fazladır. Kontrol grubu ve NOMHA benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Kontrol grubu bireylerin ortalamasından 96μm³ fazladır. Kontrol grubu ve Lys+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Kontrol grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 54μm³ fazladır. Kontrol grubu ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Kontrol grubu bireylerin ortalamasından 18μm³ fazladır. NOMHA ve Lys+Fe benzer

şekilde etki göstermiştir; NOMHA grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 150µm³ fazladır. NOMHA ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 226µm³ fazladır. Lys+Fe ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 376µm³ fazladır. Lys+Fe ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 72µm³ fazladır. (.)+Fe ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi nDOM+nFe grubu bireylerin ortalamasından 304µm³ fazladır. Lys ve Lys+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, NOMHA ve Def+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, Def+Fe ve nDOM+nFe farklı şekilde etki göstermiştir, Kontrol grubu ve (.)+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, NOMHA ve nDOM+nFe farklı şekilde etki göstermiştir.

Diğer deney grupları, paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Nitzschia longissima hücre hacim değişimleri üzerinde;

NOMHA ve Lysin benzer şekilde etki göstermiştir; Lysin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 171µm³ fazladır. Lysin ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Lysin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi (.)+Fe grubu bireylerin ortalamasından 25µm³ fazladır. Lysin ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lysin grubu bireylerin ortalamasından 103µm³ fazladır. Deferrioksiamin ve NOMHA benzer şekilde etki göstermiştir; Def grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 3222µm³ fazladır. Deferrioksiamin ve Lys+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 3309µm³ fazladır. Deferrioksiamin ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi (.)+Fe grubu bireylerin ortalamasından 3076µm³ fazladır. Deferrioksiamin ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir;

Deferrioksiamin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi nDOM+nFe grubu bireylerin ortalamasından 2948μm³ fazladır. NOMHA ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 146μm³ fazladır. Lys+Fe ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; (.)+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 233μm³ fazladır. Lys+Fe ve nDOM+nFe benzer şekilde etki göstermiştir; nDOM+nFe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi Lys+Fe grubu bireylerin ortalamasından 361μm³ fazladır. Deferrioksiamin ve Lys farklı şekilde etki göstermiştir, Lys ve Lys+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, NOMHA ve Lys+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, NOMHA ve nDOM+nFe farklı şekilde etki göstermiştir, (.)+Fe ve nDOM+nFe farklı şekilde etki göstermiştir.

Diğer deney grupları, paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Skeletonema costatum hücre hacim değişimleri üzerinde;

Lysin ve NOMHA benzer şekilde etki göstermiştir; Lysin grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 4μm³ fazladır. NOMHA ve NOMHA+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA+Fe grubu bireylerin ortalama hücre hacmi NOMHA grubu bireylerin ortalamasından 169μm³ fazladır. NOMHA ve (.)+Fe benzer şekilde etki göstermiştir; NOMHA grubu bireylerin ortalama hücre hacmi (.)+Fe grubu bireylerin ortalamasından 5μm³ fazladır. Lys ve NOMHA+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, Lys ve (.)+Fe farklı şekilde etki göstermiştir, NOMHA+Fe ve (.)+Fe farklı şekilde etki göstermiştir,

Diğer deney grupları, paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Tablo 4.1 Dactyliosolen f. için biyohacim değişimleri. Ok yönündeki uygulamalar daha yüksektir.

Dactyliosolen	Lys	Def	D.+Fe	Ctrl	N.+Fe	NOMHA	L.+Fe	(.)+Fe
Def	X							
Def+Fe	X	X						
Control	X	X	X					
NOMHA+Fe	73 ←	381←	X	X				
NOMHA	X	X	X	X	X			
L-Lys+Fe	58 ←	366 ←	X	X	X	X		
(.)+Fe	X	357 ←	X	X	24 ←	X	9 ←	
nDOM+nFe	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 4.2 Guinardia d. için biyohacim değişimleri. Ok yönündeki uygulamalar daha yüksektir.

Guinardia	Lys	Def	D.+Fe	Ctrl	N.+Fe	NOMHA	L.+Fe	(.)+Fe
Def	721 ↑							
Def+Fe	X	X						
Control	X	X	X					
NOMHA+Fe	352 ←	1046 ←	X	X				
NOMHA	X	94 ↑	X	X	1140↑			
L-Lys+Fe	X	X	X	X	X	X		
(.)+Fe	X	X	X	X	X	X	X	
nDOM+nFe	X	518 ←	X	X	528 ↑	612 ←	X	X

Tablo 4.3 Heterocapsa t. için biyohacim değişimleri. Ok yönündeki uygulamalar daha yüksektir.

Heterocapsa	Lys	Def	D.+Fe	Ctrl	N.+Fe	NOMHA	L.+Fe	(.)+Fe
Def	55 ←							
Def+Fe	47 ↑	102 ↑						
Control	94 ←	39 ←	141 ←					
NOMHA+Fe	X	X	X	X				
NOMHA	190 ←	135 ←	X	96 ←	X			
L-Lys+Fe	X	15 ↑	87 ←	54 ←	X	150 ↑		
(.)+Fe	416 ←	361 ←	463 ←	X	X	226 ←	376 ←	
nDOM+nFe	112 ←	57 ←	X	18 ←	X	X	72 ←	304 ↑

Tablo 4.4 Nitzschia l.. için biyohacim değişimleri. Ok yönündeki uygulamalar daha yüksektir.

Nitzschia	Lys	Def	D.+Fe	Ctrl	N.+Fe	NOMHA	L.+Fe	(.)+Fe
Def	X							
Def+Fe	X	X						
Control	X	X	X					
NOMHA+Fe	X	X	X	X				
NOMHA	171 ↑	3222 ↑	X	X	X			
L-Lys+Fe	X	3309 ↑	X	X	X	X		
(.)+Fe	25 ↑	3076 ↑	X	X	X	146 ←	233 ↑	
nDOM+nFe	103 ←	2948 ↑	X	X	X	X	361 ←	X

Tablo 4.5 Skeletonema c. için biyohacim değişimleri. Ok yönündeki uygulamalar daha yüksektir.

Skeletonema	Lys	Def	D.+Fe	Ctrl	N.+Fe	NOMHA	L.+Fe	(.)+Fe
Def	X							
Def+Fe	X	X						
Control	X	X	X					
NOMHA+Fe	X	X	X	X				
NOMHA	4 ↑	X	X	X	169 ↑			
L-Lys+Fe	X	X	X	X	X	X		
(.)+Fe	X	X	X	X	X	5 ↑	X	
nDOM+nFe	X	X	X	X	X	X	X	X

Fitoplanktonların deney gruplarına verdikleri tepkileri karşılaştıracak olursak:

Lysin: Hemen tüm türler benzer şekilde yanıt göstermişlerdir. Dactyliosolen f. ve Skeletonema c. Farklı şekilde yanıt göstermiştir.

Deferrioksiamin: Tüm türler benzer yanıt göstermiştir. Skeletonema c. paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Def+Fe: Tüm türler paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Kontrol Grubu: Tüm türler paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

NOMHA+Fe: Dactyliosolen f., Guinardia d. ve Skeletonema c. benzer yanıt göstermiştir. Diğer türler paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Lys + Fe: Dactyliosolen f. ve Heterocapsa t. Farklı yanıt göstermiştir. Dactyliosolen f. ve Nitzschia l. benzer yanıt göstermiştir. Heterocapsa t. ve Nitzschia l. benzer yanıtlar göstermiştir. Diğer türler paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

(.)+Fe: Dactyliosolen f. ve Nitzschia l. farklı yanıt göstermiştir. Guinardia d. türler paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır. Diğer türler benzer yanıt göstermiştir.

nDOM+nFe: Guinardia d. ve Heterocapsa t. Benzer yanıt göstermiştir. Skeletonema c. ve Nitzschia l. paraleller (replikatlar) arasında fark olduğu için değerlendirme dışında kalmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda çözünmüş organik maddelerin fitoplankton hücre hacmine farklı şekilde etkili oldukları görülmüştür. Ancak stabil olmayan veriler nedeniyle bir çok deney grubu karşılaştırılamamıştır.

Bu tip çalışmaların daha kapsamlı olarak tekrar edilmesi, elde edilen bulguların güçlendirilmesine yarar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Alpine, A.E., Cloern J.E. (1992). Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnology and Oceanography, 37,* 946-55.

Amon, R.M.W., & Benner, R. (1996). Bacterial utilization of different size classes of dissolved organic matter. *Limnology and Oceanography, 41, (1),* 41-51.

Arin, L., Moran, X.A.G., & Estrada, M. (2002). Phytoplankton size distribution and growth rates in the Alboran Sea (sw Mediterranean): short term variability related to mesoscale hydrodynamics. *Journal of Plankton Research, 24 (10),* 1019-1033.

Benner, R., & Gattuso, J. (2006). Marine dissolved organic matter. *In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment).* (First published in the Encyclopedia of Earth October 2, 2006). Retrieved May 6, 2013 from http://www.eoearth.org/article/Marine_dissolved_organic_matter

Bizsel, N., Bizsel, K.C., E.İnanan, B., Sayın, S., Hızarcı, L., M.Olsen, L., & Breitbarth, E. (2010). Response of phytoplankton community in Trondheim Fjord to various iron-organic matter combinations in the mesocosm experiment**.** *Proceedings of the HYDRALAB III Joint User Meeting,* 105-108.

Boukhalfa, H., & Crumbliss, A.L. (2002). Chemical aspects of siderophore mediated iron transport. *BioMetals, 15,* 325-339.

Brooks, J.L., & Dodson, S.I. (1965). Predation, body size, and composition of plankton. *Science New Series, 150,* 28-35.

Dugdale, R.C. (1967). Nutrient limitation in the sea: Dynamics, identification, and significance. *Limnology and Oceanography, 12,* 685-695.

Egge, J.K., & Aksnes, D.L. (1992). Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Marine Ecology Progress Series, 83,* 281–289.

Eppley, R.W., Rogers, J.N., & McCarthy J.J. (1969). Half saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography, 14,* 912-920.

Eppley, R.W., & Thomas, W.H. (1969). Comparison of half-saturation "constants" for growth and nitrate uptake of marine phytoplankton. *Journal of Phycology, 5,* 365-369.

Farrington, J. (1992). Overview and key recommendations. Marine organic geochemistry workshop, January 1990. *Marine Chemistry, 39,* 5-9.

Goldberg, E.D. (1952). Iron assimilation by marine diatoms. *The Biological Bulletin, 102,* 243-248.

Gomez, F. (2005). A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. *Acta Botanica Croatica, 64* (1), 129–212.

Grover, J.P. (1997). *Resource competition*. London: Chapman and Hall.

Guiry, M. (2012). How many species are there?. *Journal of Phycology, 48,* 1057–1063.

Guiry, M.D., & Guiry, G.M. (2012). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved 1 December 2012 from http://www.algaebase.org

Harris, G.P. (1980). Temporal and spatial scales in phytoplankton ecology: Mechanisms, methods, models, and management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37,* 877-900.

Hein, M., Pedersen M.F., & Jensen, K. (1995). Size dependent nitrogen uptake in micro and macroalgae. *Marine Ecology Press, 118,* 247-253.

Hillebrand, H., Dürselen, C., Kirschtel, D., Pollingher, U., & Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology, 35,* 403–424.

Hudson, R.J.M., Morel, & F.M.M. (1990). Iron transport in marine phytoplankton: kinetics of cellular and medium coordination reactions. *Limnology and Oceanography, 35,* 1002-102.

Hutchins, D.A., Brzezinski, M.A., & Bruland, K.W. (1999). *Limnology and Oceanography, 44,* 1009-1018.

Laws, E.A. (1975). The importance of respiration losses in controlling the size distribution of marine phytoplankton. *Ecology, 56,* 419-426.

Levasseur, M., Therriault, J., & Legendre, L. (1984). Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Marine Ecology Progress Series, 19,* 211-222.

Lewandowska, J., & Kosakowska, A. (2004). Effect of iron limitation on cells of the diatom Cyclotella meneghiniana. *Oceanologia, 46 (2),* 269–287.

Malone, T.C. (1980). Algal size. In: Morris, I. (ed.) The physiological ecology of phytoplankton. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Milligan, A. J., & Harrison, P. J. (2000). Effects of non-steady state iron limitation on nitrogen assimilatory enzymes in the marine diatom Thalassiosira weissflogii (Bacillariophyceae). *Journal of Phycology, 36,* 78–86.

Morel, F., G.Rueter, J., & M.Price, N. (1991). Iron nutrition of phytoplankton and its possible importance in the ecology of ocean regions with high nutrient and low biomass. *Oceanography, 4(2),* 56.

Mühling, M., Fuller, N.J., Millard, A., Somerfield, P.J., Marie, D., & Wilson, W.H., et al. (2005). Genetic diversity of marine Synechococcus and co-occurring cyanophage communities: Evidence for viral control of phytoplankton. *Environmental Microbiology, 7,* 499-508.

Mutshinda, C.M., Troccoli-Ghinaglia, L., Finkel, Z.V, Müller-Karger, F.E., & Irwin, A.J. (2013). *Marine Biology Research,* 247-261.

Neilands, J.B. (1981). Iron absorption and transport in micro-organisms. *Annual Reviewof Nutrition, 1,* 27-46.

Parsons, T.R., & Takahashi, M. (1973). Environmental control of phytoplankton cell size. *Limnology and Oceanography, 4,* 511-515.

Pector, D. L. (1984). *Dinoflagellates*. New York, Academic Press.

Polat, S. (2002). Kuzeydoğu Akdeniz kıyıları (Karataş-Adana) fitoplankton'u biyomas tahmininde hücre hacimlerinin kullanımı ve mevsimsel değişimlerin diğer yöntemlerle birlikte değerlendirilmesi. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 19, (1-2),* 147 – 155.

Round, N.F., Crawford, R.M., & Mann, D.G. (1990). *The diatoms: biology, morphology of the genera* (4th). Cambridge: Cambridge University Press.

Saunders, G. (1976). Decomposition in fresh water. J. Anderson, A. Macfadyen, *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes* 341-374. London: Blackwell.

Schlesinger, D.A., Molot, L.A., & Shuter, B.J. (1981). Specific growth rates of freshwater phytoplankton in relation to cell size and light intensity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 28,* 1052-1058.

Spector, D.L. (1984). *Dinoflagellates*. New York: Academic Press.

Steele, J.H. (1974). *The structure of marine ecosystems*. Cambridge: Harvard University Press.

Sunda, G.W., & Huntsman, S.A. (1995). Iron uptake and growth limitationin oceanic and coastal phytoplankton. *Marine Chemistry, 50,* 189-206.

Takahashi, M., & Bienfang, P.K. (1983). Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical Hawaiian waters. *Marine Biology, 76*, 203-211.

Tüzün, İ., Başaran, G., İnce Yılmaz, Ö., ve Soyupak, S. (1-4 Temmuz 2009). *Rezervuarlarda klorofil-a ve fitoplankton biyohacim miktarları ile zooplankton (Rotifera) yoğunluklarının yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmesi.* Retrieved November 28,2012, from http://www.akuademi.net/su/2009/IP/ip22.pdf

Usher, M., Saunders, D., Peet, R., & Dobson, A. (2006). *Ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wells, M.L, Price, N.M., & Bruland, K.W. (1995). Iron chemistry in seawaterand its relationship to phytoplankton: a workshop report. *Marine Chemistry, 48,* 157-182.