İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BESİN TUZLARININ *PROROCENTRUM MICANS* VE *SKELETONEMA COSTATUM*'UN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Başak SÖZER
Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı
İçsular Biyolojisi Programı

Danışman
Prof. Dr. Meriç ALBAY

Haziran 2009

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BESİN TUZLARININ *PROROCENTRUM MICANS* VE *SKELETONEMA COSTATUM'*UN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Başak SÖZER
Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı
İçsular Biyolojisi Programı

Danışman
Prof. Dr. Meriç ALBAY

Haziran 2009

İSTANBUL

Bu çalışma tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı İçsular Biyolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Meriç ALBAY
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Mustafa TEMEL
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Timur KIRGIZ
Trakya Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Enis MORKOÇ
Marmara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Ayten KİMİRAN ERDEM
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 2278 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin başlangıç aşamasından itibaren değerli bilgileriyle bana yol gösteren ve çalışmamı sürdürürken desteğini her zaman yanımda hissettiğim değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Meriç ALBAY'a, çalışmam süresince değerli deneyimlerini benimle paylaşan, laboratuvar çalışmalarımda her türlü imkanı sağlayan, bir nevi ikinci danışmanlarım olan Sayın Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN ve Sayın Dr. Vildan TÜFEKÇİ'ye, eğitimim süresince bilgi, tecrübe ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Reyhan AKÇALAN ALBAY ve Sayın Araş. Gör. Cenk GÜREVİN'e, tez çalışmamın çeşitli aşamalarında yardımlarını benden esirgemeyen TÜBİTAK-MAM Çevre Enstitüsü Laboratuvarı'nın sevgili çalışanları ile sevgili arkadaşlarım Araş. Gör. Pelin S. ÇİFTÇİ, Yük. Müh. Dilek SEVER KAYA, İstatistikçi Ozan Can KIRKYILDIZ ve Müh. Başak OĞUZ'a, son olarak da hayatım boyunca maddi manevi her hususta her zaman yanımda olan sevgili annem Nurşen SÖZER, babam Tayfun SÖZER, babaannem Ayşe SÖZER ve dedem Hasan SÖZER ile gökyüzünden beni izlediğine inandığım amcam Taylan SÖZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Bu çalışma, TUBITAK 108Y083 kod ve "Deniz ortamında musilaj/mukus oluşumunu denetleyen faktörlerin laboratuvar koşullarında incelenmesi" başlıklı araştırma projesinin tasarlanan ilk set deneylerini oluşturmaktadır. Çalışma, TÜBİTAK-MAM Çevre Enstitüsü Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Haziran, 2009 **Başak SÖZER**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ……. İ

İÇİNDEKİLER…… İİ

ŞEKİL LİSTESİ…….. V

TABLO LİSTESİ…… X

SEMBOL LİSTESİ…… Xİ

ÖZET…… Xİİ

SUMMARY……. Xİİİ

1. GİRİŞ…… 1

2. GENEL KISIMLAR…… 4

2.1. FİTOPLANKTON BÜYÜTME DENEYLERİ…….. 4

2.2. FİTOPLANKTON BÜYÜMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER…..... 7

2.3.BACILLARIOPHYTA GRUBU ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ……. 13

2.4. DINOPHYCEAE GRUBU ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ….. 15

2.5. TEST ORGANİZMASI OLARAK SEÇİLEN TÜRLER …… 16

2.5.1. *Prorocentrum micans*…… 16

2.5.2. *Skeletonema costatum* …….. 17

2.6. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİ … 18

3. MALZEME VE YÖNTEM……. 21

3.1. ETKİ DENEYLERİ…….. 21
3.2. DENEYLERDE KULLANILAN SEYRELME SUYUNUN ALINMASI VE KORUNMASI……... 21
3.3. İZOLASYON AŞAMASI 21
3.4. KÜLTÜRLER İÇİN KULLANILAN BESİYERLERİ…….. 24
3.4.1 f/2 + Si Ortamı…… 24
3.4.2 K minimum Ortamı……..... 25
3.5. BİYODENEYLERDE YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER…….. 26
3.5.1. Mikroskopta Direkt Sayım..... 26
3.5.2. Klorofil-a Ölçümü…… 26
3.5.3. Besin Elementleri Analizi……. 27
3.5.4. İstatistiki Analizler……..... 28
3.6. *PROROCENTRUM MİCANS* İLE YAPILAN DENEYLER 28
3.7. *SKELETONEMA COSTATUM* İLE YAPILAN DENEYLER..... 29

4. BULGULAR…… 30

4.1. *PROROCENTRUM MICANS* DENEYLERİ 30
4.1.1. Floresan Şiddeti Ölçümleri…… 30
4.1.2. Hücre sayımları……... 31
4.1.3. pH Ölçümleri……... 32
4.1.4. Klorofil-*a* Miktarı Ölçümleri……. 33
4.1.5. Kültürlerde NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi…… 33
4.1.6. Kültürlerde orto-fosfat değişiminin izlenmesi……. 34
4.1.7. NO_2+NO_3-N'u, o-PO_4 ve Hücre Sayımları Arasındaki İlişkiler…... 35
4.2. *SKELETONEMA COSTATUM* DENEYLERİ…… 56
4.2.1 Floresan Şiddeti Ölçümleri……. 56
4.2.2. Hücre Sayımları…….. 57
4.2.3. pH Ölçümleri…….. 58
4.2.4. Klorofil-*a* Miktarı Ölçümleri……. 59
4.2.5. Kültürlerde NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi…… 60
4.2.6. Kültürlerde orto-fosfat değişiminin izlenmesi……..... 61
4.2.7. Kültürlerde silika değişiminin incelenmesi…….. 62
4.2.8. NO_2+NO_3-N'u, o-PO_4 ve Silika Miktarlarıyla Hücre Sayımları

Arasındaki İlişkilerin Tespiti…… 63

5. TARTIŞMA VE SONUÇ…….. 92

KAYNAKLAR…… 102

ÖZGEÇMİŞ……. 110

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 : *Skeletonema costatum*'un genel görünüşü……..……... 16
Şekil 2.2 : *Prorocentrum micans*'ın genel görünüşü……..... 17
Şekil 3.1 : ELISA plaklarındaki kültürler…….. 23
Şekil 3.2 : 100 ml'lik erlenlerdeki kültürler……... 23
Şekil 3.3 : 500 ml'lik erlenlerdeki kültürler……... 23
Şekil 4.1 : 21 günlük sürede *P. micans* CCAP1136/15'ın farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi…. 30
Şekil 4.2. : 30 günlük sürede *P. micans* İ.K.'nin farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi …… 31
Şekil 4.3 : 21 günlük sürede *P. micans* CCAP1136/15'ın hücre sayısının farklı N/P oranlarındaki değişimi ……..... 31
Şekil 4.4 : 30 günlük sürede *P. micans* İ.K.'nin hücre sayısının farklı N/P oranlarındaki değişimi……... 32
Şekil 4.5 : 30 günlük sürede *P. micans* İ. K. pH ölçümleri..... 32
Şekil 4.6 : 30 günlük sürede farklı N/P oranlarında *P. micans* İ.K. kültüründe klorofil-a konsantrasyonunun değişimi ……... 33
Şekil 4.7 : 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi..... 34
Şekil 4.8 : 30 günlük sürede *P.micans* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi..... 34
Şekil 4.9 : 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe farklı N/P oranlarında orto-fosfat miktarının değişimi ……. 35
Şekil 4.10 : 30 günlük sürede *P. micans* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi..... 35
Şekil 4.11 : *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'ın zamana bağlı değişimi……. 36
Şekil 4.12 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 37
Şekil 4.13 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi …… 37
Şekil 4.14 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe kültürlerde hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi ……..... 38
Şekil 4.15 : *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 38
Şekil 4.16 : *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi..... 39
Şekil 4.17 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi ……..... 40
Şekil 4.18 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 40
Şekil 4.19 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve orto-fosfat'ın zamana bağlı değişimi..... 41
Şekil 4.20 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve orto-fosfatın zamana bağlı değişimi ……... 41

Şekil 4.21 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe NO_2+NO_3 ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……. 42
Şekil 4.22 : *P.micans* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi …….……. 42
Şekil 4.23 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 43
Şekil 4.24 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3 miktarının zamana bağlı değişimi …….. 43
Şekil 4.25 : *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde hücre sayısı ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi …….. 44
Şekil 4.26 : *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zaman bağlı değişim…… 44
Şekil 4.27 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 45
Şekil 4.28 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişim…… 45
Şekil 4.29 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 46
Şekil 4.30 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 46
Şekil 4.31 : *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P. micans* İ.K.(b) kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi…… 47
Şekil 4.32 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 48
Şekil 4.33 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi …… 48
Şekil 4.34 : *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 49
Şekil 4.35 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi ……..... 49
Şekil 4.36 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……..... 50
Şekil 4.37 : *P.micans* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi..... 50
Şekil 4.38 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi ……... 51
Şekil 4.39 : *P. micans* kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 51
Şekil 4.40 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi……..... 52
Şekil 4.41 : 4.41: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 52
Şekil 4.42 : *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi…... 53
Şekil 4.43 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 54
Şekil 4.44 : *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi …… 54

Şekil 4.45 : *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …….. 55
Şekil 4.46 : *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi ……. 55
Şekil 4.47 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi …….. 56
Şekil 4.48 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi ……. 57
Şekil 4.49 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında hücre sayımları değerlerinin zamana bağlı değişimi..... 58
Şekil 4.50 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında hücre sayımları değerlerinin zamana bağlı değişimi …… 58
Şekil 4.51 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen pH değerlerinin zamana bağlı değişimi……. 59
Şekil 4.52 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen klorofil-*a* değerlerinin zamana bağlı değişimi…… 59
Şekil 4.53 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen NO_2+NO_3-N'u değerlerinin zamana bağlı değişimi……... 60
Şekil 4.54 : *S. costatum* İ.K.kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen NO_2+NO_3 değerlerinin zamana bağlı değişimi..... 60
Şekil 4.55 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi …….. 61
Şekil 4.56 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi..... 62
Şekil 4.57 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen silika değerlerinin zamana bağlı değişimi …… 62
Şekil 4.58 : *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen silika değerlerinin zamana bağlı değişimi ……..... 63
Şekil 4.59 : *S. costatum* CCAP1077/1B (a) ve *S. costatum* İ.K. (b) NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi..... 64
Şekil 4.60 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 64
Şekil 4.61 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi……..... 65
Şekil 4.62 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 65
Şekil 4.63 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi.....…… 66
Şekil 4.64 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi …… 66
Şekil 4.65 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi..... 67
Şekil 4.66 : *S. costatum* CCAP1077/1B (a) ve *S. costatum* İ.K.(b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi ……... 67
Şekil 4.67 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 68

Şekil 4.68 : *S. costatum* İ.K. N/P=1,2 hücre sayısı ve azot miktarı ilişkisi……..……..... 68
Şekil 4.69 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …… 69
Şekil 4.70 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi ……. 69
Şekil 4.71 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silikanın zamana bağlı değişimi ……. 70
Şekil 4.72 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silikanın zamana bağlı değişimi..……..... 70
Şekil 4.73 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'ün zaman bağlı değişimi..... 71
Şekil 4.74 : *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'ün zaman bağlı değişimi ……... 71
Şekil 4.75 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 72
Şekil 4.76 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 73
Şekil 4.77 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4'ın miktarının zamana bağlı değişimi …… 73
Şekil 4.78 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 74
Şekil 4.79 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi …… 74
Şekil 4.80 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi..... 75
Şekil 4.81 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……. 75
Şekil 4.82 : *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi ……..... 76
Şekil 4.83 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zaman bağlı değişimi..... 76
Şekil 4.84 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zaman bağlı değişimi …….. 77
Şekil 4.85 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …… 77
Şekil 4.86 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi..... 78
Şekil 4.87 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi.....…….. 79
Şekil 4.88 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi…….. 79
Şekil 4.89 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……. 80
Şekil 4.90 : *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi …… 80
Şekil 4.91 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi ……. 81

Şekil 4.92 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi……. 81
Şekil 4.93 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …… 82
Şekil 4.94 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …….. 82
Şekil 4.95 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi …… 83
Şekil 4.96 : *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi..……..... 83
Şekil 4.97 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……. 84
Şekil 4.98 : *S. costatum* İ.K. kültüründe NO2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……..... 84
Şekil 4.99 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 85
Şekil 4.100 : *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi..... 85
Şekil 4.101 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi……..... 86
Şekil 4.102 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi……..... 86
Şekil 4.103 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi……..... 87
Şekil 4.104 : *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi…….. 87
Şekil 4.105 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi……..... 88
Şekil 4.106 : *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi…….. 88
Şekil 4.107 : *S. costatum* CCAP1077/1B N/P=485 hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi…….. 89
Şekil 4.108 : *S. costatum* İ.K. N/P=485 hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi……. 89
Şekil 4.109 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi …… 90
Şekil 4.110 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi…….. 90
Şekil 4.111 : *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi……. 91
Şekil 4.112 : *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi…….. 91

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 : f2 + Si ortamının içeriği……... 24

Tablo 3.2 : K minimum ortamının içeriği…….. 25

Tablo 3.3 : *P. micans* türleri için kullanılan ortamların besin tuzu konsantrasyonları …… 29

Tablo 3.4 : *S. costatum* türleri için kullanılan ortamların besin tuzu konsantrasyonları ……... 29

Tablo 5.1 : N/P konsantrasyonlarına göre tür sayılarının genel ortalamaları…….. 100

Tablo 5.2 : *P. micans* İ.K. ve *S. costatum* İ.K. türlerinin farklı N/P oranlarında klorofil-*a* miktarları……..... 101

SEMBOL LİSTESİ

N	: azot
NO_2	: nitrit
NO_3	: nitrat
P	: fosfor
o-PO_4	: orto fosfat
Si	: silis
L	: litre
µM	: mikromol
µg/l	: mikrogram/litre
mg/l	: miligram/litre
g	: gram
ml	: mililitre
°C	: santigrat derece
‰	: binde
%	: yüzde
rpm	: dakikada dönüş hızı birimi
nm	: nanometre dalga boyu
µmol	: mikromol
s	: saniye
m	: metre
mm	: milimetre
m^3	: metreküp

ÖZET

BESİN TUZLARININ *PROROCENTRUM MICANS* VE *SKELETONEMA COSTATUM'*UN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Deniz ve göllerde birincil üretimi sağlayan fitoplankterler ekosistemin en önemli üyeleri olarak kabul edilirler. Fitoplankterler üreme ve gelişmeleri için farklı ekolojik şartlara ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden, alglerin gelişimine etki eden su kalitesi parametrelerinin iyi anlaşılması gerekir. Özellikle bu parametrelerin başında gelen besin tuzlarının (başlıca Azot, Fosfor, Silika), sularda hangi konsantrasyonlarda bulunduğunun tespit edilmesi ve fitoplankterler ile ilişkilerinin ortaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, seçilen bir diyatome (*Skeletonema costatum*) ve bir dinoflagellat (*Prorocentrum micans*) türünün büyüme ve gelişmesi üzerinde, besin tuzlarının etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Çalışmada her iki türün de 2 ayrı suşu kullanılmıştır. Bunlardan iki suş Dunnstafge Deniz Laboratuvarı'ndan getirilen türlerden oluşurken diğer iki suş için aynı türler İzmit Körfezi'nden izole edilmiştir. İzole edilen türler kültüre alınmış ve devamlılıkları sağlanmıştır. Sonraki aşamada ise çeşitli N/P oranları denenerek azot ve fosfor gibi besin tuzlarının sınırlayıcı etkileri dahil etkileri araştırılmış, bu amaçla çeşitli seriler hazırlanmıştır Hazırlanan serilerde belirli aralıklarla floresan şiddetleri, hücre sayımları ve pH ölçümleri, azot, fosfor ve silis gibi besin tuzlarının ölçümleri ile birlikte klorofil-*a* ölçümleri yapılmıştır. *P. micans* türlerinin öncelikli besin tuzu olarak Azot'u, *S. costatum*'un ise Fosfor'u tercih ettiği belirlenmiştir. Bununla beraber, Fosfor'un düşük miktarda kullanıldığı N/P oranlarında da *S. costatum* türlerinin yüksek hücre sayısı değerleri verdiği görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise, bir diatom olan türün öncelikli besin tuzu tercihlerinden biri olan silikanın ortamda var olması ve tür tarafından kullanılması gösterilmiştir. Ayrıca yapılan istatistiksel analizde her iki türün de yaşaması ve maksimum çoğalma gösterebilmesi için en uygun ortamın N/P oranı 73 olan seri olduğu belirlenmiştir.

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF NUTRIENTS ON THE GROWTH OF *PROROCENTRUM MICANS* AND *SKELETONEMA COSTATUM*

Phytoplankters, which provide the primary production in marine and freshwater ecosystems are considered to be the most important members of the ecosystem. Members of this group are in a need of different ecological conditions to grow and reproduce. Therefore is the examination of physical and chemical parameters effecting algal evolution has a great importance. It is needed to determine in which concentrations (most important part of these parameters) exist nutrients in water, and to identify their relationship to the species.

In this study, it is to be aimed to expose how nutrients are effecting the growth of a choosen dinoflagellat (*Prorocentrum micans*) and a diatom (*Skeletonema costatum*).

In this study, two different strains of both species were used. Wherase two of these strains consist of the species brought from the Marine Laboratory of Dunnstafnage, the other two same species were isolated from the Izmit Bay. The isolated species had been cultured and their continuity was provided. In the next stage, bioexperiments were made with the species, through various N/P ratios, in environments where nutrients like nitrogen and phosphorus were limited. Due to fluorescent intensities measurements, cell counting, pH measurments, measurements of nutrients like nitrogen, phosphorus and silica and chlorophyll a determination made in bioexperiments it had been achieved some results. It had been proven that *P. micans* species prefered nitrogen and the *S. costatum* prefered phosphorous as primary nutrients. However, high values of *S. costatum* cells were observed N/P ratios with low amounts of phosphorus. As the reason of this situation, it has been shown that silica is one of the primary nutrients which the diatom *S. costatum* prefers. Furthermore, due to the statistic tests that had been made, it was found out that the most appropriate environment for both species to live and to reach the maximum reproduction is a phosphorus limited environment of N/P ratio 73.

1. GİRİŞ

Göl ve deniz ekosistemleri gibi su ortamlarında biyolojik araştırmaların en önemli bölümünü plankterler üzerine yapılan araştırmalar oluşturur. Fitoplankterler farklı ortam koşullarına farklı tepkiler vermekte, ortama bazı türler ilave olurken bazı türler de ortadan kalkmaktadır. Bu durum, aslında tür komposizyonu ve topluluk yapısı değişimlerinin kombinasyonu ile fiziksel ortamın değişim sürecini kapsar. Fiziksel ortam değiştikçe topluluğa yeni koşullara uyum sağlayan türler ilave olurken, mevcut koşullara uyum sağlayamayan türler yok olurlar (Odum, 1971). Bu süreç doğal koşulların korunduğu bölgelerde öylesine düzenlidir ki, yılın belirli dönemlerindeki hücre yoğunlukları matematiksel olarak modellenebilirler (Evans ve Parslow, 1985, Evans, 1988). Genel olarak ilkbahar aylarında diatomeler, yaz aylarında yeşil alglerin bol oldukları bilinmektedir (Bougis, 1976, Smayda, 1980).

Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin yaklaşık yüzde %10'unun aşırı üreme yaptıkları ve bunlardan sadece %5'inin bilinen fitoplanktonik toksinlerini sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi (felaket) oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray, 2001, Koray ve Çolak Sabancı, 2001, Bargu ve diğ., 2002, Koray, 2002a, Koray, 2002b, Koray ve Çolak Sabancı, 2004).

Fitoplankton türleri, birincil üretimden sorumlu olmaları itibariyle besin zinciri içinde oynadıkları önemli rollerinin yanı sıra, sucul ortamdaki besin döngüsünde anahtar bir role de sahiptir. Bunlar nitrat ve fosfat gibi besin maddelerini, iz elementleri ve bazı vitaminleri kullanarak organik maddeyi oluştururlar. Bu hücrelerin ölüp parçalanmasıyla kimyasal ve organik döngü devam eder (Gökpınar ve Büyükışık, 1994).

Kirlenmenin aşırı olarak gözlendiği sularda canlı yaşamının ne düzeyde etkilendiğini belirlemek amacıyla fitoplankterler son yıllarda kirletici kaynakların saptanmasında

kullanılmaya başlanmıştır (Koray ve diğ., 1999). Fitoplankterlerin tür çeşitliliğindeki değişimler ile kirliliğin türler üzerine yapmış olduğu etki düzeyi birbirleri ile ilişkidedir ve belirli bir bölgedeki kirliliğin zaman içerisindeki etkilerinin saptanmasında belirleyici faktör olmaktadır (Koray ve Kesici, 1994).

Atıksu etkisi altındaki denizlerde, su ortamının organik maddeyle yüklenmesinin yanı sıra fotosentezle üreyen ve tek hücreli canlılar olan fitoplankton kütlesiyle yüklenmesi de önemli boyutlardadır. Bu olgu, atıksuların içerdiği azot ve fosfor gibi besin maddeleri tarafından hızlandırılmaktadır. Atıksuların içerdiği karbonlu organik maddelerin tümü arıtılsa bile, azot ve fosforun su ortamına verilmesi, su ortamının berraklığını etkilemekte, fotosentez ile fitoplankton üretimini yani birincil üretimi arttırmaktadır. Partikül organik maddenin oksijen varlığında heterotrof organizmalar tarafından ayrıştırılması veya çökelerek deniz dibinde ayrıştırılması hem çözünmüş oksijen tüketimine hem de su ortamına ayrışma ürünleri olarak tekrar azot ve fosforun geçişine neden olur. Bu olayların sonucunda su ortamının ekolojik dengesi bozulur ve çözünmüş oksijene gereksinim duyan canlılar ortamdan uzaklaşır. Antropojenik azot, fosfor gibi besin maddeleri girdisinin, fotosentezle üreyen fitoplanktonun büyümesine etkisi, kıyı ekosistemlerinde üzerinde önemle durulması gereken bir konu olmuştur (Pala İyilikçi, 1994).

Fitoplankton, küresel karbon dinamiğinde büyük öneme sahiptir (Geisder ve diğ., 2001). Bu çalışmada kullanılacak bir diatom türü olan *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve ve bir dinoflagellat olan *Prorocentrum micans* Ehr. deniz ve okyanuslarda aşırı artış gösteren türlerin başında gelmektedir (Fukuyo ve diğ., 1990, Han ve diğ., 1992, Brown ve Yolder, 1994). *S. costatum* kozmopolit bir tür olup (Tomas, 1997), kıyı sularında ilkbahar aşırı çoğalmasına sıkça yol açar (Han ve diğ., 1992, Thornton ve Thake, 1998). *P. micans* ise soğuk liman sularından tropik sulara kadar bir çok bölgede en çok görülen dinoflagellat türlerinden biridir (Develi ve diğ., 2006). Dünya okyanuslarının bir çoğunda red-tide oluşumundan sorumludur (Fukuyo ve diğ., 1990) . Türler ayrıca yapılarındaki karbon ve hücre içerikleri nedeniyle, özellikle son yıllarda Adriatik başta olmak üzere bir çok denizde görülen musilaj oluşumundan da sorumlu tutulmaktadır (Innamorati, 1995). Ülkemizde de Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde

görülen (Aktan, 2008, Polat Beken ve diğ., 2008, Tüfekçi ve diğ., 2009, Ediger ve diğ., 2009) bu oluşumun kökeninin araştırılmasında (Polat Beken, 2008) kullanılan türler arasında yer almaktadırlar.

Deniz ve göllerde aşırı artış gösteren türlerin büyüme dinamiklerinin çevresel şartlar ile ilişkilerinin ortaya konulması ancak kontrollü ortamlarda yapılacak çalışmalar ile ortaya çıkarılabilir. Bu amaçla başvurulan yöntemlerin başında ise istenen fitoplankterlerin laboratuvar şartlarında kültüre alınarak bu türler üzerinde biyodeneyler yapılmasıdır. Fitoplankton kültürlerine (Ryther ve Dunstan, 1971, Maestrini ve diğ.,1984) veya doğal fitoplankton topluluklarına (Schelske, 1984) besin maddesi ilave edilerek fitoplankton büyütme deneyleri gerçekleştirilir. Maestrini (1984) ve Schelske (1984), doğal sularda birincil üretimi ve besin maddesi sınırlamasını saptamak için biyodeneyleri kullanmanın iyi bir gösterge olduğunu belirtmişlerdir (İyilikçi Pala, 1994).

Bu çalışmada *Prorocentrum micans* ve *Skeletonema costatum* türlerinin farklı N/P oranlarında büyüme hızlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma hem İzmit Körfezi'nden izole edilmiş olan türler hem de Dunstaffnage Deniz Laboratuvarı 'ndan satın alınan hazır kültürler ile yapılmıştır. Türlerin sağlıklı gelişim ve üreme göstermeleri amacıyla kurulan kültür odasında gerekli sıcaklık ve ışık şartları ayarlandıktan sonra besin tuzu ilaveleri gerçekleştirilmiştir. Bu denemelerde özellikle nitrat, fosfat ve silika gibi başlıca besin tuzlarının çeşitli konsantrasyonlarda eklemeleri yapılarak bu türlerin mevcut şartlardaki büyüme dinamiklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada hem kirlilik indikatörü olan hem de İzmit Körfezi'nde musilaj oluşumundan sorumlu oldukları düşünülen bu türlerin hangi çevresel şartlar altında en iyi gelişimi gösterdiklerinin de ortaya konması amaçlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. FİTOPLANKTON BÜYÜTME DENEYLERİ

Yaklaşık 100 yıldan bu yana mikroalg kültürü ve yararlanma olanakları üzerinde çalışılmaktadır. Hendel (1954)'e göre, 1890 yılında Beijerinck tarafından yapılan kültürler ilk çalışmalar arasındadır (Ilgaz, 2006). Bunu takiben 1910'da Allen ve Nelson, bir diyatome olan *Phaeodactylum* türünü izole ederek kültürlerini yapmışlardır (Cirik ve Gökpınar, 1993).

Özel kültür şartlarında büyüyen test alglerinin kullanımı için besin elementlerinin kompleks ilişkileri ve inhibitör yüklü atıkların su ekosistemi üzerine etkilerinin bilinmesi gereklidir. Fitoplankton büyüme potansiyeli tespitinde farklı su kaynaklarından alınan örneklerde karşılaştırma yapılacağı zaman aynı türün kullanılmasının büyük yararı vardır. Bazı fitoplankterler besin elementlerini metabolik faaliyetleri için ihtiyaç duyulandan daha fazla depolama yeteneğine sahiptirler. Besi yerini, fitoplankton kültürünü ve miktarını tespit ederken bu faktör de göz önüne alınmalıdır (Tüfekçi, 1993).

Doğal fitoplankterlerin örneğin alındığı ortamda bulunmaları, bu ortama en iyi uyum sağlayan canlılar olduklarını gösterir. Bu organizmalar uygun ışık ve sıcaklık şartlarında ya büyümede gerekli besin elementlerinden biri tükeninceye kadar veya inhibitörler tarafından sınırlayıcı oluncaya kadar biyokütle üretirler. Doğal ortamdaki fitoplankton herhangi bir besin elementi tarafından sınırlandırlıyor ise laboratuvar test kültürleri ile yapılan deneylerle de paralel çalışmalar yapılmalıdır (Miller, 1978). Biyodeneyler çeşitli soruların yanıtlarını bulmak için de yapılırlar. Bunlar;

- Alıcı ortamın besin elementi durumu ile N ve P yüklemelerine karşı hassasiyetini değerlendirmek,
- Alıcı ortamdaki ürünlerin ve materyallerin alg büyümesi üzerine olan hızlandırıcı ve engelleyici etkilerinin değerlendirmelerini yapmak,
- Endüstrilerden, evsel atıklardan, kaynağı bilinen ve bilinmeyen kompleks atıkların alıcı su ortamı üzerine etkilerini anlamak (Miller, 1978),

- Seçilmiş organizmaların büyümesinin gözlenmesiyle çeşitli suların karakterizasyonunu belirlemek,
- Sudaki toplam algal ürün potansiyelini tespit etmek (Maestrini, 1984).

"Tür Ürün İndeksi " biyokütle üretiminde her bir besin elementinin sabit miktarıdır. Besin elementlerinin fitoplankton tarafından kullanımı veya biyokütle üretiminin oranı olarak da bilinir. Aynı zamanda suların biyolojik etkilerini ve besin elementi içeriğini belirler ve fitoplankton üzerine suların toksik etkileri hakkında da bilgi sağlar. Biyodeney çalışmaları bu açıdan arıtım çalışmalarında kanalizasyon yüklerinin etkilerinin belirlenmesinde de yardımcı olabilir (Gargas, 1976).

Deniz sularında yapılan bitki büyütme testleri yapılma amaçlarına göre değişiklikler gösterir ve bu değişikliklere bağlı olarak 6 bölüm altında toplanırlar (Maestrini, 1984).

1. Deniz suyu zenginleştirilmeksizin kullanılabilir veya besin elementleri karışımları ile zenginleştirilebilir.
2. Test kültürleri doğal fitoplankton veya tek bir fitoplakton kültürü olabilir.
3. Deney kültürlerinin hacmi 10 – 20 ml gibi küçük miktarlarda veya m^3 gibi büyük hacimlerde olabilir.
4. Test kültürlerinin inkübasyon süresi 1-2 hafta gibi uzun bir süre veya birkaç saat gibi kısa bir süre olabilir.
5. Büyüme kriteri bir biyomas ölçümü veya bazı biyokimyasal aktivitelerin ölçümü şeklinde olabilir.
6. Test kültürlerinin inkübasyonu doğal ortamında (*in situ*) veya laboratuarda (*in vitro*) olabilir.

Fitoplanktonun kültür ortamında gelişimi çeşitli fazlarda gerçekleşir (Tüfekçi, 1993).

1. Lag-fazı; aşıdan hemen sonra alg hücreleri, sayıca değil boyut olarak artmaya ve besin ortamını absorbe etmeye başlar,
2. Log-fazı; hücreler çok hızlı üreyerek üssel populasyon büyümesine ulaşır,
3. Geçiş fazı (veya azalan büyüme fazı); büyüme hızı yavaşça azalır,
4. Durgun faz; hücre sayısı ölüm oranı ve üreme oranı eşit olduğundan sabit kalır,
5. Azalma fazı; ölüm oranının büyüme oranından fazla olmasıyla hücre sayısı azalır.

Yeni kültür daha iyi büyüyebildiğinden ve daha iyi durumda bir populasyon elde edildiğinden fitoplankterlerin log-faz süresince hasat edilmeleri tavsiye edilmektedir.

Alg türüne bağlı olarak hücre artışı, logaritmik büyümenin ilk safhalarında yavaş olur. Ancak bu fazın sonlarına doğru hızla artmaya başlar. Başlangıçta ortamda mevcut olan nitrat kaynağının %1'i asimile edilirken, log fazı sonunda nitrat kaynağının son %50'si kullanılır (Gökpınar ve Büyükışık, 1994). Bunu bir durgunluk evresi izler ve büyüme eğrisinde düz bir hat ile ifade edilir. Hücrelerin fizyolojik durumu logaritmik fazın başlangıcında sabite yakındır ve ani değişimler göstermez. Hücre fizyolojisi, durgunluk fazının başlangıcında, hücre bölünmesinin durmasından hemen önce bazı değişiklikler göstermeye başlar. Logaritmik fazdan durgun faza geçiş genellikle yavaş olur, ani geçişler daha çok istisnai durumlardır. Bu geçiş, daha çok büyüme hızı sıfıra düşünceye kadar yavaş ve kademeli olarak gerçekleşir. Kültür ortamında inorganik besinlerin yüksek düzeyde bulunması halinde, aşırı bir hücre artışı olacaktır. Bu durumda büyüme, hem ortama difüze olan CO_2 tarafından, hem de hücrelerin birbirini gölgelemesiyle, ışıktan yeterince yararlanamaması sonucu sınırlanır. Bu koşullarda bazı faktörler (besinlerin tükenmesi, toksik hücre dışı salgıların birikmesi vb.) büyümeyi tamamen durduruncaya kadar, büyüme gittikçe azalan hızlarda devam edecektir (Fox, 1983).

Herhangi bir zamandaki büyüme, biyolojik olarak kullanılabilen en düşük seviyedeki besin maddelerinin derişimine bağlıdır. Bununla beraber aynı anda birden fazla besin maddesi sınırlayıcı olabilir. Çalışmalarda ilave edilecek besin maddesinin doğal olarak ortamda bulunan besin maddelerinin miktarları göz önünde bulundurularak konması gerekir. Yüksek konsantrasyonlarda besin maddesi eklenmesi toksik veya büyümeyi sınırlandırıcı etkide bulunabilir.

Doğal koşullarda fitoplankton gelişmesini sağlayacak ortam her zaman oluşmayabilir. Bazı zamanlarda ortam öyle bir oluşum içindedir ki, söz konusu türlerden bazıları olağanüstü bir gelişme gösterirken diğerleri geri kalır ya da kaybolurlar.

Fitoplankterler büyümeleri için fotosentezde kullandıkları karbondan başka protein, nükleik asit ve diğer kompleks moleküllerin üretimi için azot, fosfor, silikat, demir manganez gibi diğer inorganik maddelere de ihtiyaç duyarlar.

Doğal ortamda fitoplankton büyümesine etki eden faktörlerden en önemlileri besin elementleri, sıcaklık ve ışıktır ve farklı mevsimlerde farklı etkiler göstermektedirler. Fitoplankton büyütme deneylerinde de fotosentez açısından en önemli olan faktörler bu üçüdür. Bu nedenle öncelikle bu üç faktörün büyümeyi sınırlayıcı etkilerini anlatmak yararlı olacaktır.

2.2. FİTOPLANKTON BÜYÜMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Besin Elementleri

Bilindiği üzere C, N, P, K ve Si fitoplankton da dahil bütün bitkilerde ana besin elementleridir. Bu elementler hücrelerdeki klorofil sentezi için zorunludur. Bütün diğer bitkilerde olduğu gibi az miktarlarda Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Br, Mo gibi eser elementlerde gereklidir. Bunların yanısıra fitoplankton büyümesi için thiamin, biotin ve B12vitamini gibi düşük miktarlarda vitaminler de gereklidir (Uslu, 1987).

Besin elementleri deniz organizmaları için büyüme, beslenme ve üreme için gerekli elementlerdir. Bunlardan da en önemlileri fosfor, azot ve silikattır. Bu elementler deniz ortamından biyolojik olarak tek hücreli fitoplankterler tarafından alınır ve kullanım hızları ile miktarları bir çok bağımsız parametre ile kontrol edilir. Su karışımının kuvvetli olduğu sığ alanlarda besin elementlerinin düşey dağılımları suyun üst kısımlarındaki sınırlı fotosenteze rağmen fazla bir değişim göstermez.

Doğal fitoplanktonun bulunduğu deniz suyu örneklerine besin elementleri ilave edilmesiyle büyümelerini ölçmek için maksimum büyüme potansiyelinin belirlenmesi gerekir. Yeterli ve sağlıklı büyümeyi sağlamak amacıyla da esas besin elementlerinin (N, P, Si) yanında EDTA gibi şelatların ve daha önce de bahsedildiği gibi Co, Fe, Mn, Cu, Mo gibi eser elementler ve bazı vitaminlerin ilave edilmesi gerekmektedir. EDTA' nın en önemli özelliği sudaki metallerle kompleks yapması suretiyle metallerin hücre tarafından daha kolay alınımını sağlamasıdır (Morkoç, 1991).

Besin elementlerinin su ortamında ve fitoplankton yapısındaki oran ve miktarı fitoplankton türüne ve ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Fitoplankton büyümesini belirleyen besin elementi N/P oranı ile belirlenir. N/P oranı 16 ise, alg büyümesini belirleyen elementi bulmak zordur (Okay, 1986). Planktonik bir tür ortalama 16/1 oranında azot ve fosfor içerir. Bu oran fitoplankton türlerine göre değişebileceği gibi aynı fitoplankton türünün farklı ortamlarda bulunmasına göre de değişebilir (Gargas, 1978). Deniz fitoplanktonunda ise 3/1 'den 30/1'e kadar değişebilir. 16/1 değeri ise okyanus için saptanan değerdir (Ryther, 1971). Sucul ortamlarda azot ve fosforun hangisinin sınırlayıcı olduğu hakkında kesin bir sayı olmamakla birlikte N/P 5 olduğunda N ve P birlikte sınırlayıcı, N/P<5 olduğu durumlarda N'ın sınırlayıcı nutrient N/P >16 olduğunda ise P' un sınırlayıcı besin elementi olduğu bilinmektedir (Coveney ve diğ., 1995).

Fitoplanktonda yapılan biyodeneyler, belli zamanlarda alınmış örneklerde besin elementlerinin biyolojik olarak kullanılabilen konsantrasyonlarını göstermektedir. İyi karışmış kıyı suları gibi bazı bölgelerdeki besin elementi seviyeleri fitoplankton büyümesini doğrudan etkiler (Mahoney, 1989). Atıksulardan deşarj edilen azot ve fosfor gibi besin elementlerinin alıcı su ortamına verilmesiyle ötrofikasyon problemi ortaya çıkar. Bu problemin giderilmesi de biyodeney çalışmalarının sonuçları ile mümkün olabilir. Genel olarak alıcı suların içerdiği N/P oranı arasında yüksek derecede bir ilişki (korelasyon) bulunmaktadır.

Denizlerde azot daha çok elementel (N_2) formda bulunmaktadır. Fakat organik ve inorganik formda olanları da vardır. Denizel ortamda bulunan organik maddelerin içerdiği azot, remineralizasyondan sonra fitoplankterler tarafından kullanılabilir. Bu olay doğrudan veya bakterilerin etkisiyle dolaylı olarak iki yoldan gerçekleşir. Denizel ortamda çözünmüş veya partikül halde bulunan organik maddeler bakteriler aracılığıyla remineralizasyona uğrarlar. Denizlerdeki bu azotlu organik bileşikler de çeşitli kaynaklardan gelir (ölmüş hayvan ve bitki artıkları vb.). Bu organik maddeler bakteriler tarafından amonyağa kadar ayrıştırılırlar. Bakteriyel etki sonucu oluşan amonyağın bir kısmı fitoplankton türleri tarafından hemen absorbe edilebilir, geri kalan kısmı ise okside olarak önce nitrite sonra nitrata dönüşür.

Deniz suyundaki azot konsantrasyonu mevsimlere bağlı olarak değişiklikler gösterir. Genellikle kış aylarında mineral haldeki azot yüzeyde derinlere oranla daha yüksektir ve ölçümlerde 10µg/l'yi geçtiği saptanmıştır. İlkbahar aylarında ise azot konsantrasyonunda ani bir düşme görülür ve alg bünyesine amonyak absorblanır. Bunun sonucu olarak ortamın pH'sı düşer. Yaz aylarında ise, yüksek sıcaklıktaki yüzey tabakasında nitrat hemen ortadan kalkar. Sonbaharda ise düzenli bir artış görülür (Kocataş, 1986). Nitrit iyonları yüzey sularında nitrat ve amonyuma oranla daha düşük derişimlerde bulunurlar. Bunun nedeni, ortama göre gerçekleşen indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarının bir ara ürünü olmasıdır. Böylece nitrit ya oksitlenerek nitrata veya indirgenerek amonyağa dönüşmektedir. Ancak yeterli derecede nitrifikasyona uğramamış atıksuların alıcı su ortamına verilmesi halinde bu ortamlarda çok yüksek nitrit değerlerine rastlanılması mümkündür. Böyle durumlarda sudaki canlılar için toksik etkiler görülebilir (Uslu, 1987). Mikroorganizmaların genel formülleri incelendiğinde alglerin, daha çok azot içerdikleri görülür.Aynı mikroorganizma için de farklı türler için değişik oranlarda azota ihtiyaç duyulur (Topacık, 1982). Azotun herhangi bir şekilde ortaya çıkabilecek eksikliğinin atmosferden azot bağlanmasıyla giderilebileceği düşünülebilir. Bazı mavi-yeşil alglerin moleküler azotu asimile etme veya bağlama gücü, doğal sulardaki besin elementi dengesi açısından çok önemlidir (Uslu, 1987).

Fosfor ise biyokütle sentezinde azota oranla daha etkin bir sınırlayıcı element olarak kendini göstermekte ve genellikle fitoplankton büyümesini sınırlayıcı bir besin maddesi olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle içsularda birincil üretimi etkileyen en önemli etken olmuştur. Bazı körfezlerde ve kıyı sularında ise azot daha fazla sınırlayıcı olarak ortaya çıkar (Uslu, 1987). Bazı araştırmalara göre ise fosfor daima sınırlayıcı bir faktör olmamakla birlikte bugün birçok gölde sınırlayıcı bir faktör olarak gösterilmiştir. Ancak fosfor hakkındaki sonuçların bir çoğu sadece yaz mevsiminde sıcaklık tabakalaşması görülen göller için geçerlidir (Scahnz, 1982). Çözünmüş fosfat, fosfor olarak pek çok suda az miktarda bulunur ve denizlerde fitoplankterler tarafından kullanılarak kritik

seviyenin altına düşebilir. Fosfat, canlıların hücre yapılarında önemli bir yer tutmaktadır. Deniz suyunda çözünmüş veya partiküler halde bulunabilir. Partikül haldeki organik madde ile su kolonuna taşınan fosfat iyonları, organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasıyla orto-fosfat olarak birikmektedir. Su içindeki ölü organizma artıklarının bakteriler tarafından parçalanması sonucuyla da fosfor açığa çıkar. Bu açıdan fosfor parçalanmasında bakterilerin etkisi önemlidir (Kocataş, 1986). Fosfat eksikliğinin olduğu şartlarda fitoplankton üretimi yapılırsa, ortama sonradan fosfat ilavesi yapıldığı takdirde fitoplankterlerin Skulberg (1966) tarafından o anda ihtiyaç duydukları besin tuzunun daha fazlasını alıp gelecekte kullanmak üzere depo ettiği ortaya konmuştur (Polat, 1995). Bu metabolik faaliyet sayesinde sudaki besin maddesi seviyesinin önemli ölçüde azaldığı anlarda fitoplankton büyümesi bir süre daha devam eder.

Silikat deniz suyunda çözünmüş veya partiküler halde bulunabilir. Özellikle diatomlar için esas besin elementidir. Bakteriyel mineralizasyonun doğal hızı çok yavaş olduğundan senenin bazı zamanlarında silis fitoplankton büyümesini sınırlayabilir. Diatome türleri için silisin minimum ve optimum konsantrasyonu oldukça geniş bir aralıkta değişim gösterir (Topacık, 1982).
Denizlerdeki silis miktarı diğer besin elementlerinden daha fazladır. Yüzey sularında düşük konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen derin sularda daha fazla bulunur. Okyanusların dip sularında silikat konsantrasyonunun 100-150 µg/l civarında olduğu görülmüştür. Yüzey sularındaki çözünmüş silis konsantrasyonu, bu bölgelerdeki diatom türlerinin hızla arttığı mevsimde fazla kullanım nedeniyle ani düşüşler gösterir.

Işık

Fototrofik mikroalg kültürlerinde büyümeyi ve biyomas üretimini sınırlayan en önemli faktörlerden biri de ışığın şiddeti ve süresidir (Richmond, 1996). Yüksek yoğunluklara ulaşan kültürlerde büyüme, hücrelerin ışığı yeterince kullanamaması ve ortamda zamanla biriken hücre dışı salgılar nedeniyle bir platoya ulaşır. Bu nedenle kültürlerde yüksek hücre yoğunluklarına ulaşabilmek için, hücrelerin ışık kullanımını optimize etmenin yolları aranmalıdır. Örneğin, fototrofik mikroorganizmaların yoğun kültürlerinde ince ışık yoluna sahip biyoreaktörler kullanılmazsa ışık, kültür yüzeyinin sadece çok sınırlı bir kısmına nüfuz edebilir (Richmond ve Zou, 1999) ve sadece yüzeye

yakın kısımdaki fotik zon içinde bulunan hücreler ışıktan yararlanabilir. Bir kültürde büyüme ve buna bağlı olarak alansal (P_a) veya hacimsel (P_v) çıkış hızları, hücrelerin optimal şekilde ışıktan yararlanmasını etkileyen ışık yolu uzunluğu, yüksek ışık şiddeti nedeniyle oluşan fotoinhibasyon veya artan biyomas konsantrasyonlarına bağlı olarak oluşan ışık sınırlaması gibi faktörlere bağlı olabilir (Göksan ve diğ., 2003). Işık ve sıcaklık alglerin çoğalmasını sağlayan iki ana etkendir. Fitoplankton büyümesi ve fotosentez oranları doğrudan ışık şiddeti ile ilgilidir. Diğer taraftan planktonik canlıların fotosentez oranları yüksek sıcaklıkta ışık fazlalığına karşı artar. Ancak alglerin ışık azlığına ve çokluğuna olan uyumları türlere göre değişmektedir. Örneğin, *Chlorella*'da ışık farklılığına uyum, hücre içindeki pigment miktarı değişiklikleri klorofil ile sağlanır. Diatomlarda ise farklı ışık şiddetlerine uyum fotosentezin ışık fazlalığı oranına bağlıdır. Hücre içinde bulunan pigment (klorofil) miktarı da farklı ışık yoğunluğunda aynıdır (Droop, 1973). *Skeletonema costatum* ile yapılan bir çalışmada gün uzunluğuna bağlı olarak Chl : C oranı ve büyüme hızının doğrusal bir şekilde artmasıyla sınırlayıcı besin elementi kullanımı hızının da arttığı görülmüştür (Sakshaug ve diğ., 1989).

Çeşitli ışık şiddetlerinde farklı fitoplankton kültürleri kullanılarak bu alglerin N:P oranları çalışılmıştır. Doygun ışık (116 μ Ein m^{-2} s^{-1}) altında büyüyen algler için bu oran farklıdır. Işık şiddeti ihtiyacı türden türe değişiklik gösterdiği gibi minimum miktarda N ve P konsantrasyonlarına göre de değişim gösterir. Optimum N:P oranı *P. tricornutum*'da N hariç tutulursa , farklı türlerde doğrusal bir ilişki gösterir. Işık durumu ne olursa olsun bütün türler için N , hücre içi protein konsantrasyonu ile doğru bir ilişki göstermiştir. *Phaodactylum tricornutum*, *Thalassiosira pseudonana* ve *Dunaliella tertiolecta*'nınoptimum N:P oranlarının değişimi ile hücre proteinleri arasında ilişki bulunmuştur. Hücredeki karbonhidrat ve proteinlerin oranı ışık şiddetine bağlı değil, sabittir. Bu, fosfat sınırlayıcı kültürlerde daha yüksektir (Wynee ve Rhee, 1986).

Sıcaklık

Sıcaklığın fitoplankton üzerine etkisi iki şekilde görülür :

- Fitoplankton büyümesine direkt etki göstererek,
- Termal tabakalaşma meydana getirerek besin zincirine dolaylı etki ederek (Topacık, 1982).

Hücre içindeki esas enzimlerin tolere sıcaklık aralıklarına bağlı olarak her bir alg türünün tercih ettiği belirli sıcaklık değerleri vardır. Bu değerlerin oldukça altında veya biraz üstünde de büyüyebilirler. Fotosentez olayı nispeten sıcaklıktan bağımsız ise de solunumla ilgili enzimler sıcaklıktan fazla etkilenirler. Artan su sıcaklığının etkisiyle oksijen çözünürlüğü azalır ve dolayısıyla alglerin ve fazla oksijen ihtiyacı duyan türlerin büyümesini sınırlar. Fitoplankton artışları, bazı alglerin tercih ettikleri sıcaklığa göre mevsimlere bağlı olarak görülür. Örneğin, yılın ilk plankton artışını Nisan ve Mayıs aylarında diatomlar, Haziran ve Temmuz aylarında yeşil ve Eylül ayında mavi-yeşil algler meydana getirir.

Fitoplankton büyümesi su içindeki mevcut inroganik besin maddelerinin assimilasyonuna bağlıdır. Bu besin maddelerinin çoğu alg ihtiyacına bağlı olarak genellikle aşırı konsantrasyonlarda alg büyümesini sınırlar (Weiss ve diğ., 1985).

Tuzluluk

Deniz fitoplanktonunun büyümesinde, metabolizmasında ve canlılığında, dolayısıyla dağılımında etkili önemli bir ekolojik faktör ve değişken olan tuzluluk, fitoplankton kültürlerini de etkileyen önemli bir faktördür (Gökpınar, 1983).

Tuzluluk artışına bağlı olarak hücrelerin fotosentez ve protein sentezi kapasiteleri azalır ve tuzluluğun daha çok artırılmasıyla büyüme hızı ve sonuç ürün üzerinde belirgin bir sınırlayıcı etki ortaya çıkar. Ancak, örneğin, örihalin bir form olarak tanımlanan *Prorocentrum tricornitum* tuzluluk değişimlerine karşı diğer fitoplankton türlerinden daha dayanıklıdır. Pek çok türün canlılığını dahi sürdüremeyeceği ‰140 tuzlulukta büyüme hızı çok azalsa bile, fotosentetik aktivitesini belirli bir süre devam ettiği görülmüştür (Gökpınar, 1983).

pH

Algler üzerinde önemli etkiye sahip olan bir parametredir. Karbondioksit - bikarbonat – karbonat dengesi üzerine etki eder ve buna bağlı olarak alg türleri , bu karbon kaynaklarından birini tercih ederler. Değişik pH'da farklı fitoplankton türlerinin dominant olduğu, yapılan bazı çalışmalarda belirtilmektedir (Topacık, 1982). pH değeri, suda bulunan CO_2 miktarındaki değişimle genelde orantılı olarak değişim gösterir. Yine

genellikle yaz aylarında bulunan yoğun fitoplankton topluluğu fotosentez sonucunda CO_2 tüketip, pH miktarında artışa sebep olabilir. Kış aylarında ise fitoplankton sayısındaki sıcaklığa bağlı azalma sonucunda, fotosentezin azaldığı veya tamamen durduğu ortamda CO_2 birikimi oluşur ve suyu asidik yaparak pH nın azalmasına neden olabilir (Tepe ve diğ., 2006).

Sedimantasyon

Sedimantasyon fiziksel bir işlemdir. Planktonik algler çeşitli kuvvetlerin etkisiyle fiziksel olarak devamlı yer değiştirirler. Yer değiştirme ışıklı bölgeye doğru pozitif yönde, altsulara doğru negatif yönde olabilir. Sedimantasyon alg ve ortam suyunun yoğunluk farkından kaynaklanır. Yoğunluğu ise tuzluluk ve sıcaklık belirler (Gargas, 1978).

2.3. BACILLARIOPHYTA GRUBU ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu grup üyeleri altın rengi – kahverengidirler, fukoksantin pigmenti , klorofil a ve c ile çeşitli ksantofilleri içerirler. Her hücre üst üste binmiş kapakçıklardan oluşan bir kutuyu andıran silisli hücre duvarıyla çevrelenmiştir. Tek hücreli veya koloni halinde yaşayan kokoid alglerdir. Membranla çevrelenmiş kloroplast ve nukleusları vardır. Türlerin büyük kısmı akuatiktir, çoğu deniz ve göllerde, bazıları nemli toprakta ve kayalarda yaşar. Denizel fitoplanktonun büyük bölümünü diatom türleri oluşturur. Besin tuzlarının yüzeye taşındığı ılıman okyanuslardaki yüksek birincil üretim kapasitesinden sorumludurlar (Karaçalı, 2008).

Hızlı üreme kabiliyetine sahip hücrelerinin %30 – 60'ı protein, %10 – 50' si karbonhidrat ve %5 – 20'si lipid içeriklidir. Bununla beraber kimyasal kompozisyonları büyüme şartlarına bağlı olarak ciddi değişiklikler gösterebilir. Ortamdaki besin tuzu eksikliği genelde, proteinle ilişkili olarak yükselen karbonhidrat ve lipid seviyelerinin artmasına sebep olur. Diel ışık şartlarına bir cevap olarak da protein ve karbonhidrat salgılarlar (Granum ve diğ., 2002).

Diatom hücre duvarlarında bulunan ve silisli bileşikleri kaplayan yapısal polisakkaritler hücrenin en önemli organik seçici bölgeleridir (Schmid ve diğ., 1981; Volcani, 1981).

Bu tip yüksek üretim bölgelerinde toplanan ölü diatome türleri da daatom toprağını oluşturmaktadır. Bu çamurlardan elde edilen jeolojik artıklar diatomit olarak adlandırılmakta ve su filtrasyonu, diş macunu, deodorant yapımı gibi endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır (Özbey ve Atamer, 1987).

Yeryüzündeki toplam birincil üretimin yaklaşık 1.4×10^{14} kg olduğu ve bunun 20-25% 'inde denizel planktonik diatomların katkısı olduğu tahmin edilmektedir. Bu açıdan ekosfer için kritik öneme sahiptirler (Werner, 1977).

Diatomun Bölünmesi:

Üremede Birinci Aşama

Diatomlar üremeye genelde aseksüel bölünmeyle başlarlar. Tek bir çekirdeği birbirinin içine geçen kabukları vardır.

•Çekirdek bölünürken kabuklar da ayrılır ve her bir yarım kendi içine geçek kapak kabuğu üretir.

• Yavrulardan biri ana hücre ile aynı büyüklükteyken, diğeri daha küçüktür ve yavru hücreler de giderek daha küçüleceklerdir.

• Bu küçülme süreci ana hücre boyutundan % 60-80 küçülene kadar devam eder. Daha sonra eğer çevresel şartlar uygunsa seksüel çevrim başlar. Ancak şartlar olumsuzsa yavrular bölünmek imkansız hale gelene kadar küçülmeye devam eder ve sonunda ölüm olayı gerçekleşir.

Üremede İkinci Aşama

• İkinci üreme çevrimine giren diatomeler dişi veya erkek olabilirler. Her iki cinsinde zarla kaplı uzun kapsülleri vardır. Dişide üç yumurta oluşur ama sadece biri yaşar. Erkekte ise spermatogenia adı verilen parçacıklarda sperm üretilir.

• Çiftleşme spermlerden birisi olgun dişiye ulaşınca başlar. Dişi kıvrılarak zarını açar ve giriş için yer açılır (Van Den Hoek ve diğ., 1995).

2.4. DINOPHYCEAE GRUBU ALGLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Klorofil a ve c, beta-karoten fukoksantin, peridinin, neoperidinin, dinoksantin, neodinoksantin ve diatoksantini içeren çeşitli ksantofil pigmentlerini içerir. Histonları yoktur. Besin rezervleri nişasta ve yağdır. Teka veya hücre duvarı mevcutsa selülozdan

oluşmaktadır. Kromozomları genelde nukleus zarına bağlıdır ve zar mitoz esnasında bozulmadan kalır. Tipik olarak tek hücreli, serbest yüzen biflagellatlardır. Çoğu fotosentetik, bazıları saprofitik, simbiyotik veya holozoik olarak yaşarlar. Hareketli hücrelerin kamçıları bağımsız vuruş modelleri nedeniyle oldukça ayırt edicidir.

Özellikle denizlerde bir ya da birden fazla dinoflagellat türünün aniden artışı sonucunda yoğunluklarının artmasıyla suyun renginin kırmızı ya da kahverengi bir hal aldığı biyolojik bir olay olan red-tide'a sebep olurlar, olay çoğunlukla mevsimsel ve yöreseldir. Genellikle derinliği az olan sahil kesimi sularında veya nehir ağızlarında gözlemlenmektedir. Sudaki besleyici element fazlalığı durumunda ortaya cikmakta ve yoğunluk göstermektedirler. Bu oluşum için durgun suları tercih ederler (Van Den Hoek ve diğ.,1995).

Yine denizlerde görülen ve yakamoz olarak adlandırılan, lüsiferin maddesinin etkin hale gelmesiyle bir ışıma olarak görülen biyolüminesans olayına bu grubun üyeleri de neden olmaktadır, hatta fotosentetik organizmalar arasında biyolüminesansın görüldüğü tek gruptur. Dinofit lüsiferininin kimyasal olarak klorofile benzer bir yapısı olduğu ortaya konmuştur ve bu canlıların genelde kopepod türü avcılardan kendilerini korumak için biyolüminesans yaptığı tahmin edilmektedir (Van Den Hoek ve diğ., 1995).

Üreme: Mitoz bölünme suretiyle aseksüel üremektedirler. Seksüel üreme çok nadir rapor edilmiştir.

2.5. TEST ORGANİZMASI OLARAK SEÇİLEN TÜRLER

2.5.1 *Skeletonema costatum*

Phylum : Bacillariophyta
Classis : Coscinodiscophyceae
Ordo : Thalassiosirales
Familia : Skeletonemataceae
Genus : *Skeletonema*
Species : *Skeletonema costatum*



Şekil 2.1: *Skeletonema costatum*'un genel görünüşü

Skeletonema costatum aşırı üremesiyle ekosisteme zarar veren, diatome türleri için karakteristik olan nitrat redüktaz enzimine sahip denizel fitoplankton komünitelerini oluştururlar (Stearn, 1973). Kutup denizleri hariç dünyanın tüm denizlerinin kıyısal bölgelerinde kozmopolit bir türdür. Kıyısal bölgelerde genelde ilkbahar aşırı artışlarından sorumludurlar (Berrard Therriault ve diğ, 1999). Pelajik formda, bir başka canlıya veya yüzeye tutunmuş şekilde yaşayabiliriler, aşırı üremeleri ekosistemde ciddi zararlara neden olur (Zingone ve diğ., 2005).

2.5.2 *Prorocentrum micans*

Phylum : Dinomastiogota
Classis : Dinophyceae
Ordo : Prorocentrales
Familia : Prorocentraceae
Genus : *Prorocentrum*
Species : *Prorocentrum micans*



Şekil.2.2 : *Prorocentrum micans'*ın genel görünüşü

Zırhlı, denizel planktonik ve aşırı artış yapabilen, soğuk ve ılık sulardan tropik sulara kadar dünyanın tüm denizlerinde bulunan (Dodge, 1975), kozmopolit bir türdür. Hücreleri şekil ve boyut olarak oldukça değişkendir. Damla şeklinde, kalp şeklinde veya yuvarlak olabilir. Sol valvdeki iyi gelişmiş apikal iğneyle (10 µm uzunluğunda) yassılaşmaktadır. Hücreler orta büyüklüktedir (35-70 µm uzunluk, 20-25 µm genişlik). Radial düzenle dizilmiş çeşitli sayıda tübüler trikosist gözenekleri (Wood, 1954; Toriumi, 1980; Dodge, 1975; 1982; 1985; Fukuyo ve diğ., 1990; Steidinger ve Tangen, 1996; Faust ve diğ., 1999) vardır. Periflagelar alan nispeten küçük ve dardır. 2 adet periflagelar gözenek ihtiva eder; bunlardan biri büyük diğeri ise küçük, yardımcı gözenektir. Flagelar gözeneğe bitişik kısımda, hafifçe eğrilmiş perifalgelar plaka bulunur. Plakanın tam karşısında, periflagelar bölgeye bitişik kısımda ise apikal iğne yer alır (Taylor 1980; Toriumi 1980). 2 adet altın rengi-kahverengi kloroplastı bulunan fotosentetik bir türdür. Böbrek şeklindeki nukleusu posterior kısımda yer almaktadır. Genelde 1 adet anteriör vakuolü de bulunur (Dodge, 1975; 1982; Toriumi, 1980; Fukuyo ve diğ., 1990). Aseksüel olarak, ikiye bölünmek suretiyle ürer. *Prorocentrum* genusunun en çok görülen ve en çeşitlilik gösteren türüdür. Neritik ve estuarin sularda görülen planktonik bir tür olmakla beraber okyanuslarda da bulunmaktadır. Tür, çok yüksek tuzluluğa olan toleransıyla da bilinmektedir. Karayip Adaları'ndaki hipersalin tuz lagünlerinde (>‰90) var olan populasyonları kaydedilmiştir (Steidinger ve Tangen 1996). Hücreler aktif yüzücüdür (Dodge 1982; Steidinger ve Tangen, 1996). Dünyanın bir çok bölgesinde büyük red-tide'lara sebep olurlar (Fukuyo ve diğ., 1990). Geniş çaplı bloomlara yol açsa da genelde zararsız olarak değerlendirirler (Taylor ve Seliger, 1979; Anderson ve diğ., 1985; Graneli ve diğ., 1998). Diatom gelişimini engelleyen maddeler salgılayabilir, fakat bunların herhangi bir şekilde besin zincirine girdiği veya daha

yüksek seviyedeki organizmaları etkilediği görülmemiştir (Uchida, 1977) ancak Portekiz ve Güney Afrika'daki kabuklu deniz hayvanlarının ölümüne yol açtığına dair çalışmalar da yayınlanmıştır (Horstman, 1981). Türün toksisitesine dair daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

2.6. ÇALIŞMA SAHASININ GENEL OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer alan, 279 km^2 yüzey alanına sahip, yarı kapalı bir körfezdir. Türk Boğazlar Sistemi'nin bir parçası olarak körfezin hidrodinamik ve biyokimyasal karakteristiği Karadeniz ve Akdeniz arasındaki su kütlelerinin yer değişimiyle ilintilidir. Körfez tektonik orijinli olup, birbirine dar geçişlerle bağlı üç kısımdan oluşmaktadır. Körfezin batı kısmı Yelkenkaya Burnundan başlayıp Hersek Deltası başlangıcında sona erer. Orta kısım Hersek Deltasından başlar ve Gölcük-Yarımca eşiğinde sona erer. Altta Akdeniz kökenli tuzluluk oranı yüksek (‰ 35-38), üstte ise Karadeniz kökenli az tuzlu (‰ 22-28) suların yer aldığı Körfez, iki tabakalı bir su yapısına sahiptir. Bu iki tabakayı, arada oluşan 15-20 metrelik bir geçiş tabakası (halokilin) ayırır (Balkaş ve diğ., 1985; Baştürk ve diğ., 1985; Tuğrul *ve* diğ., 1986). Bu tabakaların kalınlığı mevsimsel olarak, bölgedeki akıntı sistemine, rüzgar ve sıcaklık etkili düşey karışımlara bağlı olarak göreceli olarak değişir. Körfezin doğu bölgesi küçük ve sığdır. Bu nedenle alt tabaka özellikleri bu bölgede değişkendir (Tuğrul ve diğ., 1989). Az tuzlu üst tabaka suları organik maddece ve oksijence zengindir. Alt tabaka suları genelde Marmara dip suları özelliğini taşımaktadır; oksijence çok fakir, fakat besin elementlerince zengindir. Ara tabakada önemli düzeyde oksijen düşüşü olur ve zaman zaman oksijensiz koşullar oluşabilmektedir (Tuğrul ve diğ., 1989).

Marmara Denizi'nin oşinografik özellikleri ve çevresel durumu 1986-1996 arasını kapsayan 10 yıllık bir dönemde yürütülen Ulusal Deniz Araştırmaları Programı çerçevesinde Polat ve Tuğrul (1995, 1996) tarafından kapsamlı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler, Marmara Denizi ara ve alt tabaka sularında oksijen eksikliği bulunduğu ve yüzey sularından önemli miktarda organik maddenin çökelme yolu ile bu iki tabakada birikerek oksijen fakirliğine sebep olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalarda ve daha sonra yürütülen farklı kurumların çalışmalarında Marmara Denizi'ne Karadeniz'den taşınan besin elementleri ve organik madde girdilerinin yıl içinde aylık, hatta anlık olarak önemli düzeylerde değiştiği

belirlenmiştir. Karadeniz girdilerinin yanı sıra İstanbul metropolitan bölgesinden Doğu Marmara basenine karasal girdilerin önemi de vurgulanmıştır (Orhon ve diğ., 1994, Tuğrul ve Polat, 1995). 1999 yılında İSKİ tarafından onaylanan Mastır Plan çerçevesinde başlatılan çalışmalar içerisinde özellikle İstanbul metropolitan bölgesinden kaynaklı kirletici girdilerinin kritik önem taşıması nedeni ile bu bölgede arıtım ve deniz deşarjlarında yapılacak yeni düzenlemeler (özellikle arıtım seviyelerinin üçüncü aşamaya kadar yükseltilmesi) öngörülmüş ve bu çalışmalar paralelinde düzenli deniz izleme çalışmaları da gerçekleştirilmiştir (Okuş ve diğ, 2008).

İzmit Körfezi'nde biyolojik üretkenliğin zamana ve bölgelere bağlı olarak değişimler gösterdiği daha önce yapılan çalışmalarda saptanmıştır (Tuğrul ve diğ,, 1989). İzmit Körfezi'nde algal kompozisyonunun önemli bir bölümünü diatom türleri oluşturmaktadır. Bu grubun daha çok ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde önemli artış gösterdiği gözlenmiştir.

İzmit Körfezi'nin üst sularında inorganik besin elementleri ilkbahar-sonbahar arasında tüketim nedeniyle oldukça düşük olup, Marmara ve Karadeniz değerlerine yakındır. Alt sulardaki azot, fosfor ve silikat değerleri kış aylarında suların yenilenmesi nedeniyle azalmaktadır. İlkbahardan başlayarak artmakta olan nitrat, fosfat ve silikat değerleri sırasıyla, 14, 1.34, 42 μM düzeyine ulaşmaktadır (Morkoç, 1991). Ortalama S:N:P oranı alt sularda 31:10:1 olarak hesaplanmıştır. N/P oranı yüzey sularında 7 ve 7'den daha az bulunmuştur (Okay, 1986).

Ortam şartlarına bağlı olarak fitoplankton üretimini kontrol eden besin element(ler)i zaman içerisinde değişebilmektedir. Bu kapsamda İzmit Körfezi'nde daha önce yapılan çalışmalarda sınırlayıcı besin elementinin 20 yıl içerisinde tamamen değiştiğini göstermiştir (Morkoç ve diğ., 1988; Tüfekçi ve diğ., 1998). Bu nedenle, Körfez suyunda fitoplankton tür ve birey sayısındaki değişimle birlikte, sınırlayıcı besin element(ler)inin de sürekli izlenmesi ve saptanması ötröfikasyonu önleme çalışmaları için temel teşkil edecektir. 20 yıl öncesinde İzmit Körfezi'nde yapılmış olan çalışmada sınırlayıcı besin elementi silikat ve fosfat bulunurken ortamda baskın olan fitoplankton türünün diatomeler olduğu tespit edilmiştir (Morkoç ve diğ., 1988). Ancak 1997-1998 periyodunda yapılan biyodeney çalışmaları sonucunda, İzmit Körfezi'ndeki sınırlayıcı

besin elementi azot olarak bulunmuş ve N/P oranının da 0.45-1.8 arasında olduğunu tespit edilmiştir. Aynı dönemde baskın olan fitoplankton grubunun dinoflagellatlar olduğu açıklanmıştır (*Prorocentrum micans*, *Noctilica scintillans* ve bazı *Gonyaulax* sp.) (Tüfekçi ve diğ., 1998).

1990-2000 (Aktan, 2005) ve 2001-2002 (Tolun, 2002) yılları arasında İzmit Körfezi'nde yapılan başka bir çalışmalarda tür ve birey sayısı bakımından dinoflagellatların dominant olduğu, diatomların daha çok kış aylarında baskın oldukları bulunmuştur. Özellikle iç Körfezde birey sayısının dış körfeze göre daha fazla olduğu da belirtilmiştir. Toplam fitoplanktonun yaklaşık %85-95'ini dinoflagellat grubunun oluşturduğu tespit edilmiştir. Dinoflagellat türlerinden, *Ceratium fusus, Ceratium tripos, Ceratium furca, Gonyaulax* sp. *Gymnodinium sanguineum,* az miktarda da *Dinophysis caudata, Dinophysis acuta, Peridinium claudicans Peridinium depressum Peridiniun steinii Prorocentrum compressa Prorocentrum micans, Prorocentrum scutellum* ve diatom türlerinden ise *Cylindrotecha closterium, Melosira* sp. *Thalassiosira decipiens, Thalassionema nitzschioides* bolluk ve sıklık oranı en fazla türler olarak kaydedilmişlerdir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ETKİ DENEYLERİ

İzmit Körfezi'nin yüzey tabakasından alınmış deniz suyu örneklerinden izole edilen fitoplankton türlerinin ve Dunstaffnage Deniz Laboratuvarı'ndan alınan saf kültürlerin (*Prorocentrum micans, Skeletonema costatum*) laboratuvar ortamında çeşitli N/P oranlarında büyümeleri üzerine olan etkileri ve bu etki sonucunda suda oluşan değişiklikler 20-30 gün süren etki denemeleri ile belirlenmiştir. Böylece farklı ortamlarda yetişen aynı türün davranışının izlenmesi amaçlanmıştır.

3.2. DENEYLERDE KULLANILAN SEYRELME SUYUNUN ALINMASI VE KORUNMASI

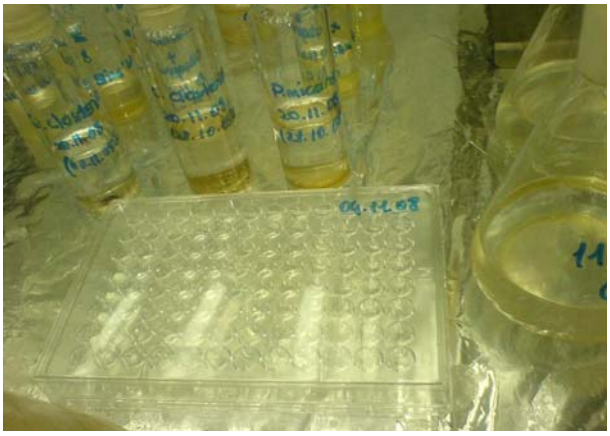
Deneylerde kullanılan su örneği İzmit Körfezi' nin batı kesiminde TÜBİTAK-MAM açıklarından yüzey tabakasından tek noktadan alınmıştır. Laboratuvara getirilen deniz suyu, içinde bulunan doğal türlerden arındırılması amacıyla önce 1,2 µm göz açıklığındaki filtreden, daha sonra 0,2 µm veya 0,45µm göz açıklığındaki membran filtreden geçirilmiştir. Süzülen deniz suyu daha sonra 121 °C'de 15 dakika otoklavda steril edilmiş, uygun polietilen kaplar içerisinde deney zamanlarına kadar -18 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır.

3.3. İZOLASYON AŞAMASI

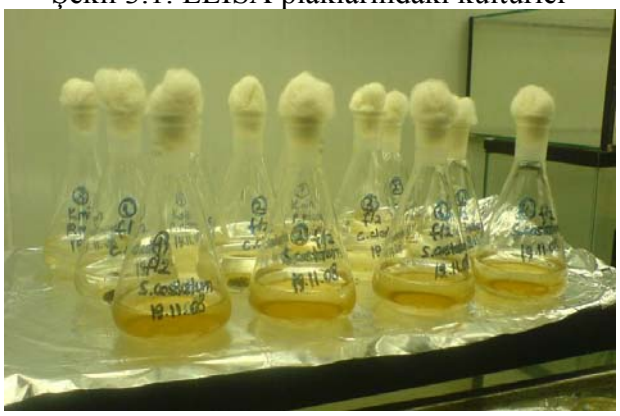
Alg izolasyonu için gereken su örnekleri İzmit Körfezi'nden TÜBİTAK-MAM 'ın bulunduğu bölgenin yaklaşık 500 m açığından ve 10 m derinlikten yüzeye doğru, 55 mikron göz açıklığına sahip plankton kepçesi yardımıyla alınmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler, fitoplankton populasyonunun zooplanktondan korunup muhafaza edilebilmesi ve sağlıklı bir izolasyon yapılabilmesi amacıyla 200 mikron göz açıklığına sahip elekten geçirilmiştir. Elekten geçirilen numuneye, türlerin yaşamsal aktivitelerini sürdürmelerine ve doğal ortamdan laboratuvar ortamına adaptasyonuna yardımcı olmak

amacıyla azot ve fosfor gibi ana besin tuzları ilave edilmiştir. Numune inverted mikroskop altında incelenmiş ve istenilen fitoplankton türlerinin tespiti yapılmıştır. Pasteur pipetiyle stereomikroskop altında izole edilen (Belcher ve diğ., 1982) türler, f/2 ve K minimum besiyerlerini (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2) içeren elisa plaklarının kuyucuklarına ekilmiştir. *S. costatum* için f/2 besiyeri (Tablo 3.1), *P. micans* içinse K min besiyeri (Tablo 3.2) kullanılmıştır. 250 µl'lik ELISA plağı kuyucuklarında bulunan kültürler TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü kültür odasında büyümeye alınmıştır.

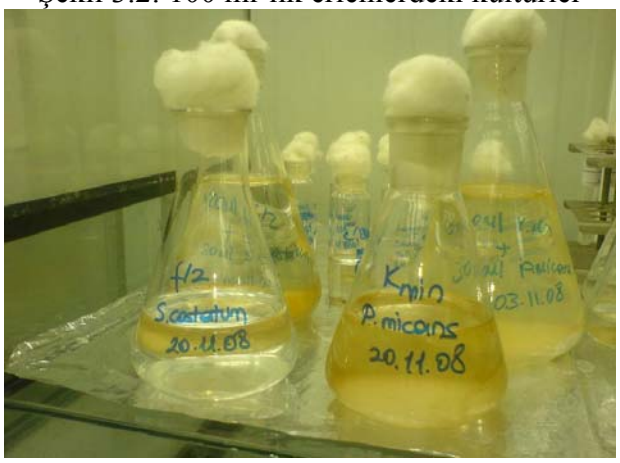
Plaklara ekilmiş kültürlere yaklaşık 7 - 10 günlük zaman aralığında harici kontroller yapılmış, kültürlerin renk verip vermediğine bakılmıştır (Kullanılan türler stereomikroskop altında incelenerek üreyip üremedikleri kontrol edilmiştir.). En az 7 - 10 günlük bu ilk üreme süreci takibinden sonra, kuyucuklarında artış görülen türler daha büyük hacimlerdeki erlenlere alınmıştır. Erlenlerdeki kültürler yine yaklaşık 7 - 10 günlük harici gözlem sürecinden geçtikten sonra otomatik pipetler yardımıyla kültürlerden alınan küçük hacimlerde örneklerin inverted mikroskop altında artışları incelenmiştir. Artış görülen erlenlerdeki kültürler bu kez daha büyük hacimlerde erlenlerde kültüre alınmıştır. 100 ml' lik erlenlerde yaklaşık 50 ml besiyeri ve 2-5 ml örnek içeren bu yeni kültürlerin devamlılığı yine aynı yöntemlerle sağlanmıştır. 7-10 günlük periyodlarda kültürler kontrol edilerek taze besiyeri içeren ortamlara yeni ekimler yapılmıştır.



Şekil 3.1: ELISA plaklarındaki kültürler



Şekil 3.2: 100 ml'lik erlenlerdeki kültürler



Şekil 3.3: 500 ml'lik erlenlerdeki kültürler

3.4. KÜLTÜRLER İÇİN KULLANILAN BESİYERLERİ

3.4.1. f/2 + Si Ortamı

Skeletonema costatum türü için kullanılan besiyeri olan f/2+Si ortamının içeriği Tablo 3.1' de özetlenmiştir.

Tablo 3.1: f2 + Si ortamının içeriği

STOKLAR	**(/L)**
(1) İz elementler	
Na_2 EDTA	4.16 g
$FeCl_3.6H_2O$	3.15 g
$CuSO_4.5H_2O$	0.01 g
$ZnSO_4.7H_2O$	0.022 g
$CoCL_2.6H_2O$	0.01 g
$MnCl_2.4H_2O$	0.18 g
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.006 g
(2) Vitamin karışımı	
Cyanocobalamin (Vitamin B12)	0.0005 g
Thiamin HCl (Vitamin B1)	0.1 g
Biotin	0.0005 g
(3) Sodyummetasilikat	
$Na_2SiO_3.9H_2O$	30.0 g
MEDYUM	**(/L)**
$NaNO_3$	0.075 g
$NaH_2PO_4.2H_2O$	0.00565 g
İz element stok solüsyonu (1)	1.0 ml
Vitamin karışımı stok solüsyonu (2)	1.0 ml
Sodyum metasilikat stok solüsyonu (3)	1.0 ml

3.4.2. K Minimum Ortamı

Prorocentrum micans türü için kullanılan besiyeri olan K Minimum ortamının içeriği Tablo 3.2'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2: K minimum ortamının içeriği

STOKLAR	**(/L)**
(1) İz elementler	
Na_2 EDTA	4.36 g
$FeCl_3.6H_20$	3.15 g
$ZnSo_4.7.H_20$	0.022 g
$CoCl_2.6H_2O$	0.01 g
$MnCl_2.4H_2O$	0.18 g
$Na_2MoO_4.2H_20$	0.006 g
(2) Vitamin karışımı	
Cyanocobalamin (Vitamin B12)	0.0005 g
Thiamine HCl (Vitamin B1)	0.1 g
Biotin	0.0005 g
(3) Na_2SeO_3	0.002 g
MEDYUM	**(/L)**
$NaN0_3$	0.075 g
$NaH_2Po_4.2H_2O$	0.00565 g
İz element stok solüsyonu (1)	1.0 ml
Vitamin karışımı stok solüsyonu (2)	1.0 ml
Na_2SeO_3 stok solüsyonu (3)	1.0 ml

- Seyrelme suyu ile yukarıdaki tariflere uygun olarak hazırlanan besiyerlerinin pH 'sı 1M NaOH veya HCl ilaveleriyle 7.8- 8.0 olacak şekilde ayarlanmıştır.

- pH' sı ayarlanmış besiyerleri 121°C 'de 15 dakika otoklavlanarak steril edilmiştir.

3.5. BİYODENEYLERDE YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER

Analizler fitoplanktonun gelişim eğrisine denk gelecek şekilde ilk 5-7 gün arası hemen hemen hergün daha sonraki günlerde 10., 14., 20. , 25. ve 30. günlerde veya kültürlerde meydana gelmeye başlayan ve gözle izlenebilen bir takım değişiklerin gözlenmeye başladığı anda yapılmıştır. Tasarlanan deney setleri için 3 şekilde ölçüm ve analiz metodu uygulanmıştır.

3.5.1. Mikroskopta direkt sayım

Her gün aynı saatte aynı deney tüplerine iyice çalkalanmış süspansiyon numunenin her birinden 5'er ml alınıp içine 50 µl formaldehit ilave edilerek hücreler fiske edilmiştir. Daha sonra da ışık mikroskobu altında Neubauer sayım kamarası kullanılarak doğrudan sayım yapılmış ve milimetredeki hücre adedi hesaplanmıştır (AWWA, WPCF, 1989).

3.5.2. Klorofil-*a* ölçümü

- **Direkt süspansiyonda ölçüm**

Klorofillerin floresan özelliklerinin yalnız ekstraklarda değil, yaşayan hücrelerde de olması su örneklerinde direk ölçüm yapılabilmesine olanak sağlar. Bu ölçüm sonucu "in vivo" floresan olarak adlandırılır. Bu özelliği ile fitoplankton türleri içeren örneklerin floresan şiddetleri (rölatif olarak) hiçbir ön işleme tabi tutulmaksızın floresan spektrofotometresinde emisyon (emilme) dalga boyu=663 Eksitasyon (uyarılma) dalga boyu= 430'da okunmuştur.

- **Ekstraksiyon metodu**

Biyodeney kaplarından belirlenen günlerde alınan 50 ml hacminde su örnekleri GF/F (glass-fiber) filitre kağıdından süzülerek aseton ekstraksiyon metoduna göre analiz edilerek klorofil-*a* miktarı belirlenmiştir.

Yöntem

Klorofil-a analizi için 50 ml hacimde örnek 25 mm çapa sahip GF/F filitre kağıtlarından 0,5 atm. vakum altında süzülmüştür. Süzülen filtre kağıtları analiz gününe kadar petri kaplarında - 20 oC de, derin dondurucuda saklanmıştır. Örneklere %90'lık aseton ilave edilerek, 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkarılan örneklere ezme işlemi uygulanmış, 2000-3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki berrak sıvı otomatik pipetle alınarak spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır. Okumalarda blank (şahit) olarak %90'lık aseton kullanılmıştır. Örnekler, 750, 663, 645, 630 nm dalga boyunda okunmuştur. 750 nm'de okunan değer düzeltme değeri olup, bulanıklıktan meydana gelebilecek hataların giderilebilmesi için, bu dalga boyunda okunan değer, diğer okunan değerlerden çıkarılmıştır. Sonuçlar mg/m^3 klorofil-*a* olarak hesaplanmıştır (APHA, AWWA,WPCF, 1989).

3.5.3. Besin elementleri analizi

Fitoplanktonun önemli gelişim evrelerinde biyodeney kaplarından yaklaşık 10 ml hacimde su örneği alınarak skalar marka otoanalizör kullanılarak besin tuzları (NO_3+NO_2-N, o-PO_4, Si) ölçümleri yapılmıştır.

Yöntem

Besin elementleri tayini (nitrat+nitrit azotu, fosfat, silikat,) 4 kanallı Skalar marka otoanalizör kullanılarak yapılmıştır. 1989 (APHA, AWWA, WPCF) ve 1990 (ASTM)'da tanımlanmış bu analizler kolorimetrik olarak ölçülmüştür.

Fosfat, amonyum molibdat ve potasyum antimonil tartarat ile reaksiyona sokularak kompleks asit oluşturur. Bu kompleks asit askorbik asit tarafından mavi renkli bir kompleks oluşturarak indirgenir. Bu renk 880 nm dalga boyunda ölçülür.

Nitrat+nitrit azotunun ölçülmesi kadmiyum indirgeme metodu prensibine dayanmaktadır. Numunenin, granül halinde bakır kadmiyum içeren bir kolondan geçirilerek nitratın nitrite indirgenmesi esasına dayanır. Nitrit (orijinal numunede

bulunan+indirgenmiş nitrat) α- naftiletilendiamin dihidrkolorür ile bağlanmış sülfanilamid ile koyu renkli azo boya formuna dönüştürülerek (diazotlama) 540 nm'de ölçülür. Kolonun devreden çıkarılmasıyla örneklerdeki NO_2-N konsantrasyonları ölçülebilir.

Silikat tayini molibdat yöntemi esasına göre aşağıdaki reaksiyona dayanan otomatik bir yöntemdir. Amonyum molibdat ile karışarak asitlenmiş örnek molibdosilisik asite dönüşür. Oluşan bu asit daha sonra askorbik asit ile molibdenyum maviye indirgenir. Bu renk 810 nm'de ölçülür. Okzalik asit ilavesi ise fosfatın girişim (interfere) etmesini engeller.

3.5.4. İstatistik Analizleri

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS paket programı (Statistical Package for Social Sciences) Anova (Analysis of Variance) Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

3.6. *PROROCENTRUM MICANS* İLE YAPILAN DENEYLER

Prorocentrum micans türünün yurtdışından getirtilen suşuna *P. micans* CCAP1136/15, İzmit Körfezi'nden izole edilen suşuna ise *P. micans* İ.K. isimleri verilmiştir. Her iki tür ile ayrı setler halinde yapılan deneylerde 1 litre başlangıç deniz suyu hacmi, 1 x 10^6 hücre/L başlangıç hücre konsantrasyonu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ışık yoğunluğu 40 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ iken kültür odasındaki ışık periyodu 16 : 8 aydınlık : karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır. *P. micans* CCAP1136/15 türüyle yapılan deney 21 gün, *P. micans* İ.K. türüyle yapılan deney ise 30 gün sürmüştür. Azot ve fosforun modifiye edilmiş oranları (Tablo 3.4) haricinde bu tür için kullanılan K medyumun diğer bileşenleri 1 litre deniz suyu içinde ortam hazırlanırken kullanılan kadar konulmuştur. (N/P konsantrasyonu 24 olan örnekteki konsantrasyon K minimum ortamının orijinal N/P oranına tekabül ettiğinden numune kontrol grubu olarak kullanılmıştır.)

Tablo 3.3: *P. micans* türleri için kullanılan ortamların besin tuzu konsantrasyonları

ERLEN NO	N/P	EKLEME ORANI	N (µM)	P (µM)
KONTROL	24,3	K Medyum	883	36,3
1	1,2	1/20 N	44,2	36,3
2	4	1/6 N	147,2	36,3
3	8,1	1/3 N	294,3	36,3
4	73	1/3P	883	12,1
5	146	1/6 P	883	6,05
6	485	1/20 P	883	1,82

3.7. SKELETONEMA COSTATUM İLE YAPILAN DENEYLER

Skeletonema costatum türünün yurtdışından getirtilen suşuna *S. costatum* CCAP1077/1B, İzmit Körfezi'nden izole edilen suşuna ise *S. costatum* İ.K. isimleri verilmiştir. Her iki tür ile ayrı setler halinde yapılan deneylerde 1 litre başlangış deniz suyu hacmi, 1 x 10^6 hücre/L başlangıç hücre konsantrasyonu kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ışık yoğunluğu 40 µmol.m^{-2}.s^{-1} iken kültür odasındaki ışık periyodu 12 : 12 aydınlık : karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır. *S. costatum* CCAP1077/1B türüyle yapılan deney 23 gün, *S. costatum* İ.K. türüyle yapılan deney ise 30 gün sürmüştür. Azot ve fosforun modifiye edilmiş oranları (Tablo 3.3) haricinde bu tür için kullanılan f/2 + Si medyumun diğer bileşenleri 1 litre deniz suyu içinde ortam hazırlanırken kullanılan kadar konulmuştur. (N/P konsantrasyonu 24 olan örnekteki konsantrasyon f/2 + Si ortamının orijinal N/P oranına tekabül ettiğinden numune kontrol grubu olarak kullanılmıştır.)

Tablo 3.4: *S. costatum* türleri için kullanılan ortamların besin tuzu konsantrasyonları

ERLEN NO	N/P	EKLEME ORANI	N (µm)	P (µM)	Si (µM)
KONTROL	24,3	f/2 Medyum	883	36,3	141,5
1	1,2	1/20 N	44,2	36,3	141,5
2	4	1/6 N	147,2	36,3	141,5
3	8,1	1/3 N	294,3	36,3	141,5
4	73	1/3P	883	12,1	141,5
5	146	1/6 P	883	6,05	141,5
6	485	1/20 P	883	1,82	141,5

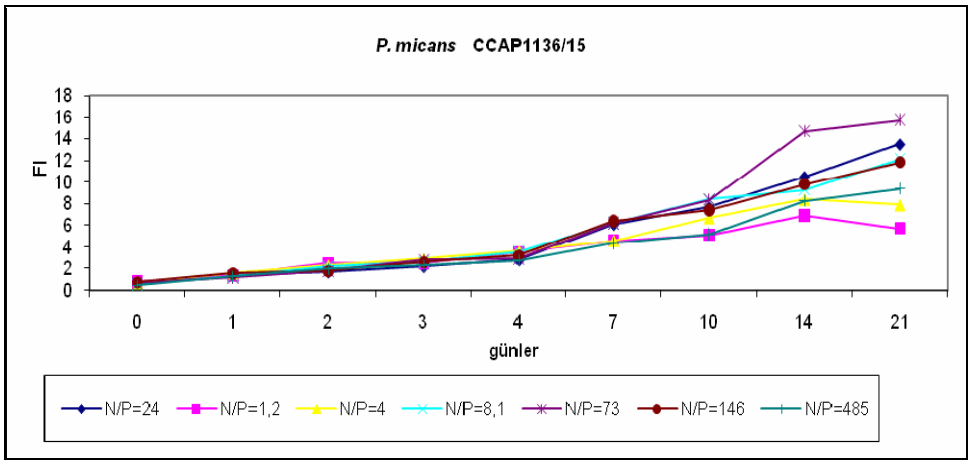
4. BULGULAR

4.1. *PROROCENTRUM MICANS* DENEYLERİ

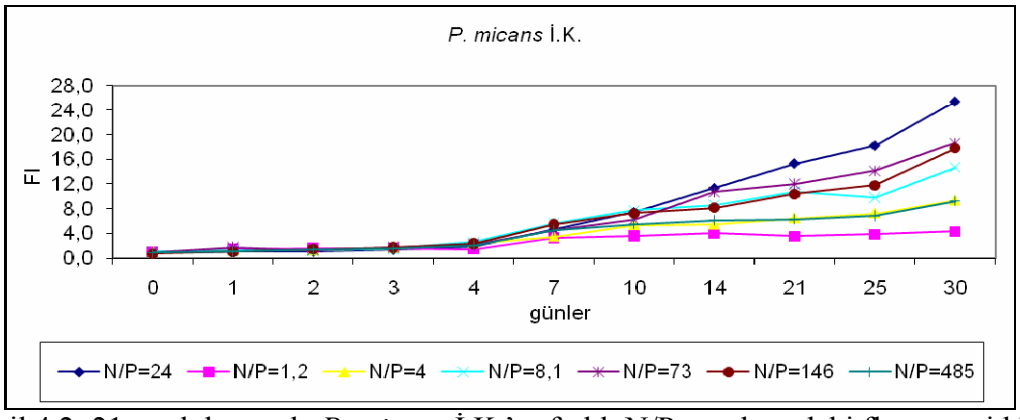
4.1.1. Floresan Şiddeti Ölçümleri

P. micans CCAP1136/15 türü ile yapılan deneyin ilk haftalık ölçümlerinde floresan şiddeti (FI) değerlerinin yükseliş gösterdiği kaydedilmiştir. İlk maksimum artış hemen hemen tüm örneklerde 7. günde görülmüştür. En yüksek artışlar N/P oranının 146 ve 73 olduğu örneklerde 14. günde ve en düşük artışlar da N/P oranının 1,2 ve 4 olduğu örneklerde görülmüştür. N/P oranı 146 olan örnek ile kontrol örneği (N/P=24) aynı artış eğilimlerini gösterirken N/P oranının 73 olduğu örnekte kontrolden daha yüksek FI değerlerine ulaşıldığı tespit edilmiştir. 14. günden itibaren ise hemen hemen sabit değerler ölçülmüş ve kayda değer bir artışa rastlanmamıştır (Şekil 4.1).

P. micans İ.K. türü ile yapılan biyodeney çalışmasının da *P.micans* CCAP1136/15 türü ile yapılan biyodeney çalışmasının sonuçlarından çok farklı olmadığı görülmüştür. *P. micans* İ.K. türü ile yapılan deneyin ilk 4 gününde hemen hemen sabit değerler ölçülmüş, 4. ve 7. günler arasındaki ilk artışı takiben örnekler arasında belirgin ölçüm farklılıkları gözlenmeye başlanmıştır. N/P oranı 24 (kontrol) olan örnek diğer serilere göre maksimum artışı gösterirken, N/P oranı en düşük olan 2 örnek (1,2 ve 4) ve N/P oranı en yüksek olan (485) örneklerde 7. günden sonra artış gözlenmemiştir Ölçülen FI değerlerinden türün en fazla gelişme gösterdiği N/P oranının 146 ve 73 olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15'ın farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi

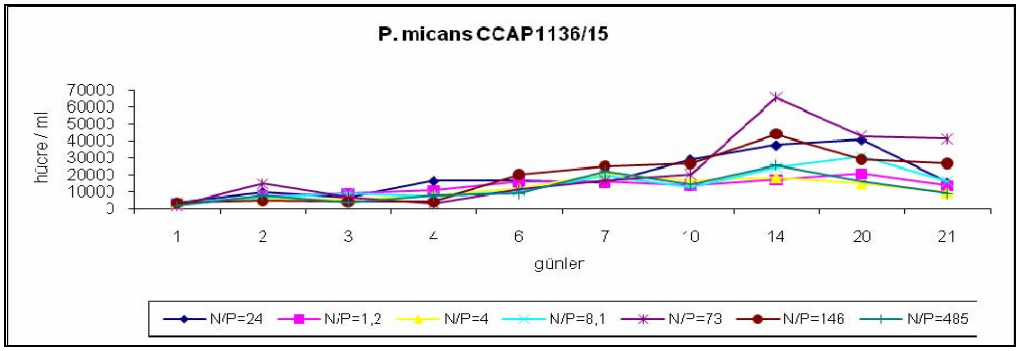


Şekil 4.2: 21 günlük sürede *P. micans* İ.K.'ın farklı N/P oranlarındaki floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi

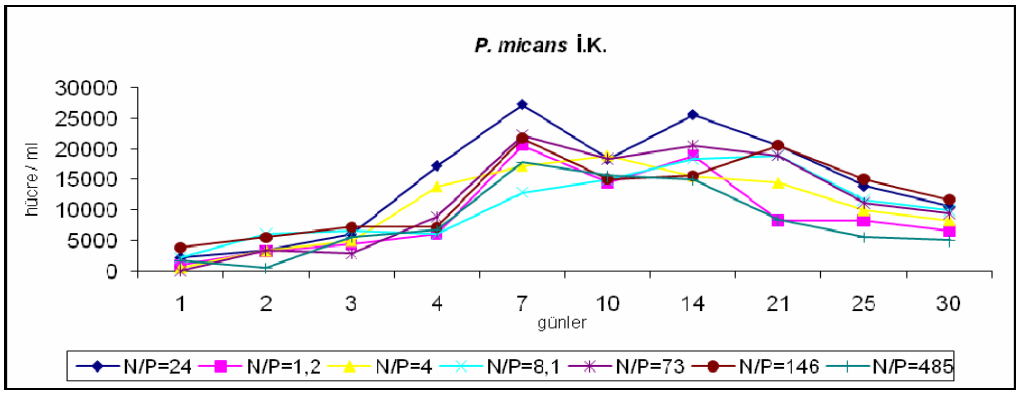
4.1.2. Hücre Sayımları

P. micans CCAP1136/15 türü ile yapılan deneylerin hücre sayımlarında ilk belirgin artış 14. günden sonra N/P oranının 73 olduğu örnekte görülmüştür. Daha sonraki kayda değer artış ise N/P oranının 146 olduğu örnekte gözlenmiştir. (Şekil 4.3).

P. micans İ.K. türü ile yapılan deneyin hücre sayımlarında maksimum değer 7. günde N/P oranının 24 olduğu örnekte gözlenmiş, 10. günde tüm örneklerde azalma kaydedilmiş, 14.günde ise tekrar artış gözlenmiştir. Minimum hücre sayısı, en yüksek N/P oranına sahip örnekte ve maksimum hücre sayısı ise N/P oranının 24, 73 ve 146 olduğu örneklerde kaydedilmiştir (Şekil 4.4).



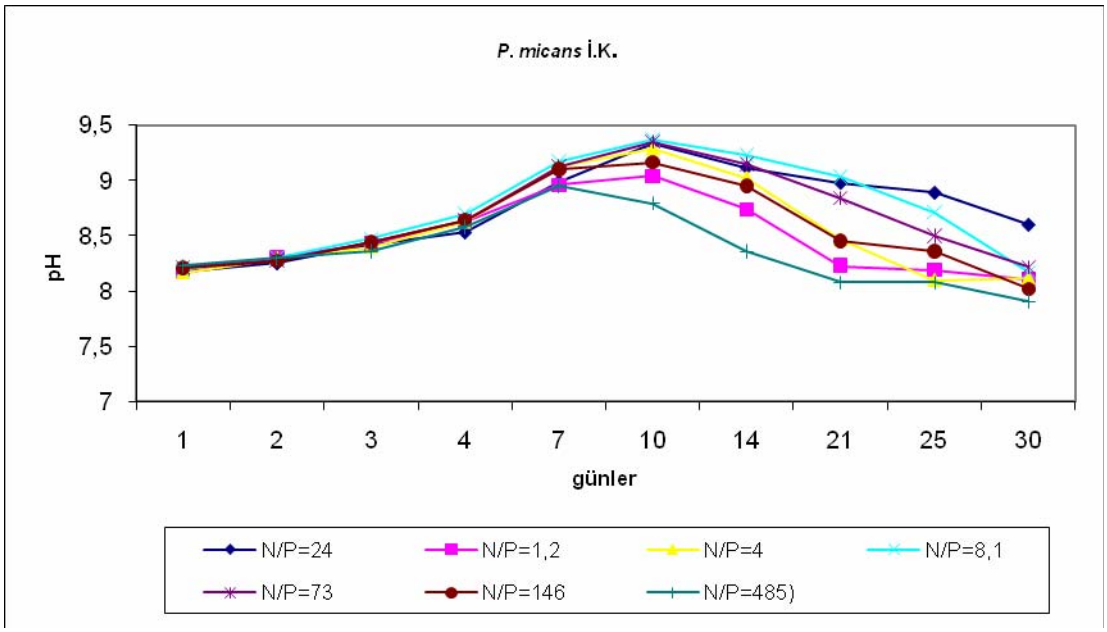
Şekil 4.3: 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15'ın hücre sayısının farklı N/P oranlarındaki değişimi



Şekil 4.4: 30 günlük sürede *P. micans* İ.K.'nın hücre sayısının farklı N/P oranlarındaki değişimi

4.1.3. pH Ölçümleri

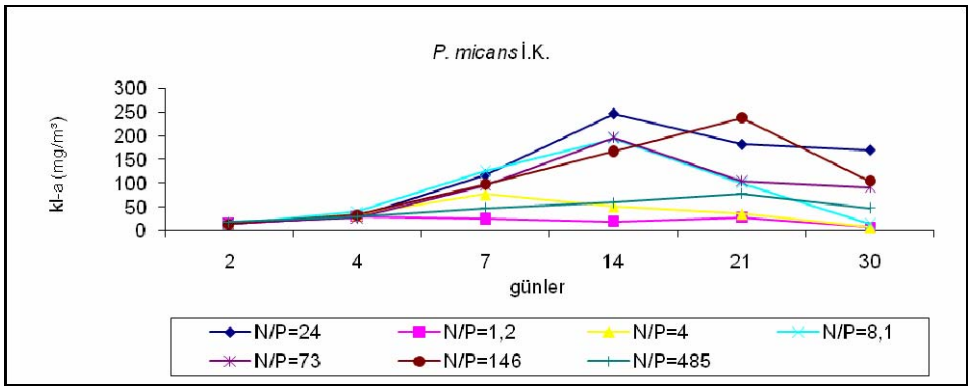
P. micans İ.K. türü ile yapılan deneyde pH'nın ilk 14 günlük ölçümlerinin N/P oranı en yüksek olan örnek dışında tüm örneklerde artışta olduğu kaydedilmiştir. Takip eden günlerde ise deneyin sonuna doğru bu değerin hücre sayısındaki düşüşe bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. N/P oranı en yüksek olan örnekte pH 10. günden itibaren azalmaya başlamıştır.



Şekil 4.5: 30 günlük sürede *P. micans* İ.K.'nın pH değerlerinin farklı N/P oranlarındaki değişimi

4.1.4. Klorofil-*a* Miktarı Ölçümleri

Yapılan klorofil-*a* ölçümlerinde en düşük N/P oranları (1,2, 4 ve 8,1) hariç artışların ilk iki hafta boyunca devam ettiği gözlenmiştir. En yüksek klorofil-*a* değeri N/P oranının 24 olduğu kontrol serisi ve 146 olduğu limtili fosfora sahip seride ölçülmüştür. Serilerin hemen hemen tamamında 21. günden itibaren düşüş gözlenmiştir (Şekil 4.6) .

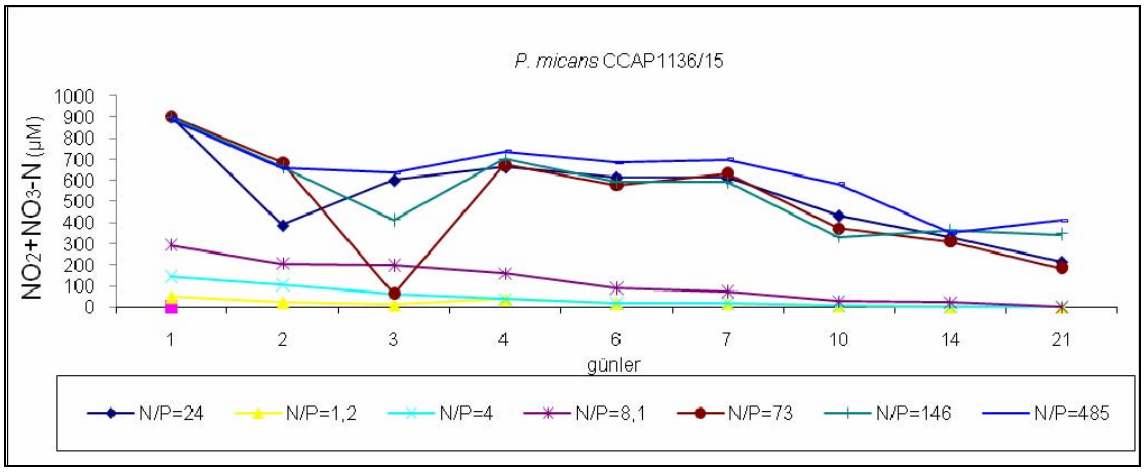


Şekil 4.6: 30 günlük sürede farklı N/P oranlarında *P. micans* İ.K. kültüründe klorofil-*a* konsantrasyonunun değişimi

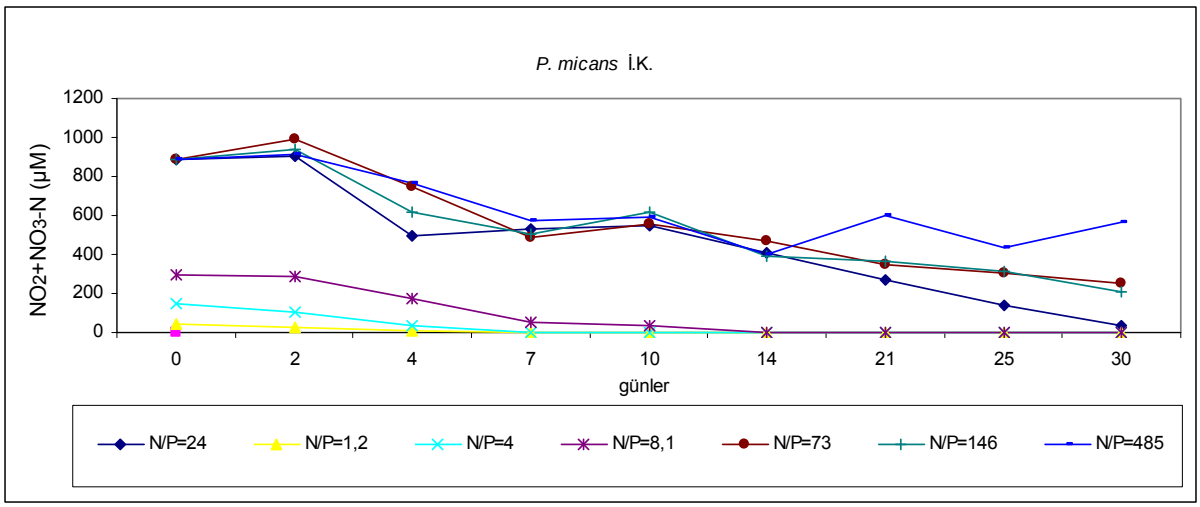
4.1.5. Kültürlerde NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi

P. micans CCAP1136/15 kültüründe en düşük N/P oranına sahip örnekteki NO_2+NO_3-N'nun 2. günden itibaren kullanılmaya başlandığı gözlenmiştir. N/P oranı 4 ve 8,1 gibi en düşük olan örneklerde NO_2+NO_3-N'nun 2. ve 4. günler arasında tükendiği belirlenmiştir. N/P oranı 24 olan örnekte NO_2+NO_3-N miktarı dalgalanma göstermiştir. En az NO_2+NO_3-N'u kullanımı ise fosfor sınırlamasının olduğu N/P oranı 485 olan örnekte görülmüştür (Şekil 4.7).

P. micans İ.K. kültüründe ise, en düşük N/P oranına sahip 3 örnekte NO_2+NO_3-N'nun 2. günde kayda değer bir düşüş gösterdiği gözlenmiştir. N/P oranı 4 ve 8,1 olan kültürlerde NO_2+NO_3-N'unun 2. ve 4. günler arasında tükendiği kaydedilmiş, diğer örneklerde ise miktarın 4., 11. ve 14. günlerde azaldığı görülmüştür. 14. günden itibaren N/P oranı en yüksek olan örnek hariç tüm örneklerde NO_2+NO_3-N'u miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7: 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi

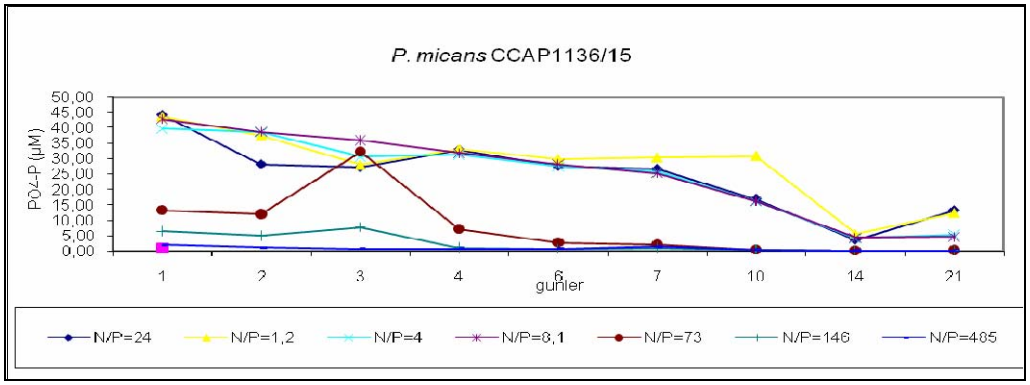


Şekil 4.8: 30 günlük sürede *P. micans* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi

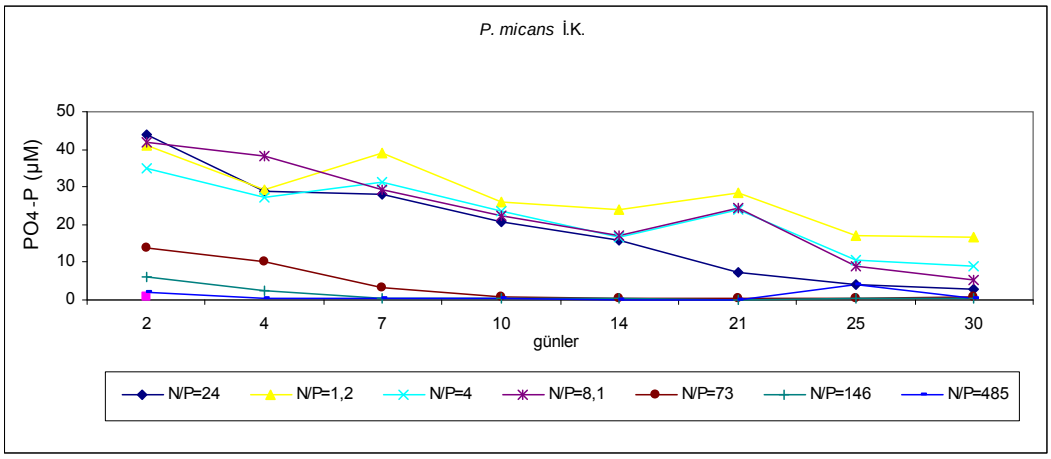
4.1.6. Kültürlerde orto-fosfat değişiminin izlenmesi

P. micans CCAP1136/15 kültüründe yapılan 21 günlük ölçümlerde fosfor sınırlamasının olduğu N/P oranı en yüksek olan seride orto-fosfat miktarının 2. günden itibaren kullanıldığı belirlenmiştir. N/P oranı 146 olan örnekte orto-fosfat miktarı 3. gün artış göstermesine rağmen sonra azalıp tamamen tükendiği görülmüştür. N/P oranı 73 olan örnekte orto-fosfat miktarının 3. günde kayda değer bir artış gösterdiği, 7. günde ise tamamen tükendiği tespit edilmiştir. Azot sınırlamasının olduğu düşük N/P oranlarına sahip örneklerde orto-fosfat miktarı 10. güne kadar diğer örneklere göre daha az kullanılmış, ancak daha sonra daha hızlı kullanılarak ani bir düşüş göstermiştir (Şekil 4.9).

P. micans İ.K. türü ile yapılan biyodeney çalışması sonucunda da *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe elde edilenlere benzer sonuçlar bulunmuştur. Ancak azot sınırlamasının olduğu düşük N/P serilerinde fosfor kullanımının daha yavaş olduğu, kullanımın 25. günlere kadar devam ettiği tespit edilmiştir. N/P oranı yüksek olan serilerdeki orto-fosfat miktarı 4. günden itibaren kayda değer bir azalma göstermiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.9: 21 günlük sürede *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe farklı N/P oranlarında orto-fosfat miktarının değişimi



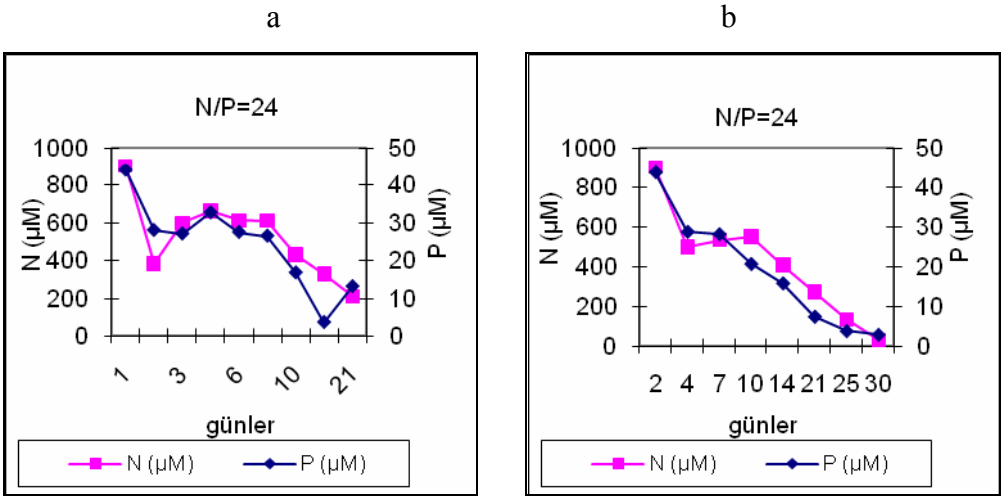
Şekil 4.10: 25 günlük sürede *P. micans* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında NO_2+NO_3-N'u miktarının değişimi

4.1.7. NO_2+NO_3-N'u, o-PO_4 ve Hücre Sayımları Arasındaki İlişkiler

P. micans CCAP1136/15 kültürü ile yapılan testlerde N/P oranı 24 olan kontrol örneğindeki mevcut NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'un önemli bir kısmının birinci gün tüketildiği görülmüş, 7. güne kadar ise bu miktarlarda kayda değer bir değişimin

olmadığı tespit edilmiştir. NO_2+NO_3-N'u ve miktarı 10. günden deney sonuna kadar azalma göstermiş, o-PO_4 miktarı ise 10. günden 14. güne kadar önce azalmış daha sonra ise artış göstermiştir (Şekil 4.11 a).

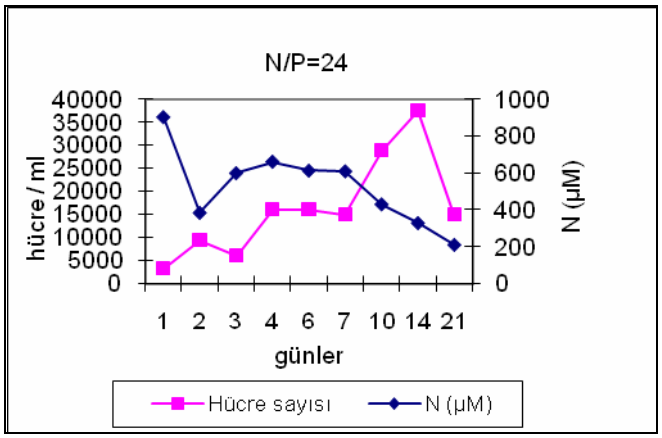
P.micans İ.K. kültürü ile yapılan ölçümlerde ise N/P oranı 24 olan kontrol örneğinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'un %50 den fazlasının ilk 2 günde tüketildiği, takip eden günlerde kullanımın daha hızlı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11 b).



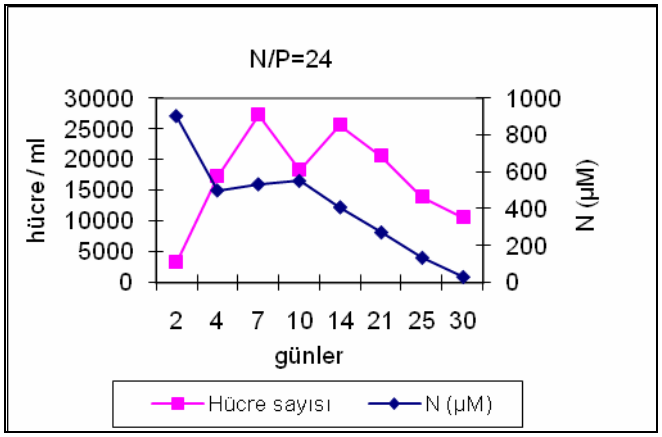
Şekil 4.11: *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'ın zamana bağlı değişimi

P. micans CCAP1136/15 kültüründe N/P oranının 24 olduğu kontrol örneğinde 2. günün sonunda NO_2+NO_3-N'u miktarının önemli bir kısmının kullanıldığı, hücre sayısının ise yaklaşık 2 kat arttığı görülmüştür. Daha sonra 6. güne kadar artış eğilimi gösteren NO_2+NO_3-N'u miktarı 6. günden itibaren tekrar azalmaya başlamıştır. Hücre sayısı 14.günde en yüksek değerlere ulaşmış, takip eden günlerde ise hem hücre sayısı hem NO_2+NO_3-N'u miktarında azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 4.12).

P. micans İ.K. kültürü ile yapılan deneyde ise N/P oranının 24 olduğu seride en yüksek hücre sayısına 7. günde ulaşılmış, NO_2+NO_3-N'u miktarının artış gösterdiği 10. günde ise hücre sayısında düşüş kaydedilmiştir. 10. günden itibaren NO_2+NO_3-N'u miktarı azalma eğilimi gösterirken hücre sayısı 2. haftanın başında yeni bir pik yapmıştır. Hücre sayısı daha sonra tekrar azalan bir seyir göstermiştir (Şekil 4.13).



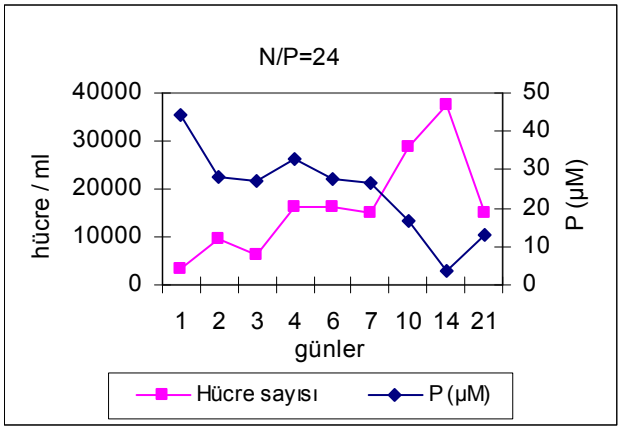
Şekil 4.12: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



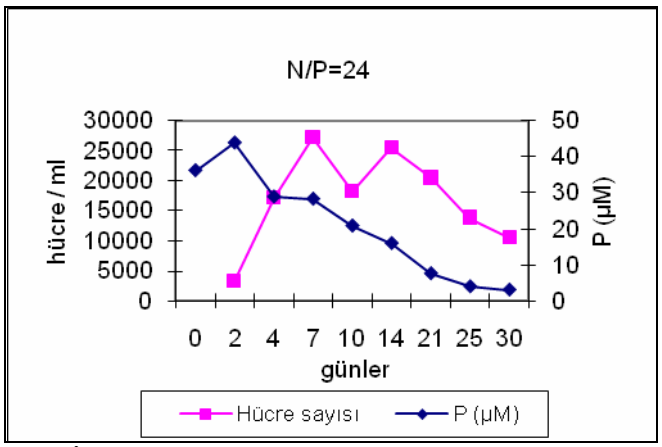
Şekil 4.13: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranının 24 olduğu *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe fosforun ilk günden itibaren tüketilmeye başladığı, 3. günde bir artış gösterdikten sonra 10.güne kadar azalan bir seyirde devam ettiği, hücre sayısının ise 3. gün azaldığı, 4.gün arttığı ve ilk haftanın sonuna kadar sabit değerlerde seyrettiği gözlenmiştir. 10. günden itibaren tekrar artış eğilimi gösteren hücre sayısı 14 gün sonunda en yüksek değerine ulaşmış, daha sonra ise azalan bir trent izlenmiştir. Hücre sayısının maksimuma ulaştığı 14. gündeki o-PO_4 miktarı değeri deney süresince ölçülen en düşük değere gerilemiştir (Şekil 4.14). Hücre sayısının düşmeye başladığı 14. günden itibaren ölü hücreler tarafından ortama fosfor salınımından dolayı 21. günde fosfor miktarında artış görülmüştür.

N/P oranı 24 olan *P. micans* İ.K. kültüründe yapılan analizlerde o-PO_4 miktarı ve hücre sayısının ilk hafta boyunca artış gösterdiği tespit edilmiştir. o-PO_4 7. günden itibaren kullanılmaya başlamıştır. Hücre sayısında en yüksek sayıya ise 7. gün ulaşılmıştır. Daha sonra azalma eğilimi gösteren hücre sayısında 14. gün tekrar önemli bir artış kaydedilmiştir (Şekil 4.15). 14. ve 30. günler arasında hücre sayısındaki düşüşe paralel olarak fosfor kullanımı da devam etmiştir.



Şekil 4.14: *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe kültürlerde hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

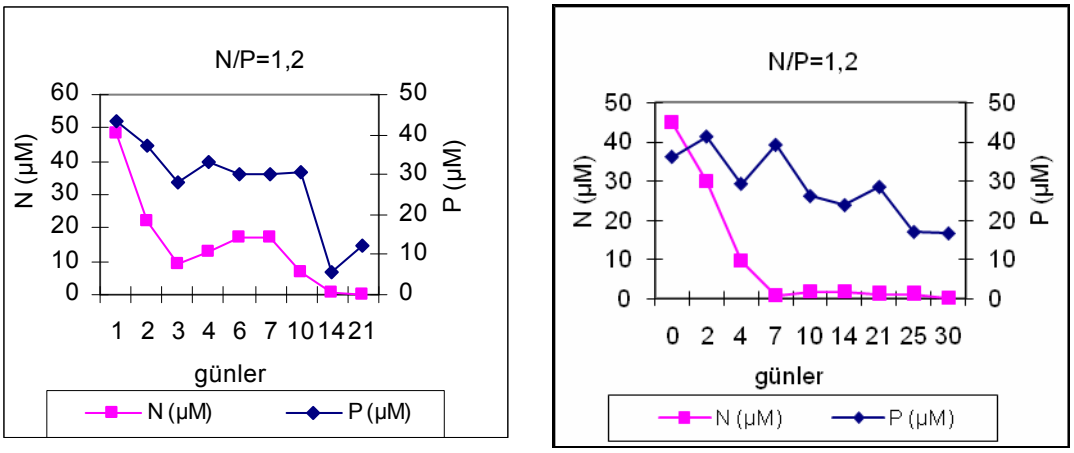


Şekil 4.15: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

P. micans CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranının en düşük olduğu serinin NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4'ın 3. gün sonuna kadar hızla kullanıldığı görülmüştür. Daha sonra her iki parametrede de önce artış daha sonra da azalış gözlenmiştir. o-PO_4 miktarının 10. ve 14. günler arası tekrar hızla kullanıldığı, NO_2+NO_3-N'unun ise ilk haftanın sonundan itibaren sürekli kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4.16 a).

P. micans İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise N/P oranı en düşük olan serinin NO_2+NO_3-N'u değerleri 7. güne kadar azalan bir seyir göstererek tamamen tükenmiştir. o-PO_4 değerleri ise zaman zaman önemsiz artışlar gösterse de hücre tarafından kullanımı devam etmiş ancak azot kadar tüketilmemiştir (Şekil 4.16 b)

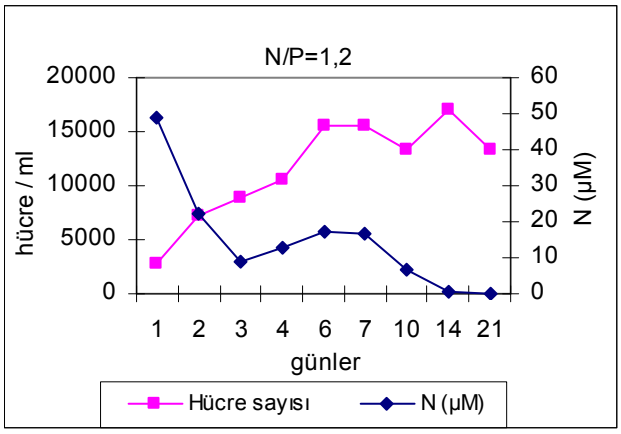
a b



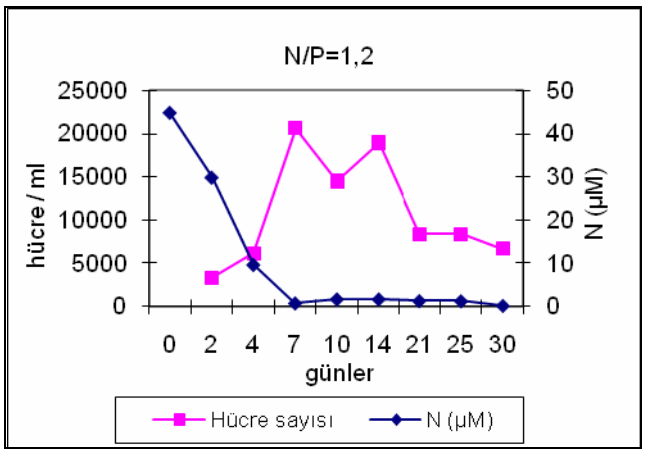
Şekil 4.16: *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P'un en düşük oranda (1,2) kullanıldığı *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan çalışma da NO_2+NO_3-N'unun kullanımı, hücre sayısındaki artışa paralel olarak devam etmiştir. Takip eden günlerde NO_2+NO_3-N'u miktarında sürekli azalma izlenirken, fitoplankton hücre sayısının ilk hafta boyunca sürekli yükseldiği tespit edilmiştir. 14. gün maksimum düzeye ulaşan hücre sayısı daha sonra sürekli azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 4.17).

P. micans İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise N/P oranının 1,2 olduğu örnekte fitoplankton hücre sayısı 7. gün sonunda en yüksek değere ulaşmıştır. Daha sonra düşüş eğilimi gösteren hücre sayısı 2. haftanın sonunda tekrar yeni bir pik yapmış, takip eden günlerde ise sürekli azalan bir seyir izlemiştir. 7. günden sonra NO_2+NO_3-N'unun önemli bir kısmının kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4.18).



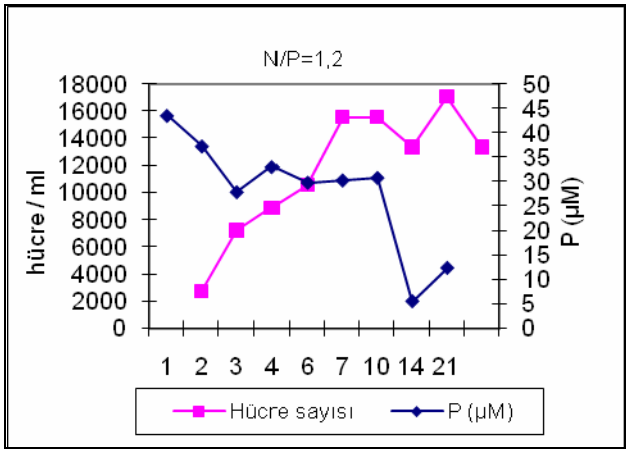
Şekil 4.17: Şekil *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



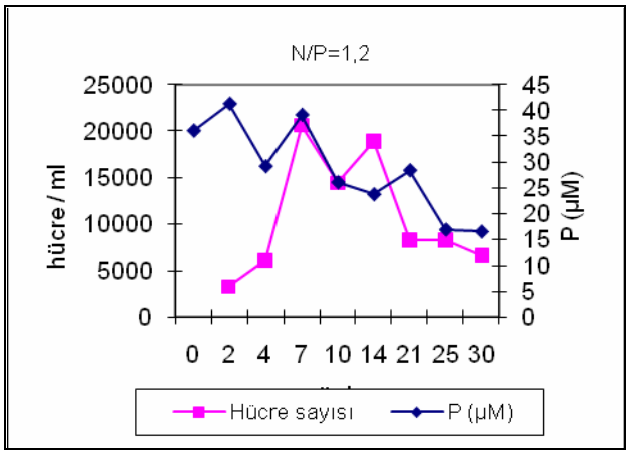
Şekil 4.18: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P'un en düşük oranda (1,2) kullanıldığı *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde orto-fosfat ile hücre sayısı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu sürecin ilk 7 gününde fitoplankton hücre sayısı sürekli artış gösterirken orto-fosfat miktarındaki kullanımın çok fazla olmadığı görülmüştür. 14. günde hücre sayısındaki düşüş ile beraber fosfor konsantrasyonunda da önemli bir azalış kaydedilmiştir. (Şekil 4.19).

N/P oranının 1,2 olduğu *P. micans* İ.K. türü ile yapılan biyodeneyde ise orto-fosfatın düşüş gösterdiği 4. günde hücre sayısındaki ilk artış gözlenmiştir. 7. gün hücre sayısında görülen aşırı artıştan sonra her iki parametre de paralel bir seyir izlemiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.19: *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve orto-fosfat'ın zamana bağlı değişimi

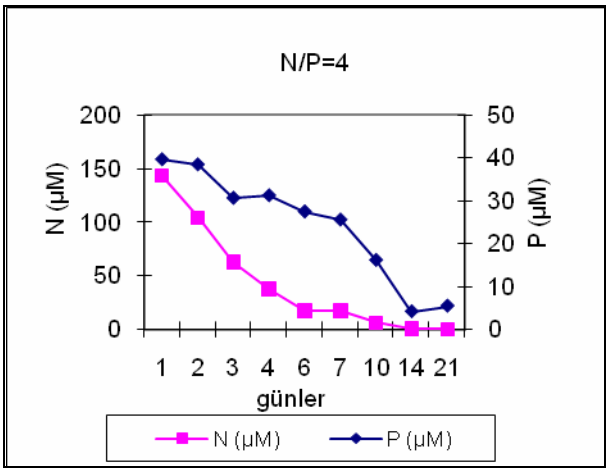


Şekil 4.20: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve orto-fosfatın zamana bağlı değişimi

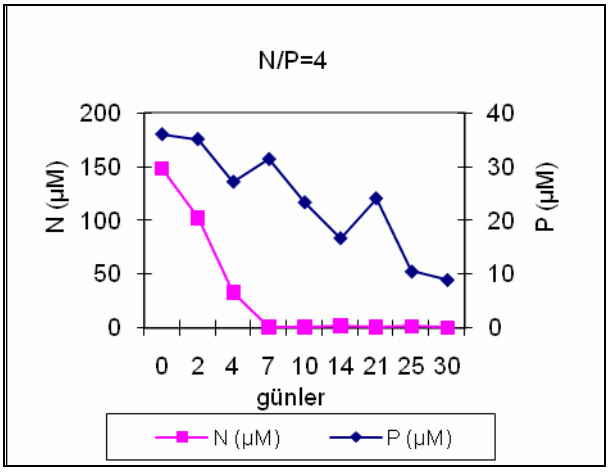
N/P oranı 4 olan *P.micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan serideki NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının ilk 10 günlük periyotta azalan bir seyir izlediği görülmüştür. NO_2+NO_3-N'u miktarı 10. günde tükenirken, o-PO_4 için bu durumun 14. gün sonunda gerçekleştiği anlaşılmıştır (Şekil 4.21).

N/P oranı 4 olan *P.micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise serideki NO_2+NO_3-N'unun ilk hafta sonunda tüketildiği görülmüştür. o-PO_4 ise ilk haftanın sonuna kadar azalan bir seyir izlerken 7. gün sonunda artış göstermiş, takip eden günlerde tekrar azalmış, 3. haftanın başından itibaren ise dalgalı bir seyir izlemiştir (Şekil 4.22).

.



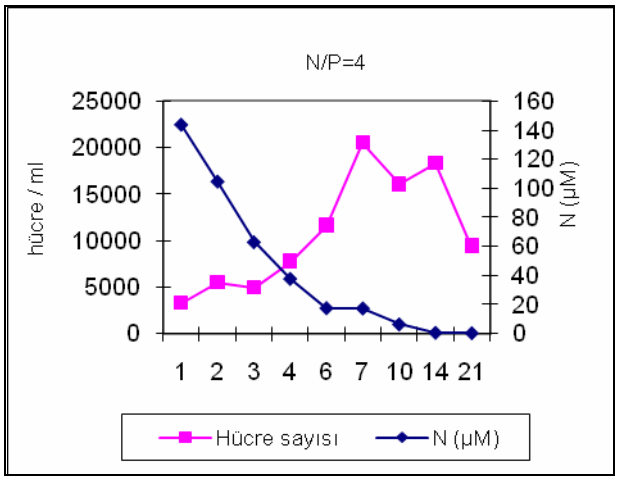
Şekil 4.21: Şekil *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



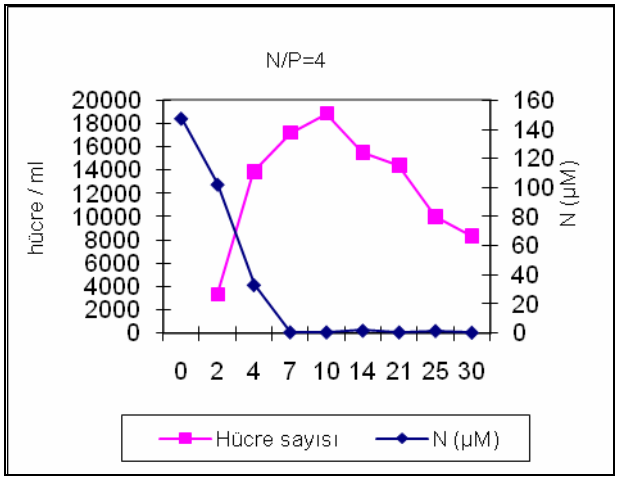
Şekil 4.22: *P.micans* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3 ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *P.micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyin ilk haftasında NO_2+NO_3-N'unun azalmasıyla beraber hücre sayısının yükselen bir seyir izlediği görülmüştür. 14. günden itibaren tükenen NO_2+NO_3-N'u nedeni ile hücre sayısının da azaldığı görülmüştür (Şekil 4.23).

NP oranı 4 olan *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan diğer çalışmada ise ilk haftanın sonunda azot miktarının tükendiği gözlenmiş, hücre sayısınınsa bu süre içerisinde artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu artış 10. günde en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Daha sonra ise sürekli azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.23: *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

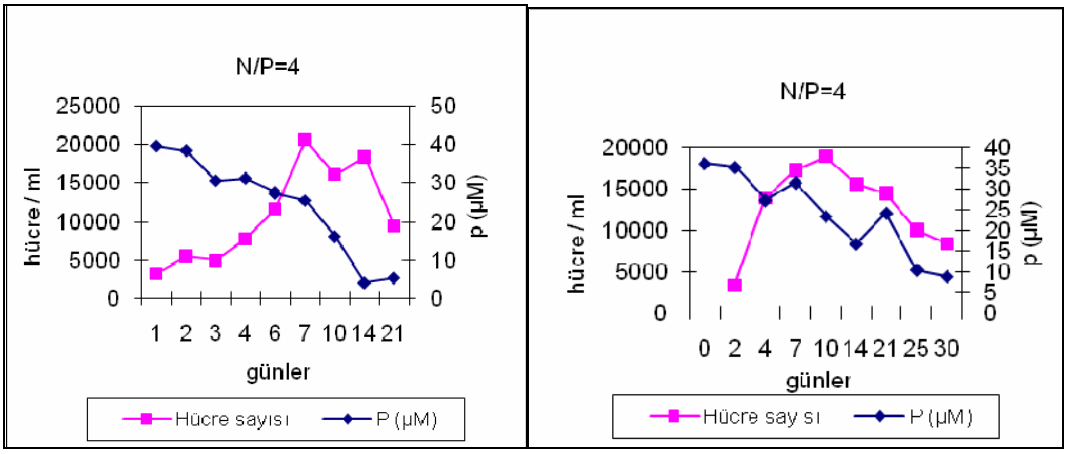


Şekil 4.24: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *P.micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde hücre sayısının 7. günde maksimum değerine ulaştığı, o-PO_4'ın da önemli mikarının kullanıldığı görülmüştür. Hücre sayısı daha sonraki iki hafta süresince azalma eğilimi gösterirken, o-PO_4 miktarı 3. haftadan itibaren tekrar artmaya başlamıştır (Şekil 4.25 a).

N/P oranı 4 olan *P.micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde o-PO_4 miktarının 7. günden sonra azaldığı, hücre sayısının ise 10. günde en yüksek düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir. Takip eden günlerde deney sonuna kadar hem hücre sayısının hemde o-PO_4 miktarının azalan bir seyir izlediği görülmüştür (Şekil 4.25 b).

a b

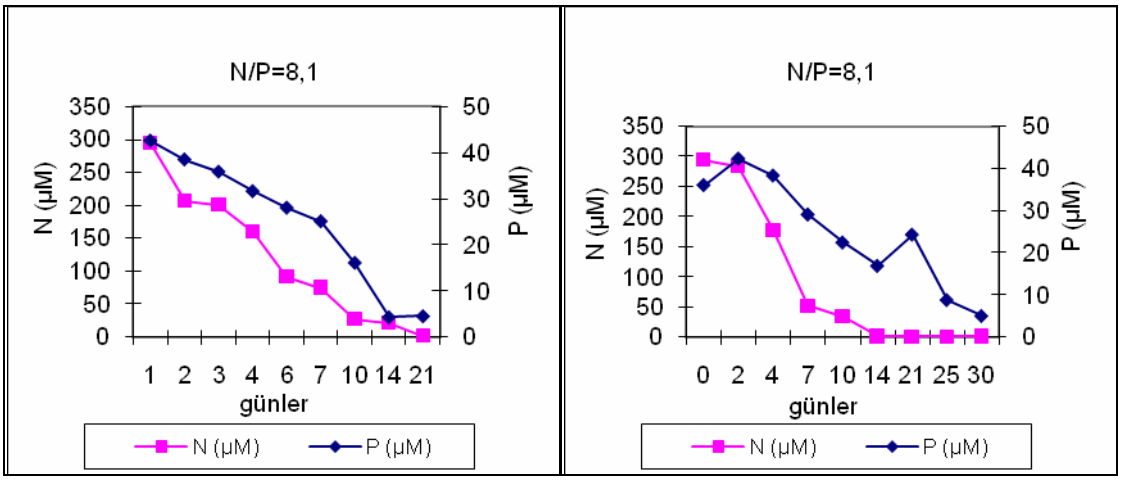


Şekil 4.25: *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde hücre sayısı ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde serideki NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının ilk 14 gün boyunca kullanıldığı görülmüş ve üçüncü hafta NO_2+NO_3-N'u miktarı sabit kalırken, o-PO_4'ın kullanılmaya devam ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.26 a).

N/P oranı 8,1 olan *P. micans* İ.K. türü ile yapılan biyodeneyde kültürdeki NO_2+NO_3-N'unun 2. haftanın başında tükendiği, o-PO_4'ın ise azalan bir seyir izlediği görülmüştür. 3. haftanın başında artış gösteren o-PO_4 miktarı daha sonra tekrar azalan bir trent izlemiştir (Şekil 4.26 b).

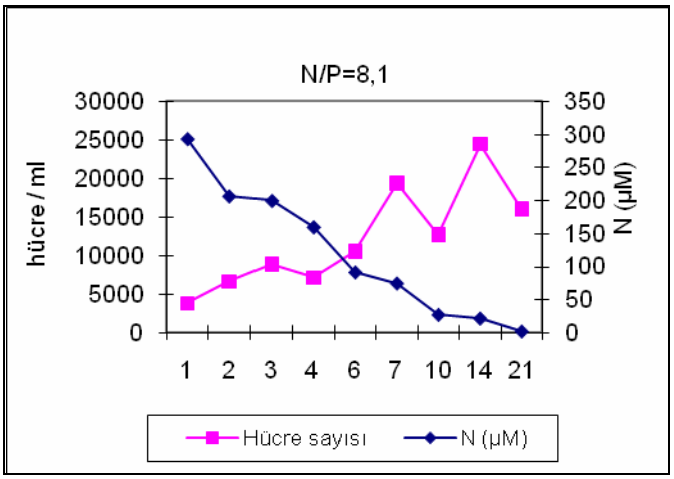
a b



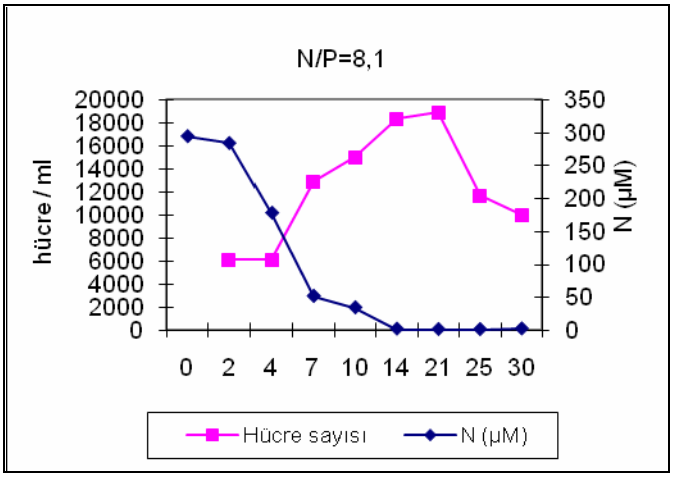
Şekil 4.26: *P.micans* CCAP1136/15 (a) ve *P.micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zaman bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde hücre sayısı artışını takiben NO_2+NO_3-N'u miktarının azaldığı görülmüştür. Hücre sayısı 7. gün sonunda ilk pikini yaptıktan sonra 10. gün sonunda tekrar azalmış, 14. gün sonunda ise 2. pikini yaparak en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.27).

N/P oranı 8,1 olan *P.micans* İ.K. kültürü ile biyodeneyde ise kültürlerdeki NO_2+NO_3-N'u miktarının 14. gün sonunda tükendiği, hücre sayısınınsa en yüksek değerine ulaştığı görülmüştür. Hücre sayısı 21. günden sonra tekrar azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.28).



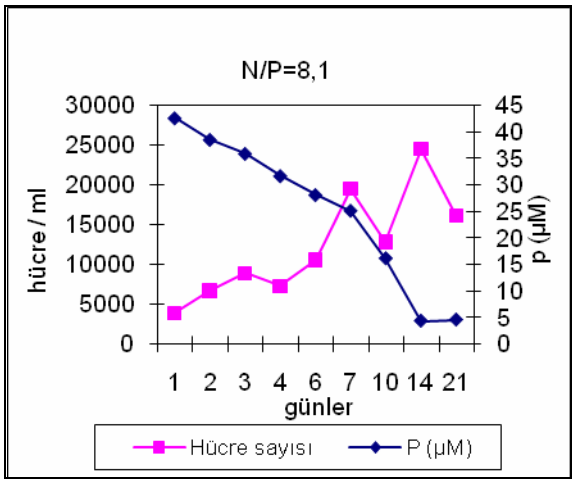
Şekil 4.27: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



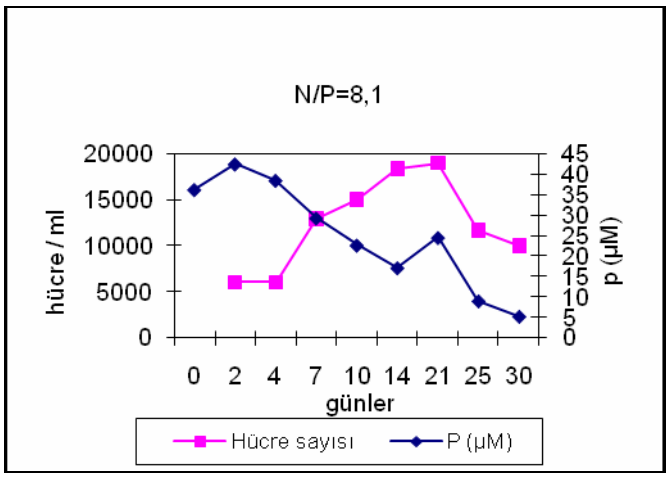
Şekil 4.28: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe elde edilen sonuçlara göre kültürlerdeki hücre sayısının 7. gün sonunda en yüksek değerine ulaştığı, o-PO_4 miktarının ise düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. İkinci haftadan itibaren o-PO_4 miktarının sabitlendiği, kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.29).

N/P oranı 8,1 olan *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde hücre sayısındaki ilk belirgin artışın birinci haftanın başında meydana geldiği, o-PO_4 miktarının aynı süreç içinde azaldığı kaydedilmiştir. 21. gün sonunda o-PO_4 miktarında ve hücre sayısında görülen artış eş zamanlı olarak meydana gelmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.29: *P.micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

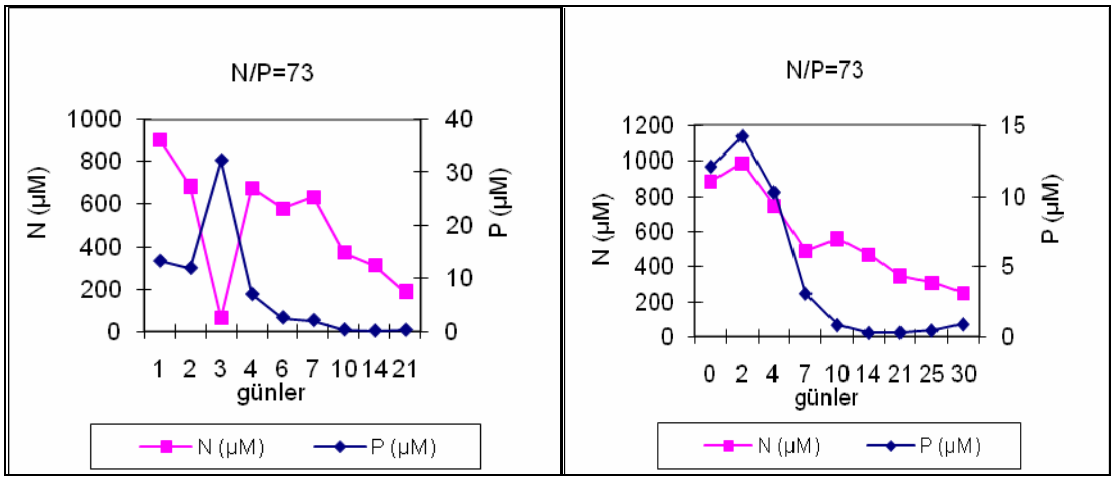


Şekil 4.30: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

Fosfor sınırlamasının yapıldığı N/P 73 oranında, *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde o-PO_4 miktarı muhtemel bir hücre salınımı nedeniyle 3. gün artış gösterirken, NO_2+NO_3-N'unun kullanılmakta olduğu gözlenmiştir. Takip eden günlerde NO_2+NO_3-N'u deney sonuna kadar kullanılmaya devam ederken o-PO_4 3. ve 10. günler arasında kullanılıp nerdeyse tamamen tüketilmiştir (Şekil 4.31 a).

N/P oranı 73 olan *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise NO_2+NO_3-N'u ilk hafta kullanılmış ve deneyin sonuna azakan bir seyirde devam etmiştir. o-PO_4 ise ilk iki hafta boyunca hızla kullanılıp tüketilmiştir (Şekil 4.31 b).

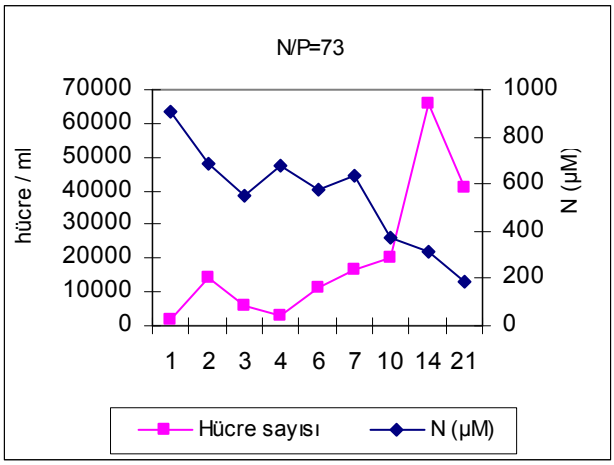
a b



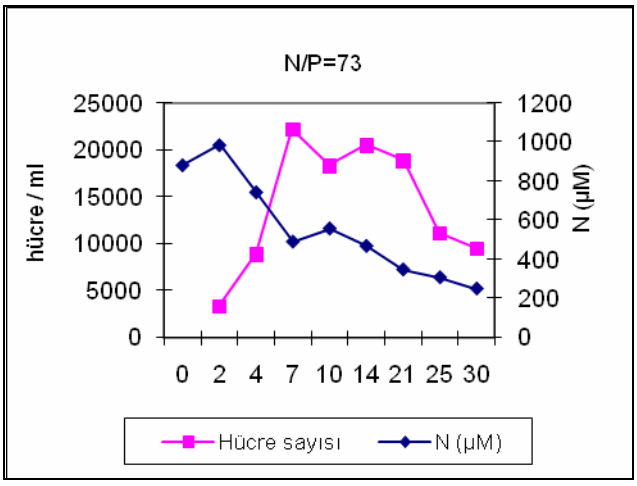
Şekil 4.31: *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P. micans* İ.K.(b) kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 73 olan *P. micans* CCAP1136/15 kültüründen elde edilen sonuçlara göre NO_2+NO_3-N'u miktarınındaki azalmaya karşılık hücre sayısının artış gösterdiği gözlenmiş, en yüksek hücre sayısının tespit edildiği 14. gün NO_2+NO_3-N'unun kullanılmaya devam ettiği kaydedilmiştir (Şekil 4.32).

N/P oranı 73 olan *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan diğer bir çalışmada 7. gün NO_2+NO_3-N'u miktarı kayda değer oranda tüketilirken hücre sayısı en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Şekil 4.33).



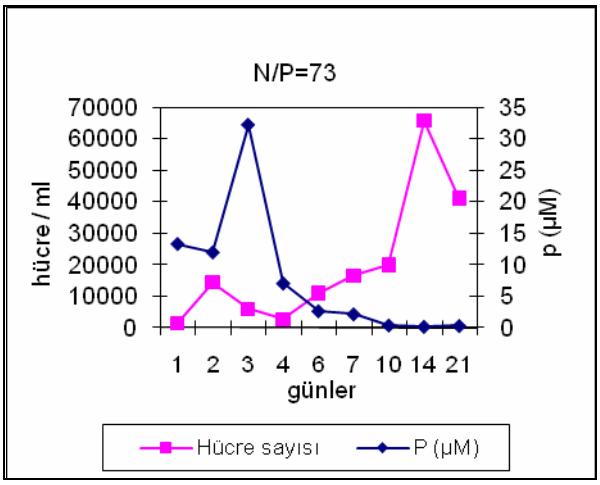
Şekil 4.32: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



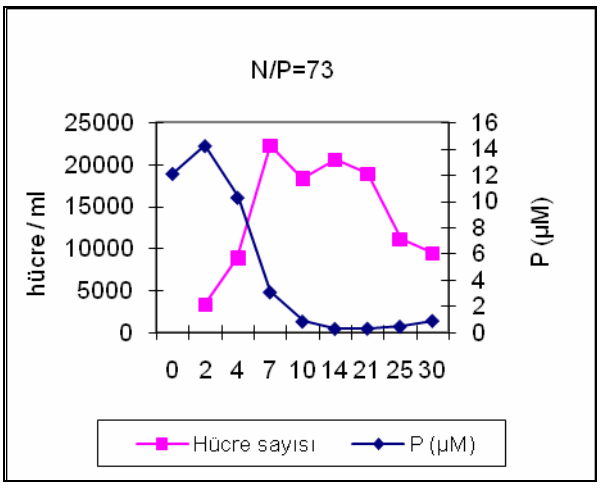
Şekil 4.33: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranının 73 olduğu *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeney sonuçlarına göre 3. gün sonunda o-PO_4 miktarında kayda değer bir artış görülmüşken *P. micans* hücre sayısında düşüş görülmüştür. Takip eden günlerde hücre sayısın 14. günde en yüksek seviyesine ulaşıtığı ve o-PO_4'ın bu sürede tamamen tükenmiş olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.34).

N/P oranının 73 olduğu *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde hücre sayısı 7. gün sonunda en yüksek seviyesine ulaşırken o-PO_4'ın büyük oranda kullanıldığı gözlenmiştir. 14. günün sonunda o-PO_4 miktarı neredeyse tükenmişken hücre sayısı da azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.34: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

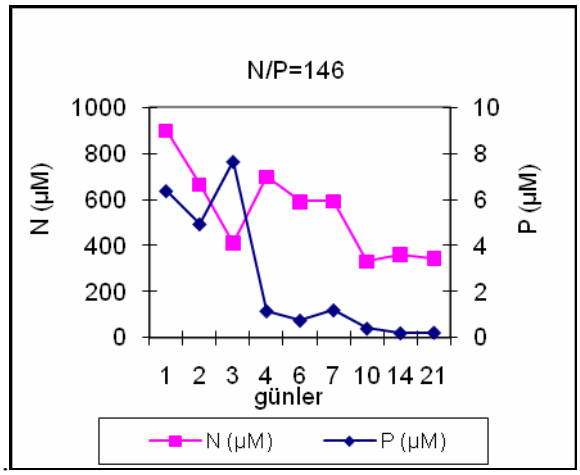


Şekil 4.35: *P.micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

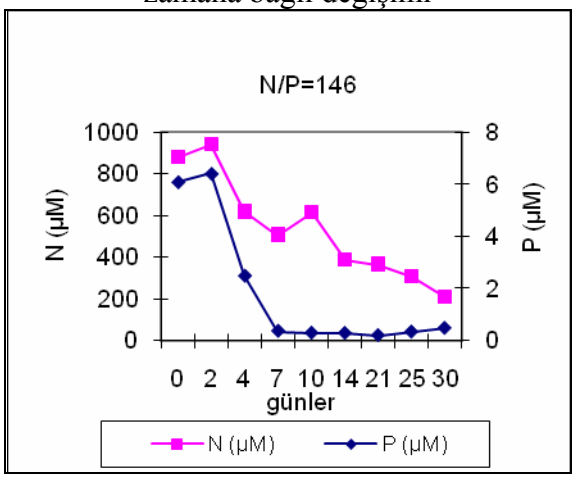
Fosfor konsantrasyonunun biraz daha azaltıldığı N/P 146 oranındaki *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe o-PO_4 miktarı muhtemel bir hücre salınımı nedeniyle 3. gün yükselirken, NO_2+NO_3-N'unda kayda değer oranda bir azalma gözlenmiştir. o-PO_4 4. günden itibaren kullanılmaya devam etmiş ve 14. gün tükenmiştir. NO_2+NO_3-N'u miktarı 10. güne kadar azalma eğilimi göstermiş, takip eden günlerde ise fazla kullanılmamıştır (Şekil 4.36).

N/P oranı 146 olan *P.micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının 2. günden itibaren kullanılmaya başladığı tespit edilmiştir. o-PO_4 10.

Güne kadar kullanılıp neredeyse tüketilirken, NO_2+NO_3-N'u miktarında 10.gün sonunda bir artış görülmüş daha sonra ise azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.37).



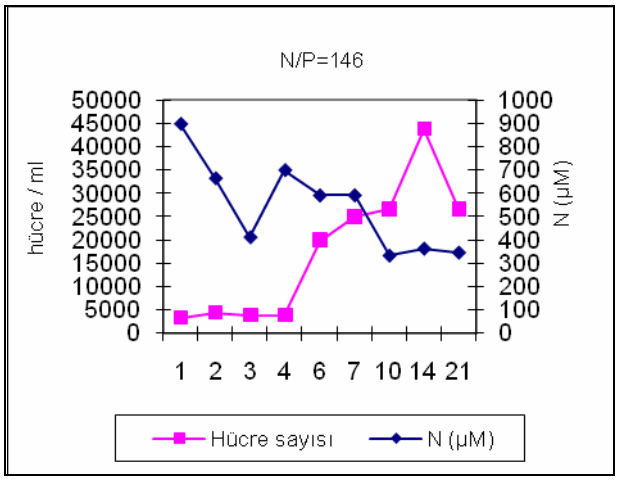
Şekil 4.36: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



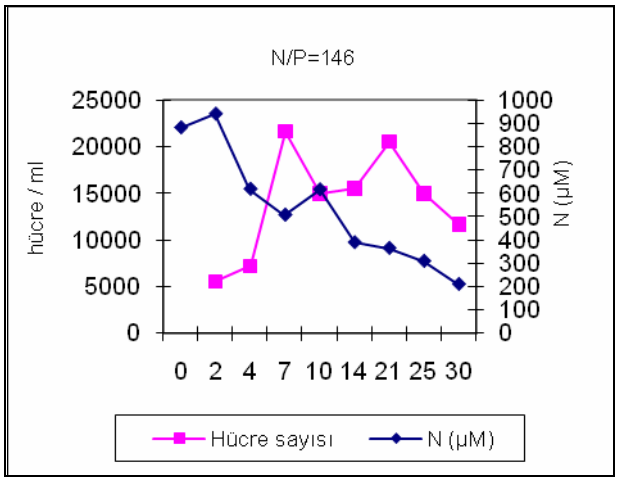
Şekil 4.37: *P. micans* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre *P. micans* hücre sayısı başlangıçta artma eğilimi gösterirken NO_2+NO_3-N'u miktarının 4. gün sonuna kadar kullanıldığı, 10. güne kadar göreceli bir artış gösterdiği ve daha sonra deney sonuna kadar tekrar azaldığı gözlenmiştir. 14. günde en yüksek seviyesine ulaşan hücre sayısının ise takip eden günlerde azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.38).

N/P oranı 146 olan *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise hücre sayısının 7. gün sonunda en yüksek değerine ulaştığı, bu süreçte NO_2+NO_3-N'u miktarının yaklaşık %50'sinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Daha sonra NO_2+NO_3-N'u deney sonuna kadar azalan bir seyir izlemiş, hücre sayısı ise 21. gün sonunda yeni bir pik yaptıktan sonra 30. güne kadar sürekli olarak azalmıştır (Şekil 4.39).



Şekil 4.38: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

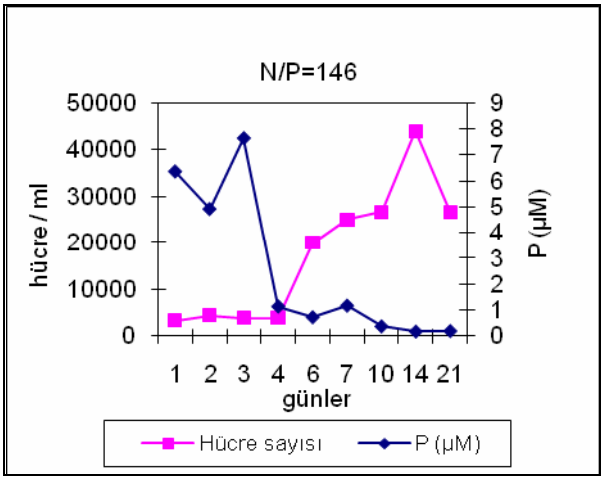


Şekil 4.39: *P. micans* kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneydeki serinin o-PO_4 miktarı 3. gün sonunda en yüksek seviyesine ulaşmış fakat 4. gün sonunda ani bir düşüş göstermiştir. Daha sonra azalan bir seyir izleyen o-PO4 miktarı 10. gün sonunda mininun seviyeye gerilemiştir. *P. micans* hücre sayısında ise 14. güne kadar

süreklilik gösteren bir artış izlenmiş daha sonra ise azalan bir seyir gözlenmiştir (Şekil 4.40).

N/P oranı 146 olan *P. micans* İ.K. kültüründen elde edilen sonuçlara göre o-PO_4 ilk hafta boyunca kullanılıp neredeyse tüketilmişken, *P. micans* hücre sayısı 7. gün sonunda en yüksek seviyeyee ulaşmış, daha sonra ise azalan bir trent izlemiştir. Hücre sayısında 21. gün ikinci önemli artış görülmüş ve deney sonuna kadar yine azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.40: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

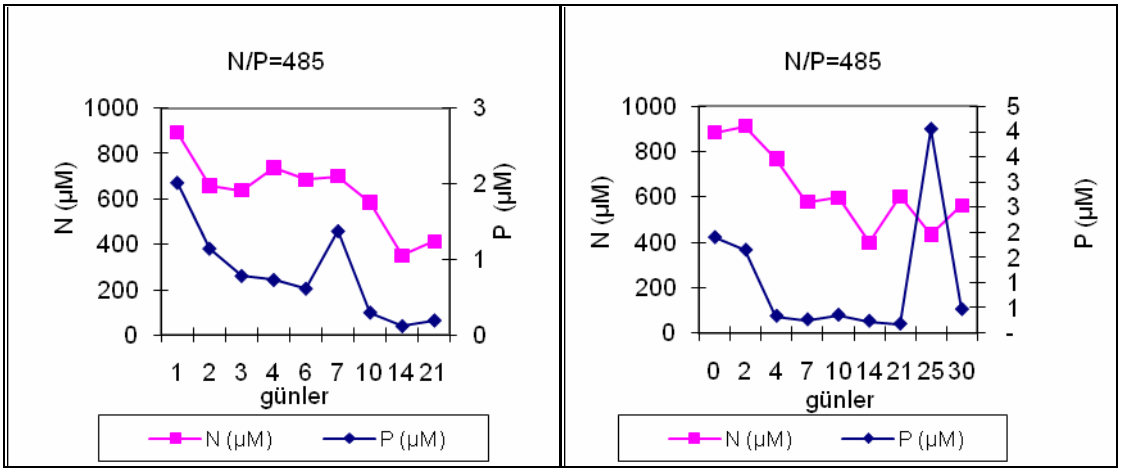
Şekil 4.41: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

Fosfor konsantrasyonunun en düşük olduğu (1,8 µM) azot konsantrasyonunun ise yüksek olduğu N/P oranı 485 olan serinin *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe NO_2+NO_3-N'u miktarının deney süresince genelde azalan bir seyir izlediği görülmüş o-PO_4 miktarının ise 7. gün sonunda artış gösterdiği ve takip eden günlerde azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.42 a).

N/P oranının 485 olduğu *P. micans* İ.K. kültüründe ise NO_2+NO_3-N'u deney sonuna kadar kullanılırken, o-PO_4 miktarı ilk 4 gün boyunca hızla kullanılmış ve 21. güne kadar

sabit değerlerde kalmıştır. 25. gün ise muhtemel bir hücre salınımı nedeniyle ani bir artış göstermiştir (Şekil 4.42 b).

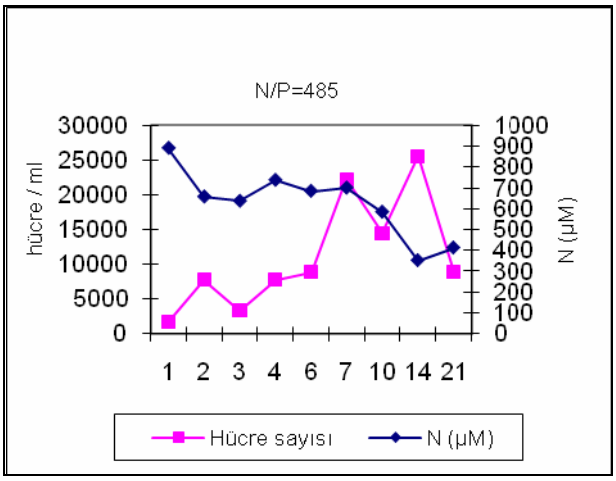
a b



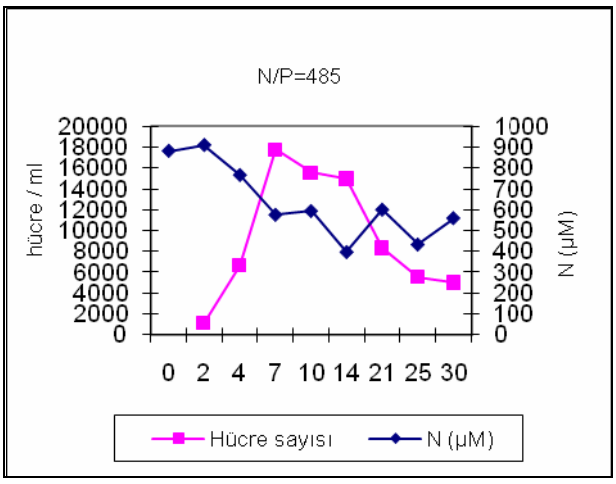
Şekil 4.42: *P. micans* CCAP1136/15 (a) ve *P. micans* İ.K. (b) kültürlerinde NO_2+NO_3 ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranının 485 olduğu *P. micans* CCAP1136/15 kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre 7 günlük periyottaki hücre artışına karşılık başlangıçta yüksek konsantrasyonlarda olan azotun ¼'ünün kullanıldığı gözlenmiştir. Daha sonra 14. güne kadar azot kullanımına karşı hücre artışı devam etmiştir (Şekil 4.43).

N/P oranının 485 olduğu *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan diğer bir çalışmada da yukarıdaki iki parametrenin değişimi izlenmiştir. Burada azot kullanımı *P. micans* CCAP1136/15 kültürüne göre daha hızlı olmuştur. *P. micans* hücre sayısı 7. gün sonunda pik yaparken NO_2+NO_3-N'u miktarı 14. güne kadar azalan bir trent izlemiştir. Başlangıçta koyulan azot miktarının ancak yarısı kullanılabilmiştir (Şekil 4.44).



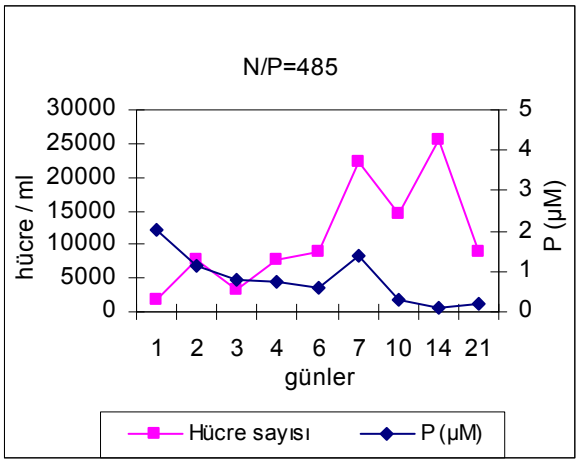
Şekil 4.43: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



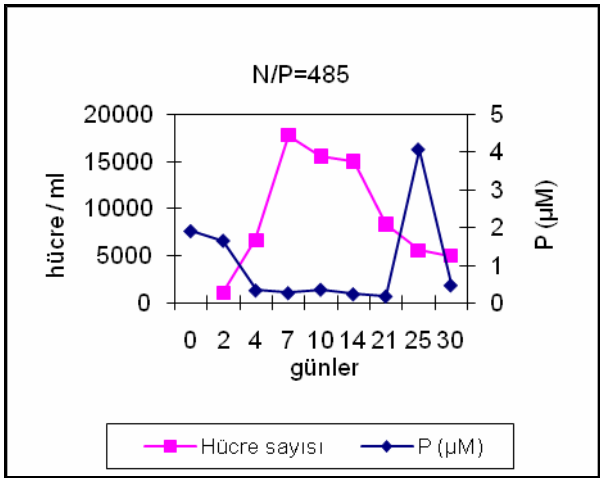
Şekil 4.44: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

P. micans CCAP1136/15 kültürünün N/P oranı 485 olan serisinde kültürlerdeki hücre sayısında ilk önemli artışa 7. gün sonunda ulaşılmış ve bu süreçte o-PO_4 konsantrasyonunun da arttığı görülmüştür. Daha sonra hücre sayısında artış devam etmiş ve 14. gün sonunda 2. önemli artış tespit edilmiştir. Bu süreçte o-PO_4 miktarı sürekli azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.45).

N/P oranının 485 olduğu *P. micans* İ.K. kültürü ile yapılan seride *P. micans* İ.K. hücre sayısı 7. gün sonunda maksimum değerine ulaşırken, o-PO_4 miktarının minimum seviyeye düştüğü görülmüştür. o-PO_4 miktarı 25. gün sonunda azalan hücre sayısına karşılık ani artış göstermiştir (Şekil 4.46).



Şekil 4.45: *P. micans* CCAP1136/15 kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



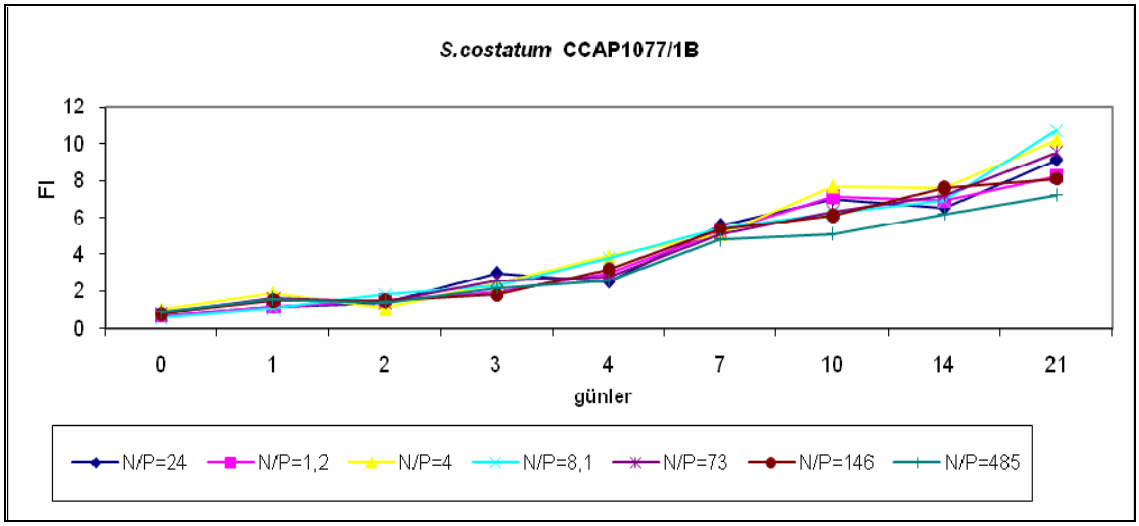
Şekil 4.46: *P. micans* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

4.2. *SKELETONEMA COSTATUM* DENEYLERİ

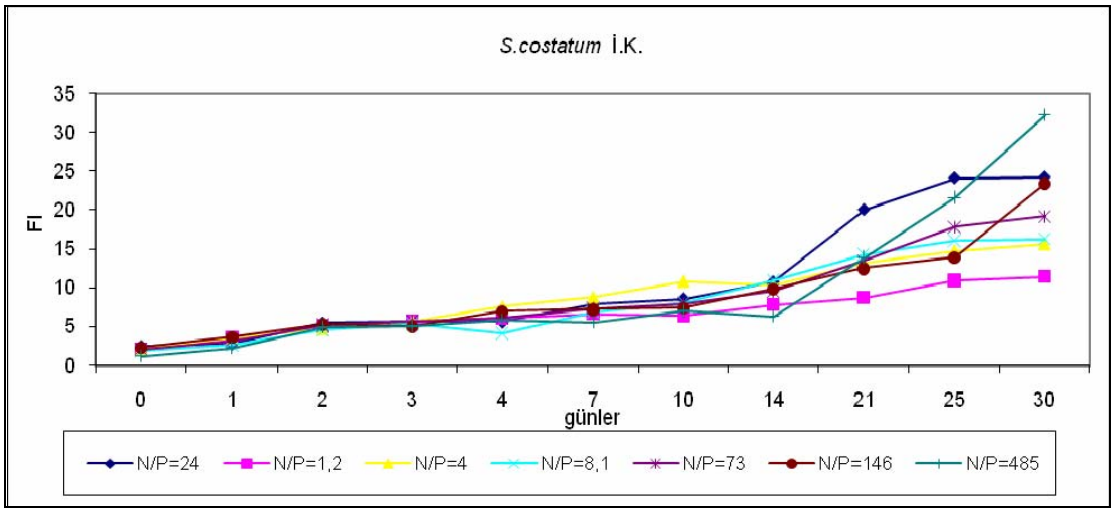
4.2.1 Floresan Şiddeti Ölçümleri

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan çalışmada floresan değerleri ölçümlerinde tüm serilerde benzer değişiklikler kaydedilmiştir. İlk 4 gün boyunca floresan değerlerinde yavaş bir artış gözlenirken 4. günden itibaren daha hızlı bir artış oranı kaydedilmiştir. En yüksek floresan şiddeti (FI) değeri azot sınırlamasının olduğu 3 adet N/P oranı serisinde (1,2, 4 ve 8,1) ölçülmüşken, en düşük floresan şiddeti değeri fosfor sınırlamasının olduğu N/P oranlarında görülmüştür (Şekil 4.47).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan çalışmada floresan değerleri ölçümünde ilk 2 haftada hemen hemen tüm serilerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. 14. güne kadar göreceli olarak az artan değerler 3. haftanın başından itibaren farklılıklar göstermeye başlamıştır (Şekil 4.48). 14. günden sonra kontrol örneği (N/P=24) ile beraber durağan faza geçen N/P oranı 1,2, 4, 8,1 ve 73 olan seriler dışında fosfor sınırlamasının daha yüksek olduğu N/P 146 ve 485 oranına sahip serilerde FI değerlerindeki artış devam etmiştir. *S. costatum* İ.K. kültüründeki FI değeri 4-32 arasında ölçülürken, *S. costatum* CCAP1077/1B türü ile yapılan serilerde bu değer 1-12 arasında kalmıştır.



Şekil 4.47: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi

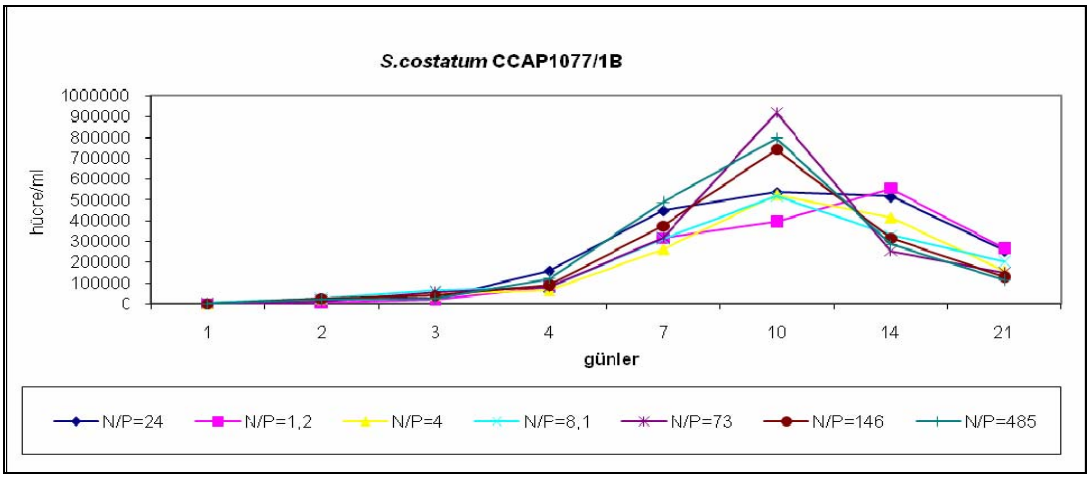


Şekil 4.48: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında floresan şiddeti değerlerinin zamana bağlı değişimi

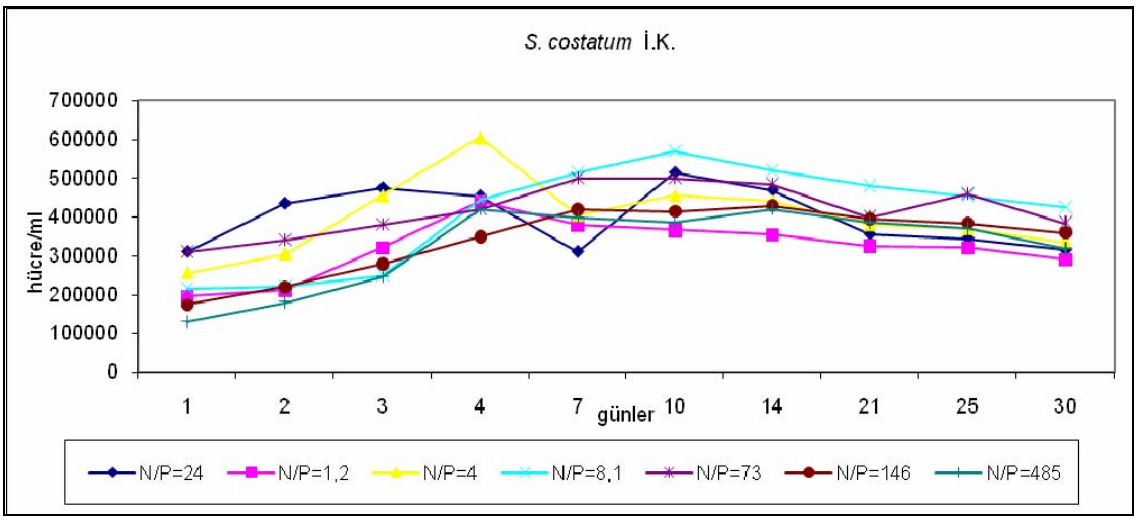
4.2.2. Hücre Sayımları

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan serilerde hücre sayımlarında genel olarak ilk gelişmenin olduğu lag fazının 4. güne kadar devam ettiği, 10. gün sonunda ise en yüksek değerlere ulaştığı kaydedilmiştir (log faz 4-10. günler arası). En yüksek hücre sayısı 10. günde N/P oranı 73 olan örnekte kaydedilmiş, minimum hücre sayısı ise N/P oranı en düşük olan 1,2'de ölçülmüştür. 14. günde hücreler ölüm fazına geçmeye başlamıştır. N/P oranı 1,2 olan serinin ise lag fazının 14. güne kadar devam ettiği, 21. günde ölüm fazına geçtiği görülmüştür (Şekil 4.49).

S. costatum İ.K. türü ile yapılan biyodeneyde ise lag fazının daha kısa olduğu, genelde 3. günden itibaren türün log faza geçiş yaptığı gözlenmiştir. 7. günden itibaren ise durağan fazda ilerlediği görülmüştür. Hücre sayısındaki düşüşler 14. günden sonra azot sınırlamasının yapıldığı oranlarda izlenmiştir. (Şekil 4.50).



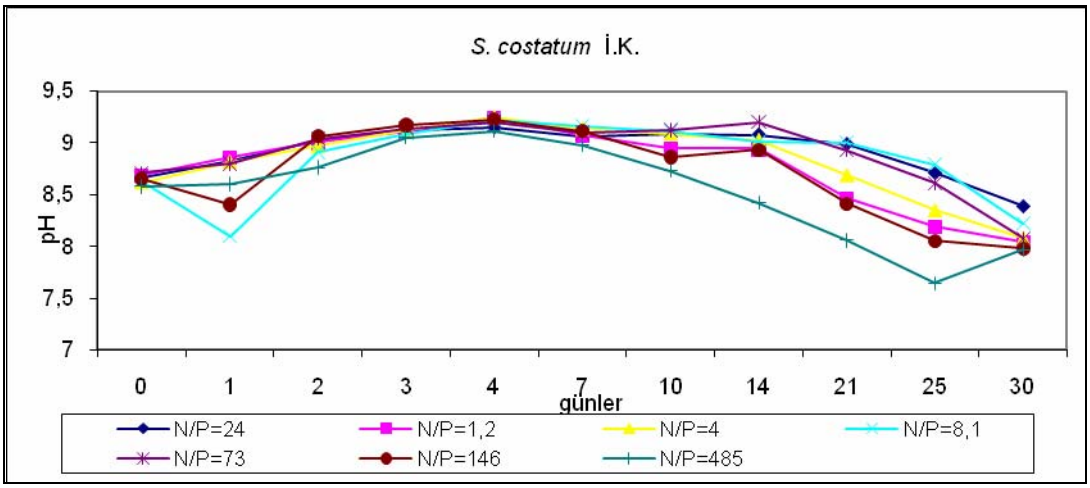
Şekil 4.49: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında hücre sayımları değerlerinin zamana bağlı değişimi



Şekil 4.50: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında hücre sayımları değerlerinin zamana bağlı değişimi

4.2.3. pH Ölçümleri

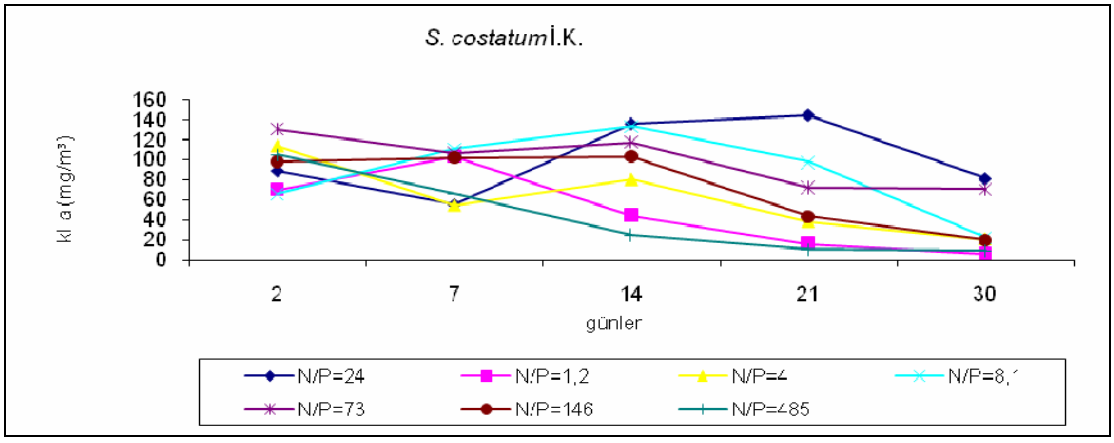
S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan çalışmada pH değerlerinin genel olarak ilk 4 günde artış gösterdiği, daha sonra göreceli olarak sabitlendiği ve 14. günden itibaren de düşüşler gösterdiği kaydedilmiştir. Araştırma süresince minimum pH değeri N/P oranı en yüksek olan örnekte 25. gün ve maksimum pH değeri N/P oranı 146 olan örnekte 4. gün kaydedilmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen pH değerlerinin zamana bağlı değişimi

4.2.4. Klorofil-*a* Miktarı Ölçümleri

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeney çalışmasında en düşük klorofil-*a* değerleri N/P oranı en yüksek ve en düşük olan serilerde kaydedilmiştir. Araştırma süresince en yüksek klorofil-a değeri N/P oranı 24 olan kontrol serisinde ölçülmüştür. Klorofil-a ölçüm sonuçları ile hücre sayısının birbiri ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.52).

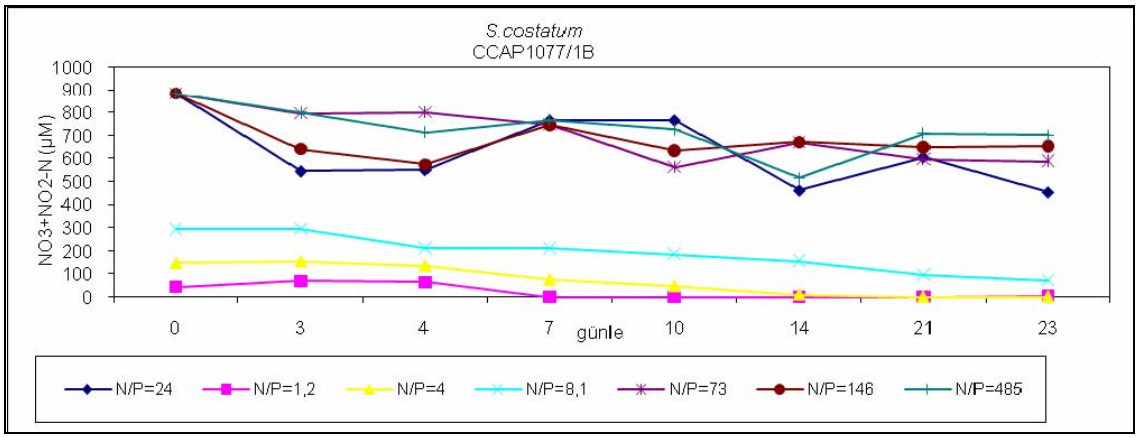


Şekil 4.52: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen klorofil-*a* değerlerinin zamana bağlı değişimi

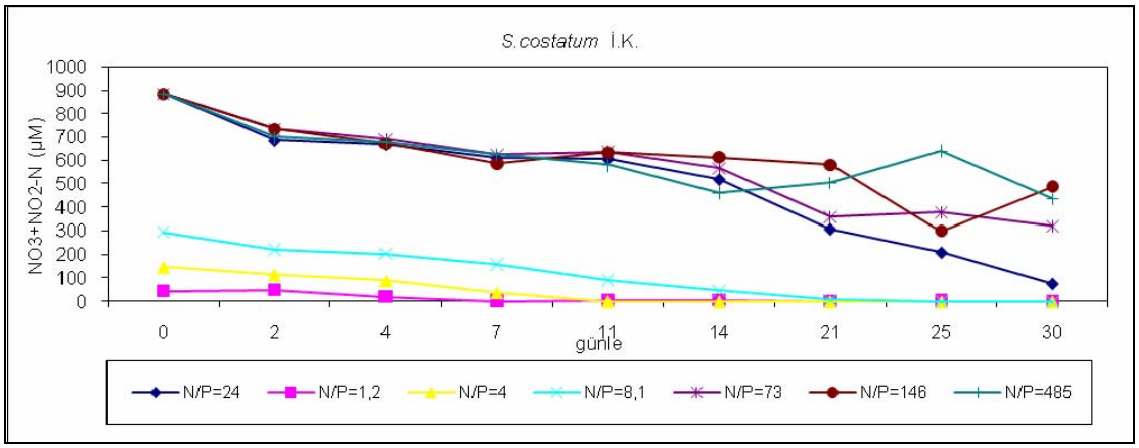
4.2.5. NO_2+NO_3-N'u Ölçümleri

S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan serilerde NO_2+NO_3-N'u ölçümlerinde minimum değerler azot sınırlamasının olduğu düşük N/P oranına sahip serilerde kaydedilmiş, fosfor sınırlamasının yapıldığı N/P oranlarına sahip serilerde NO_2+NO_3-N miktarı daha yüksek seviyelerde bulunmuştur (Şekil 4.53).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan ölçümlerde de benzer sonuçlar bulunmuştur. N/P oranları en yüksek olan iki örnek hariç diğer örneklerdeki NO_2+NO_3-N'u miktarının 21. günden itibaren azalan bir seyir izlediği görülmüştür (Şekil 4.54).



Şekil 4.53: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen NO_2+NO_3–N'u değerlerinin zamana bağlı değişimi

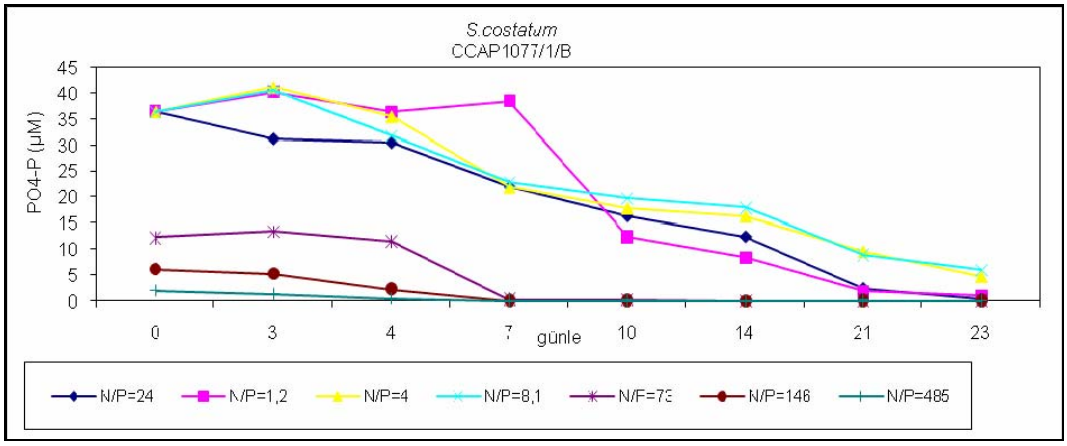


Şekil 4.54: *S. costatum* İ.K.kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen NO_2+NO_3-N'u değerlerinin zamana bağlı değişimi

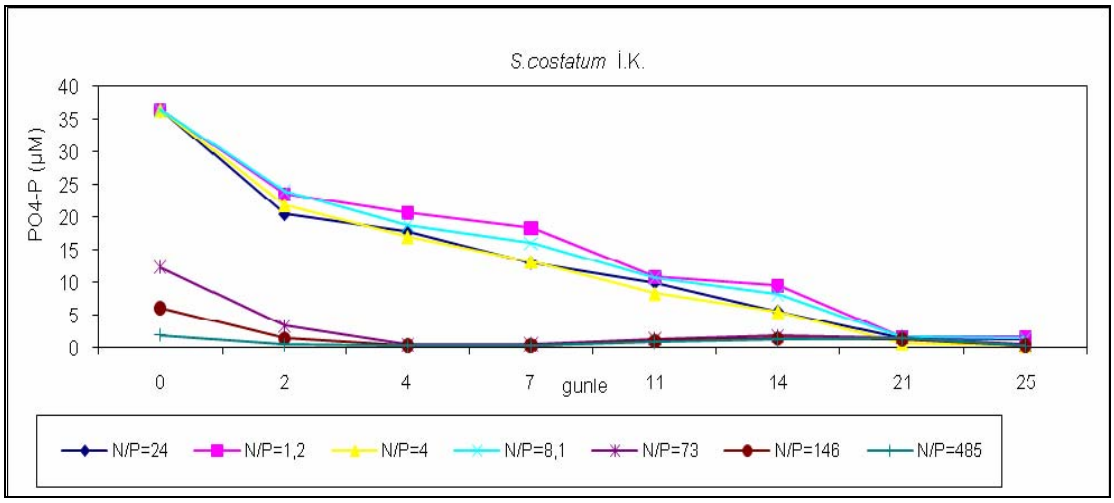
4.2.6. o-PO_4 Ölçümleri

S. costatum CCAP1077/1B kültürü N/P oranı yüksek olan 3 seride (73, 146 ve 485) o-PO_4 miktarının, düşük olması nedeni ile ilk günlerde tüketildiği görülmüştür. N/P oranı düşük olan serilerde (1,2, 4 ve 8,1) ilk 7 gün süresince o-PO_4 kullanımının çok az olduğu kaydedilmiş, 10. gün ise o-PO4 kullanımının arttığı gözlenmiştir. Yüksek N/P oranına sahip serilerde fosfor ilk 7 günde tükenirken düşük N/P oranına sahip serilerdeki başlangıç fosfor konsantrasyonunun fazla olması (36 µM) nedeniyle fosfor genelde 21. ve 23. günlerde tükenmeye başlamıştır (Şekil 4.55).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan serilerde o-PO_4 miktarları N/P oranı en yüksek olan 3 seride konsantrasyonunun düşük olması nedeni ile ilk 2 günde tüketilmiştir. Genel olarak düşük o-PO_4 kullanımları N/P oranı düşük (1,2, 4 ve 8,1) olan örneklerde ölçülmüştür. Bunun nedeni ise bu serilerdeki o-PO4 konsantrasyonlarının yüksek miktarlarda olmasıdır. Tüm örneklerdeki o-PO_4 miktarlarının 3. haftanın başında tükendiği gözlenmiştir (Şekil 4.56).



Şekil 4.55: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi

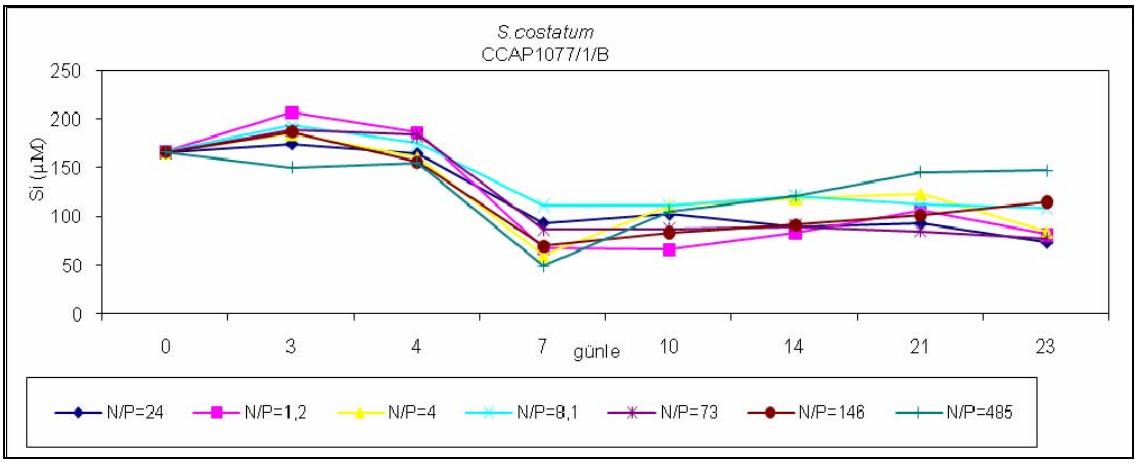


Şekil 4.56: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi

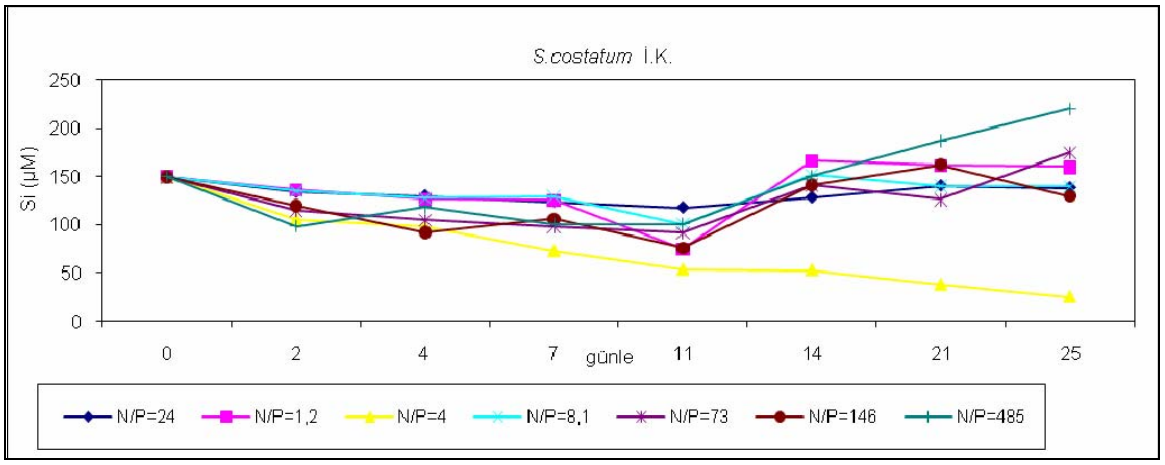
4.2.7. Kültürlerde silika değişiminin incelenmesi

S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan deney setinde silika miktarı seriler arasında çok önemli farklılıklar göstermezken en yüksek değerine 3. günde N/P oranının en düşük olduğu seride, en düşük değerine ise fosfor sınırlamasının olduğu N/P oranı en yüksek olan seride 7. gün sonunda ulaşmıştır. Fosfor bu sürede ortamda tükendiğinden fosfor yerine silis kullanılmaya başlamıştır (Şekil 4.57).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan diğer bir deney setinde ise silika ölçümlerinde seriler arasında farklar gözlenmezken 11. güne kadar silika kullanımı görülmemiştir. En düşük değerler N/P oranı 4 olan seride kaydedilmiştir (Şekil 4.58).



Şekil 4.57: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen silika değerlerinin zamana bağlı değişimi



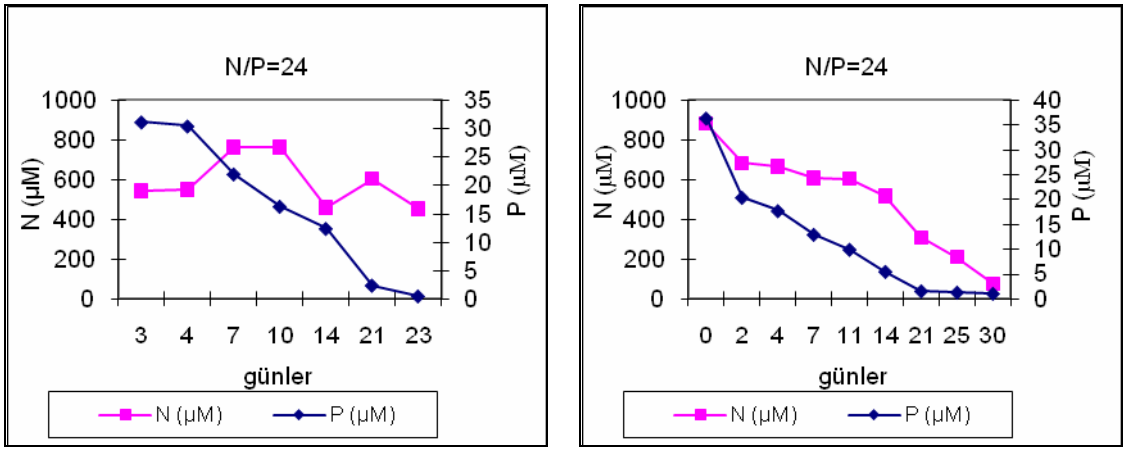
Şekil 4.58: *S. costatum* İ.K. kültüründe farklı N/P oranlarında ölçülen silika değerlerinin zamana bağlı değişimi

4.2.8. NO_2+NO_3-N, o-PO_4 ve Silika Miktarlarıyla Hücre Sayımları Arasındaki İlişkilerin Tespiti

N/P oranı 24 (Kontrol) olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan seride NO_2+NO_3-N ve o-PO_4 miktarlarının ilk 4 gün içerisinde hemen hemen sabit kaldığı gözlenmiştir. o-PO_4 miktarı 7. gün sonunda azalma eğilimi göstermiştir. NO_2+NO_3-N'u kullanımının fosfora göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.59 a).

N/P oranı 24 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan seride ise NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarında ilk 2 hafta boyunca eş zamanlı azalmalar görülmüştür. o-PO_4 miktarı 21. gün sonunda hemen hemen tükenirken, NO_2+NO_3-N'u miktarı azalmaya devam etmiş ve deney sonuna kadar fitoplankterler tarafından kullanılmıştır (Şekil 4.59 b).

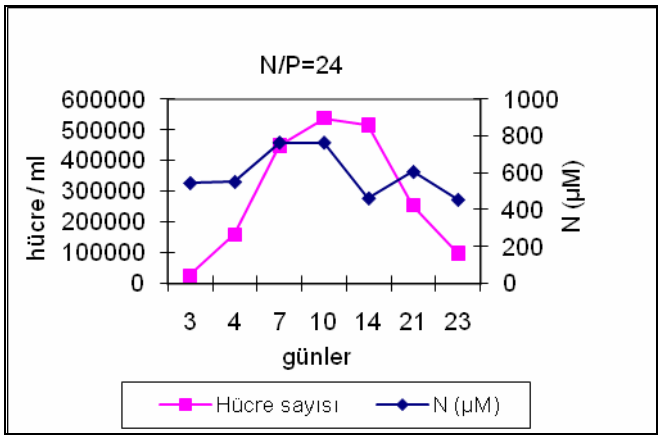
a b



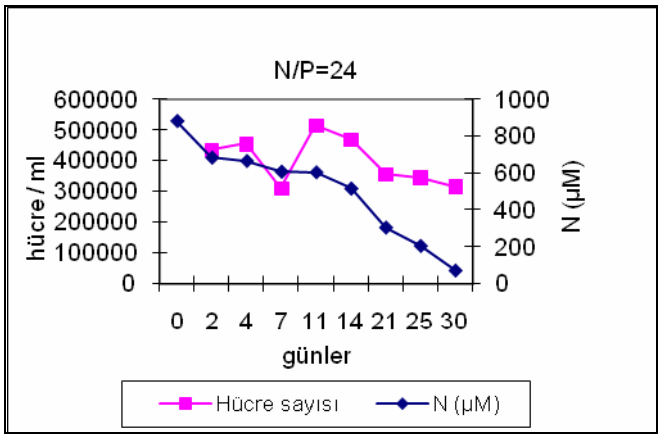
Şekil 4.59: *S. costatum* CCAP1077/1B (a) ve *S. costatum* İ.K. (b) NO_2+NO_3 ve o-PO_4 değerlerinin zamana bağlı değişimi

N/P oranı 24 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan serideki *S. costatum* hücre sayısı 10. gün sonunda maksimum değerine ulaşmış, 14. gün sonunda yaklaşık olarak azotun yarısının kullanıldığı ve hücre sayısının aynı olduğu görülmüştür. Hücre ölüm fazına geçtiğinde ise ortamdaki azotun hala tükenmediği belirlenmiştir (Şekil 4.60).

N/P oranı 24 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise *S. costatum* sayısının 4. ve 7. günlerde yapılan örneklemelerde azaldığı, 11. gün sonunda ise en yüksek seviyesine ulaştığı görülmüştür. NO_2+NO_3-N'u miktarı sürekli azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.61).



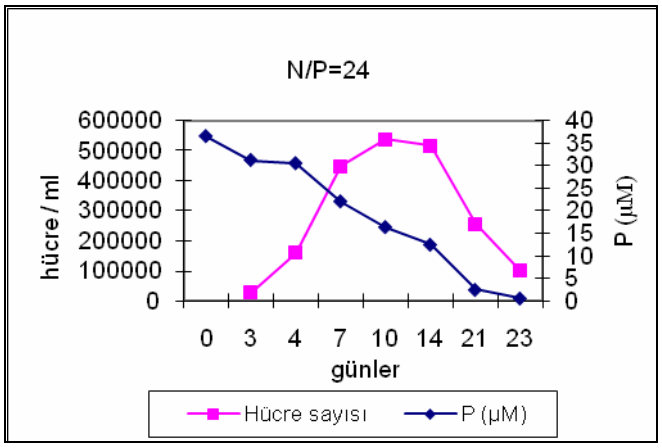
Şekil 4.60: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3 miktarının zamana bağlı değişimi



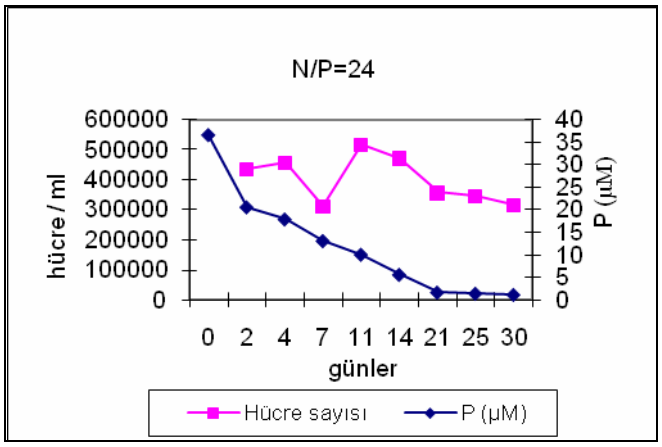
Şekil 4.61: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 24 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan deneyde elde edilen sonuçlara göre maksimum hücre sayısı 10. gün sonunda saptanmış, bu süreçte o-PO_4 miktarının ise düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür. Takip eden günlerde o-PO_4 miktarındaki azalmaya paralel olarak hücre sayısının da azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.62).

N/P oranı 24 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan seride ise fitoplankton hücre sayısındaki artışla ilişkili olarak o-PO4 kullanımının arttığı izlenmiştir. o-PO_4 miktarı sürekli düşüş göstererek 21. gün nerdeyse tükenmiştir (Şekil 4.63).



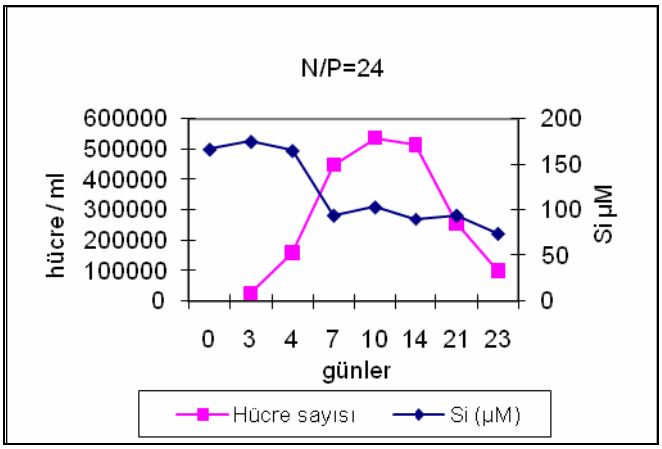
Şekil 4.62: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



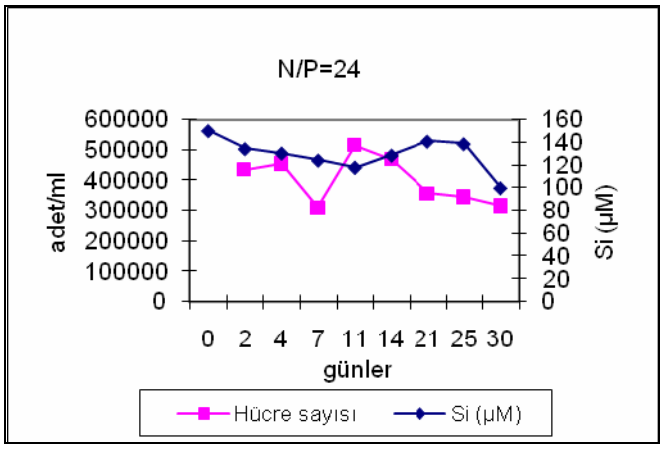
Şekil 4.63: *S. costatum* İ.K. kültüründe N/P=24 hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi fosfor miktarı ilişkisi

N/P oranı 24 olan seride *S. costatum* CCAP1077/1B kültürünün silika kullanım miktarının 4. günden itibaren artış gösterdiği ve 7. gün sonunda ise kullanımının durduğu görülmüştür. Aynı süre içerisinde hücre sayısında devamlılık gösteren bir artış olduğu ve bu artışın 10. gün sonunda en yüksek seviyesine ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 4.64).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan N/P 24 oranındaki deney setinde silika miktarının daha yavaş kullanıldığı 25. günden sonra ise hızlı bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.65).



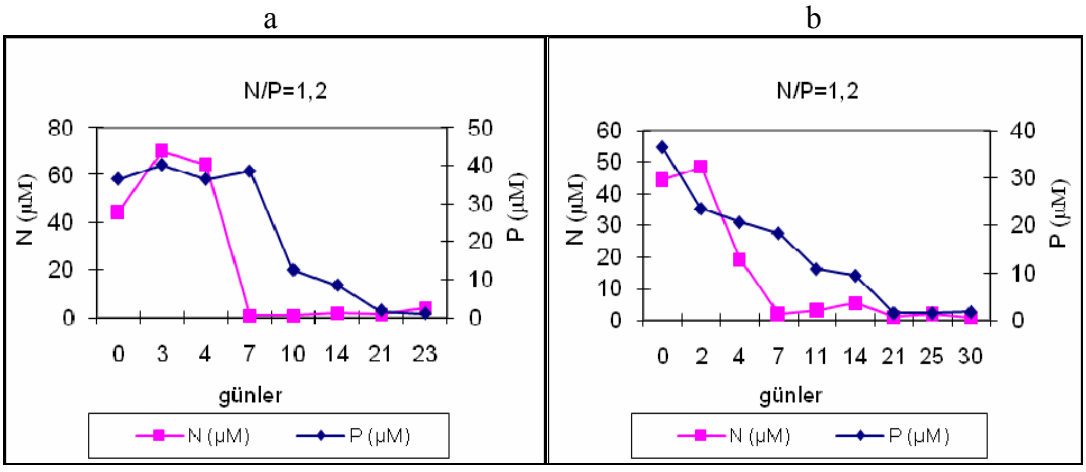
Şekil 4.64: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.65: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde NO_2+NO_3-N'u miktarı ve o-PO_4 miktarlarının ilk 3 günlük paralel artışı göze çarpmaktadır. NO_2+NO_3-N'unun yüksek kullanımı sonucu azot ilk haftanın sonunda neredeyse tükenirken, o-PO_4'ın 3 hafta boyunca kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4.66 a).

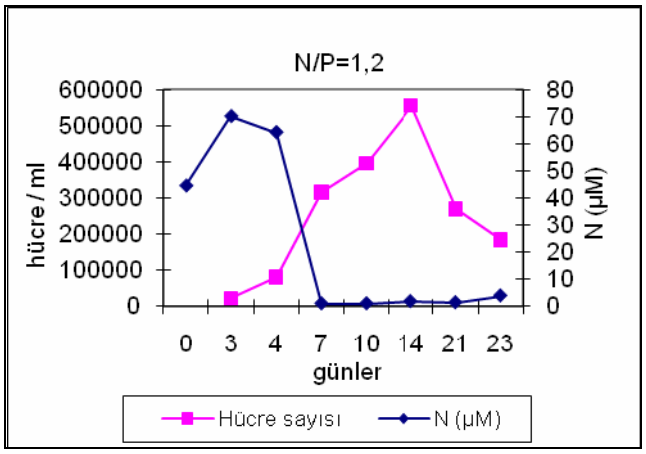
N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan seride ise o-PO_4 miktarı başlangıçtan 21. günün sonuna kadar azalan bir seyir göstermiştir. NO_2+NO_3-N'unun ise ilk haftadan hızla kullanılıp neredeyse tüketildiği gözlenmiştir. 14. gün bir miktar tekrar artış gösteren NO_2+NO_3-N'unun ve 21. gün sonunda tekrar tüketildiği kaydedilmiştir (Şekil 4.66 b).



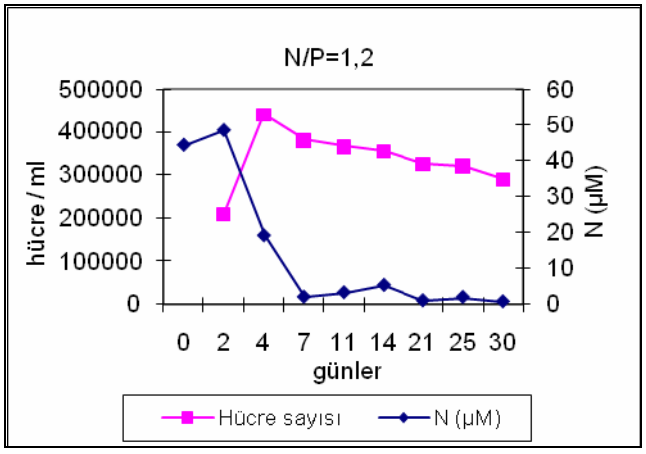
Şekil 4.66: *S. costatum* CCAP1077/1B (a) ve *S. costatum* İ.K.(b) kültürlerinde NO_2+NO3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 1,2 olan serideki hücre sayısının 14. gün en yüksek seviyeye ulaştığı (log fazı) ve NO_2+NO_3-N'unun ise 7. günde neredeyse tükendiği kaydedilmiştir (Şekil 4.67).

N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise hücre sayısı 4. gün sonunda maksimum değere ulaşmışken NO_2+NO_3-N'u miktarında belirgin azalma gözlenmiştir. NO_2+NO_3-N'unun 7. gün neredeyse tükendiği ve hücrelerin de ilk haftanın sonundan itibaren ölüm fazına geçtiği görülmüştür.



Şekil 4.67: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

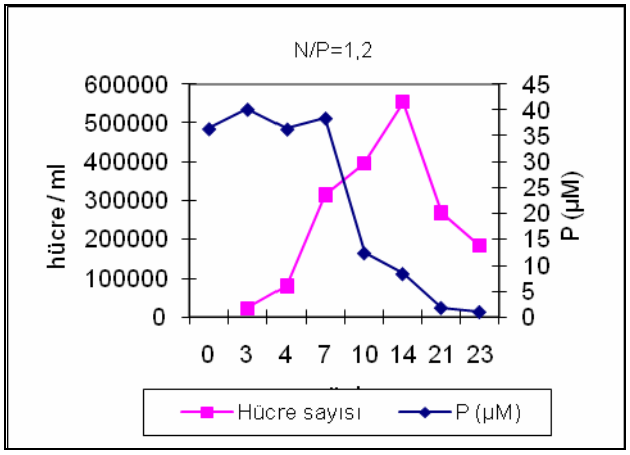


Şekil 4.68: *S. costatum* İ.K. N/P=1,2 hücre sayısı ve azot miktarı ilişkisi

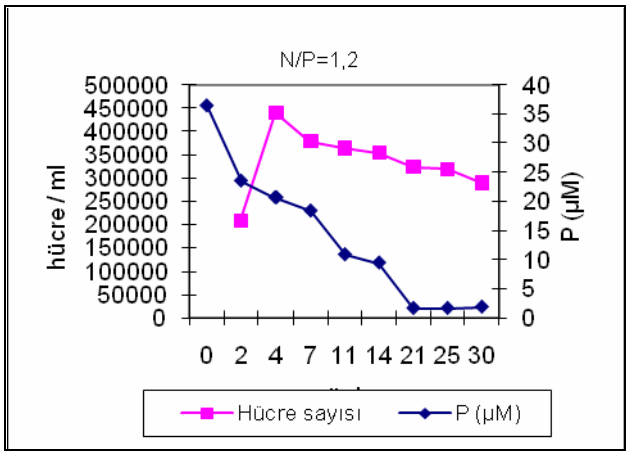
S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyin N/P oranı 1,2 olan serisinde elde edilen verilere o-PO_4'ın ilk 4 gün boyunca pek kullanılmadığı, ancak 4. ve 7. günler arasında büyük bir kısmının tüketildiği gözlenmiştir. o-PO_4 deney boyunca

kullanılmaya devam ederken hücre sayısı 14. Gün maksimum değerine ulaşmış ve takip eden günlerde deney sonuna kadar azalarak ölüm fazına geçmiştir (Şekil 4.69).

N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise hücre sayısının maksimuma ulaştığı 4. gün o-PO_4'ın tüketilmeye devam etmekte olduğu gözlenmiştir. Takip eden günlerde ise her iki parametrede de deney sonuna kadar eş zamanlı azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.70).



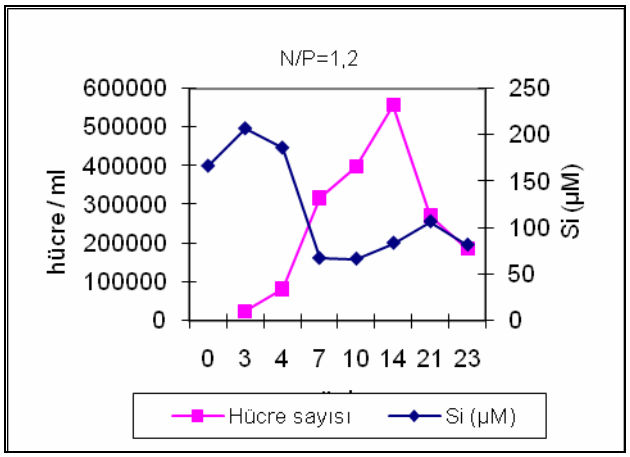
Şekil 4.69: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



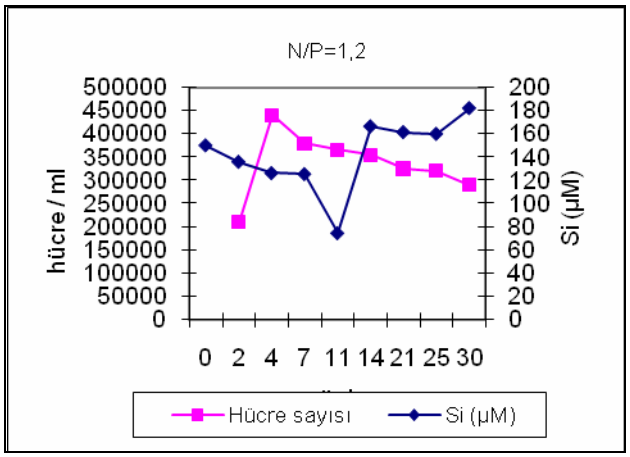
Şekil 4.70: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen verilere göre en yüksek hücre sayısı 14. günde kaydedilmiş, silika miktarı ise ilk günlerde fitoplankterler tarafından kullanılmasından dolayı azalma göstermiş daha sonra ise göreceli olarak artan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.71).

N/P oranı 1,2 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde ise serilerdeki silikanın ilk hafta boyunca fazla kullanılmadığı, ancak 7. ve 11. günler arasında hızla tüketildiği kaydedilmiştir. 11. günden sonra tekrar artmaya başlayan silika miktarına karşılık hücre sayısı 4. güne kadar artmış, takip eden zamanlarda da deneyin sonuna kadar azalan seyrine devam etmiştir (Şekil 4.72).



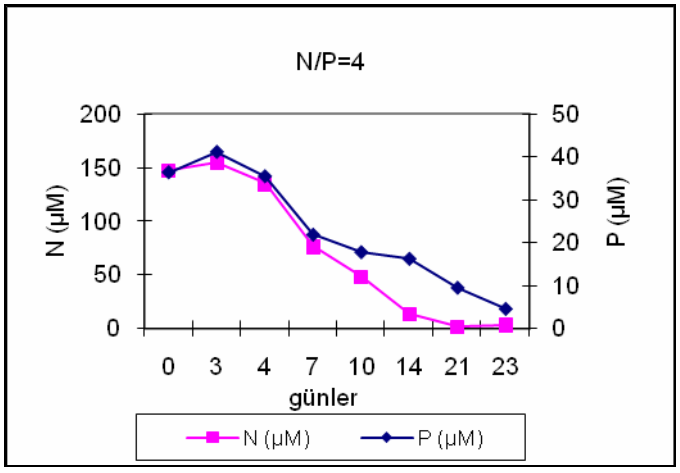
Şekil 4.71: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silikanın zamana bağlı değişimi



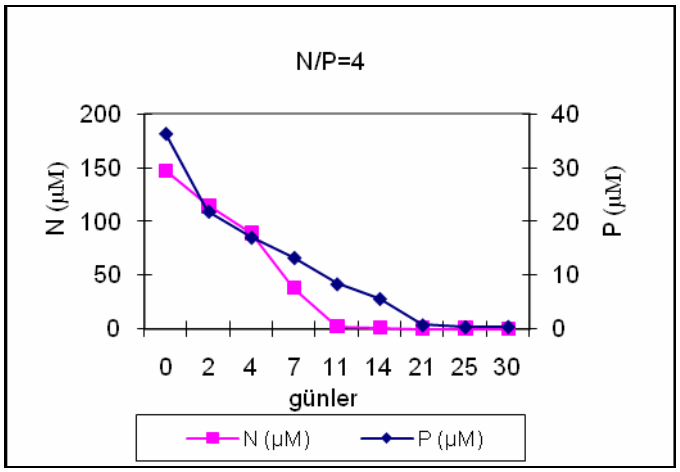
Şekil 4.72: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silikanın zamana bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre seride her iki parametrenin de 3. günden neredeyse deney sonuna kullanıldığı tespit edilmiştir. o-PO_4 miktarı 21. gün tükenmişken NO_2+NO_3-N'unun kullanımı daha yavaş gerçekleşmiş, azot deney sonuna kadar tükenmeden kullanılmıştır (Şekil 4.73).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyin N/P oranı 4 olan serisinde elde edilen verilere göre iki paramterenin zamansal değişiminin farklılıklar gösterdiği ve NO_2+NO_3-N'unun ilk 11 gün içinde, o-PO_4'ın ise 3. haftada tüketildiği gözlenmiştir. (Şekil 4.74).



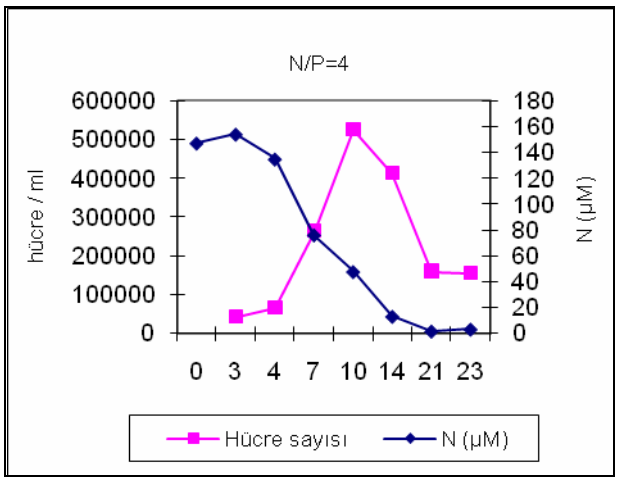
Şekil 4.73: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO3-N'u ve o-PO_4'ın zaman bağlı değişimi



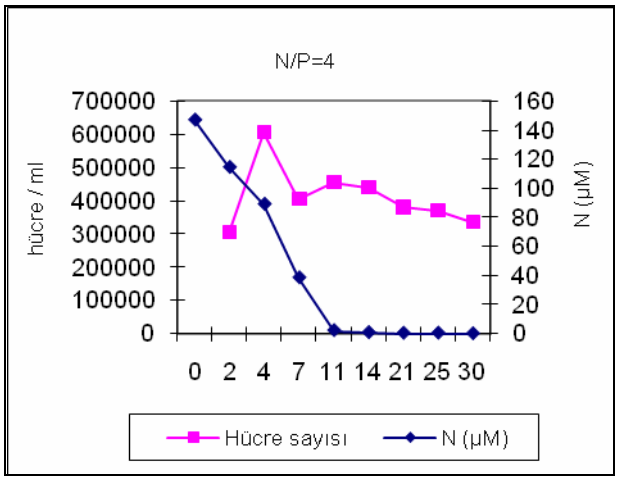
Şekil 4.74: *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO3-N'u ve o-PO_4'ın zaman bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü biyodeneyinde elde edilen sonuçlara göre NO_2+NO_3-N'unun deneyin ilk günlerinden itibaren fitoplankterler tarafından kullanıldığı ve 3. haftada neredeyse tüketildiği gözlenirken hücre sayısının 10. gün maksimuma ulaştığı ve takip eden günlerde hücrelerin ölüm fazına geçmesiyle azalma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 4.75).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyin N/P oranı 4 olan serisinde hücre sayısının 4. gün en yüksek seviyesine ulaştığı, daha sonra ise küçük dalgalanmalar yaptığı belirlenmiştir. NO_2+NO_3-N'u ise başlangıçtan itibaren kullanımda olup, 11. gün neredeyse tamamen tükenmiştir. (Şekil 4.76).



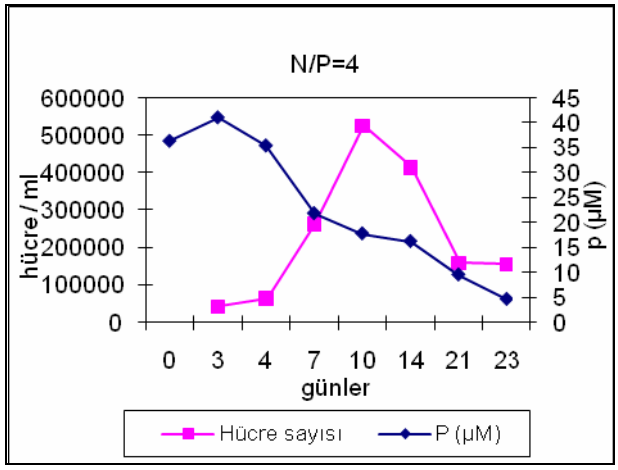
Şekil 4.75: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



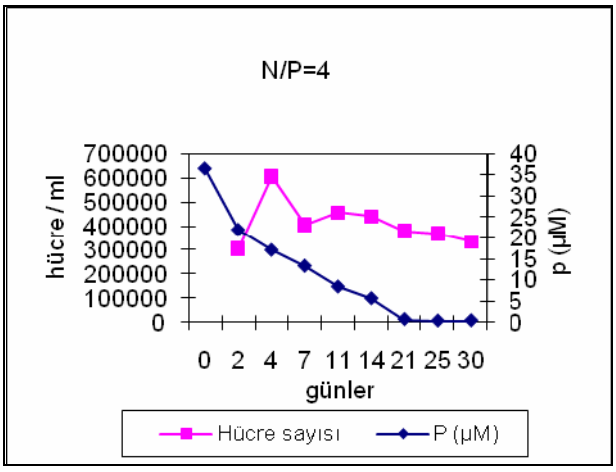
Şekil 4.76: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde hücre sayısı ve ilk on gün sürekli artış gösterirken, o-PO_4 ise sürekli azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.77).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyin N/P oranı 4 olan serisinde hücre sayısının 4. gün en yüksek değerlere ulaşmış, daha sonra ise küçük artış ve azalışlar göstermiştir. o-PO_4 ise başlangıçtan itibaren *S. costatum* tarafından kullanılmış ve 21. gün sonunda neredeyse tükenmiştir (Şekil 4.78).



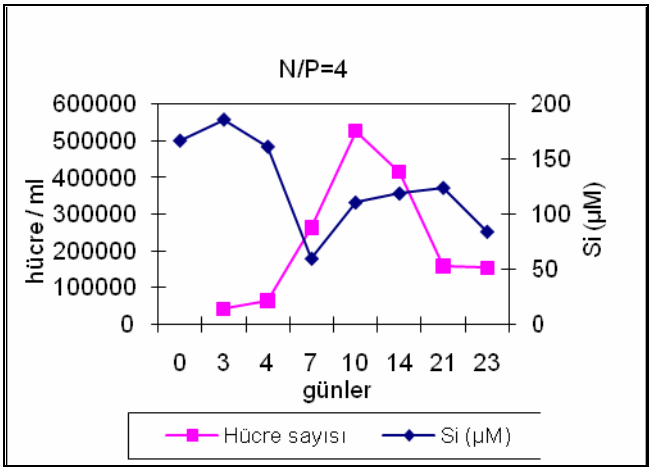
Şekil 4.77: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



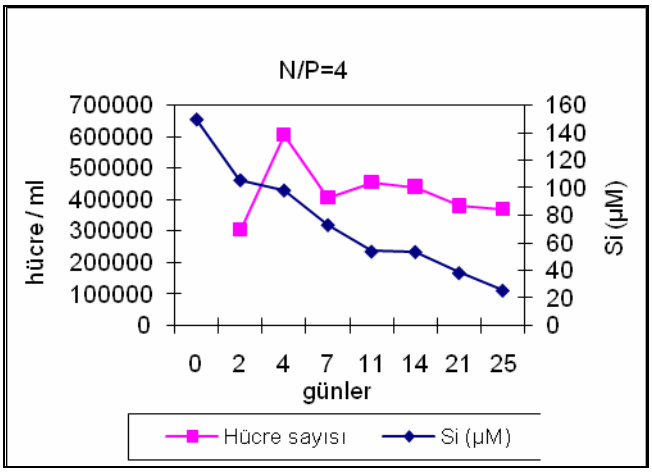
Şekil 4.78: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 4 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde başlangıçta hücre sayısı artarken silika miktarında azalış gözlenmiş ve 7. gün sonuda silikanın büyük kısmının kullanıldığı görülmüştür. Hücre sayısındaki artış 10 .güne kadar devam etmiş ve bu sürenin sonunda en yüksek değerine ulaşmıştır (Şekil 4.79).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 4 olan serinin sonuçlarına göre hücre sayısının 4. gün en yüksek seviyeye ulaştığı ve takip eden günlerde dalgalı bir seyir izlediği görülmüştür. Bu süre içerisinde silikanın fitoplankterler tarafından sürekli olarak kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 4.80).



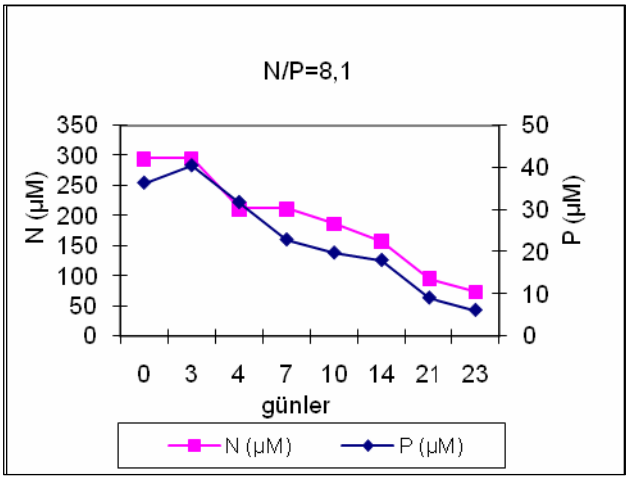
Şekil 4.79: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi



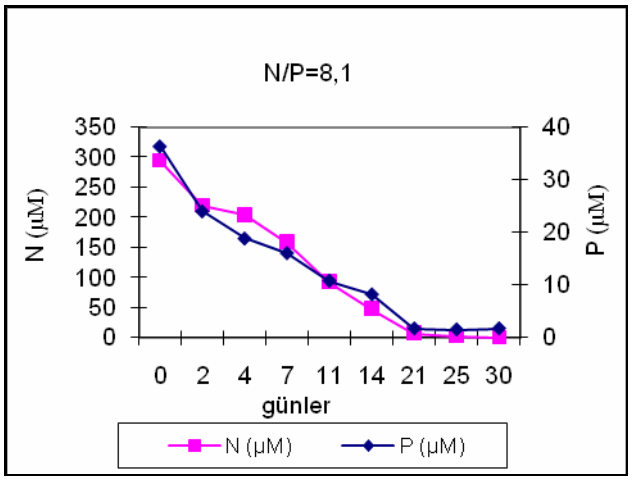
Şekil 4.80: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 8,1 olan örnekteki NO_2+NO_3-N'u miktarı ilk 3 gün süresince değişmezken o-PO_4 miktarında göreceli olarak bir artış olduğu gözlenmiştir. Her iki parametre de 3. günden sonra azalan bir seyir izlemiş ve bu durum son güne kadar devam etmiştir (Şekil 4.81).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 8,1 olan serinin hem NO_2+NO_3-N'unun hem de o-PO_4'ının birinci günden itibaren kullanılmaya başladığı ve bu durumun 21. güne kadar devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.82).



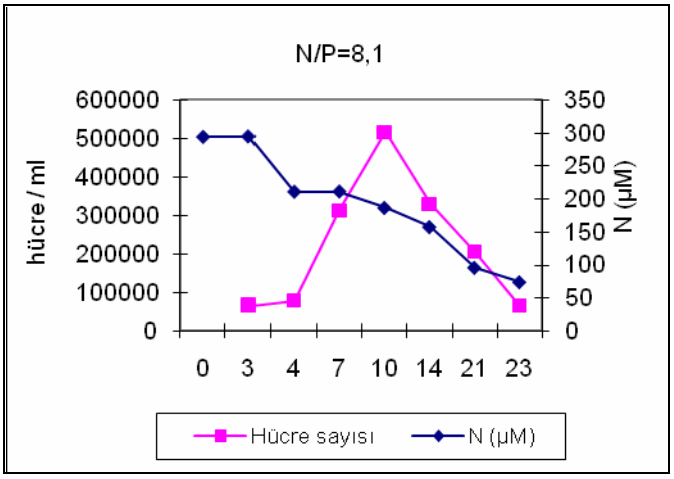
Şekil 4.81: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



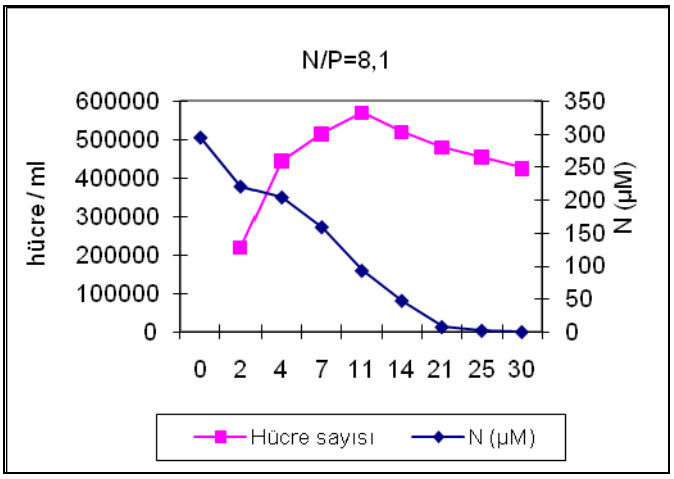
Şekil 4.82: *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde 10. gün sonunda en yüksek hücre sayısı değerine ulaşılmış, daha sonra ise hızlı bir düşüş eğilimi görülmüştür (ölüm fazı). NO_2+NO_3-N'u miktarı ise deney süresince azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.83).

N/P oranı 8,1 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde de benzer sonuçlar elde edilmiş ve en yüksek hücre yoğunluğuna 11. gün ulaşılmıştır. NO_2+NO_3-N'u miktarında ise yukarıda belirtilen kültür örneğindeki gibi gün sayısı arttıkça konsantrasyonda azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.84).



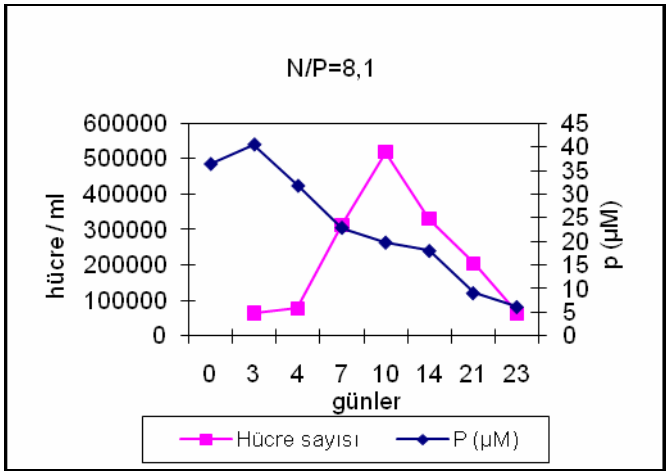
Şekil 4.83: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zaman bağlı değişimi



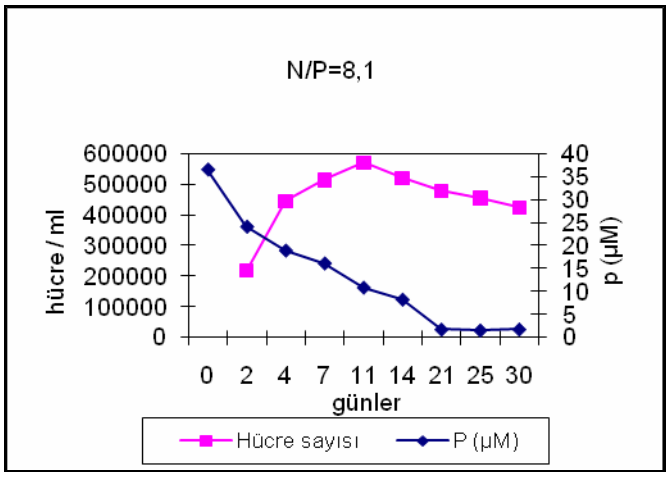
Şekil 4.84: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zaman bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyden elde edilen sonuçlara göre de o-PO_4 yukarıda belirtilen örnekteki NO_2+NO_3-N'u kullanımı ile benzerlik göstermiştir (Şekil 4.85).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 8,1 olan serinin ve o-PO_4 miktarı sürekli azalan bir seyir izlerken *S. costatum* hücre sayısı 11. gün sonunda en yüksek değere ulaşmıştır (Şekil 4.86).



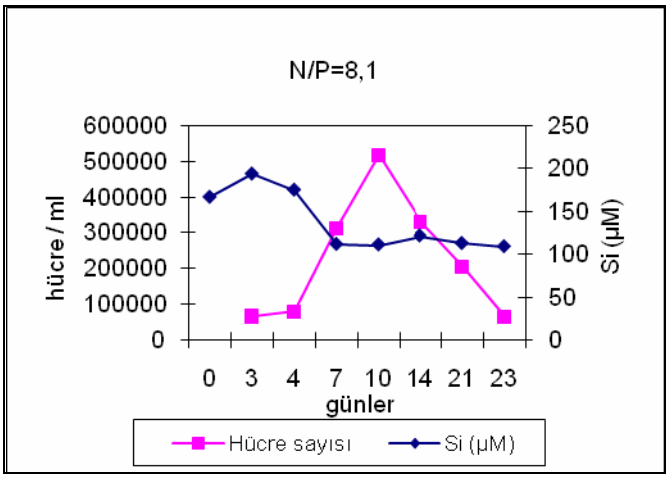
Şekil 4.85: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



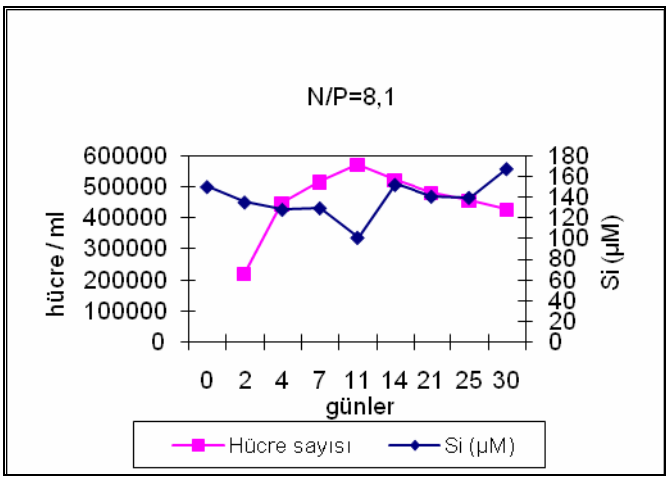
Şekil 4.86: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 8,1 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre silika miktarında ilk üç günde görülen göreceli artıştan sonra 7. güne kadar azalan bir seyir izlenmiş, daha sonra ise küçük artış ve azalışlar görülmüştür. *S. costatum* hücre sayısı ise 10 günde en yüksek değere ulaşmış, takip eden günlerde azalan bir seyir izlemiştir (Şekil 4.87).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 8,1 olan serinin sonuçları *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile benzerlikler göstermemiştir; silika miktarı 11. güne kadar kullanılırken takip eden günlerde göreceli olarak artış devam etmiş ve 30. gün en yüksek silika miktarı gözlenmiştir. Silika miktarı ile eş zamanlı olarak 11. gün en yüksek miktara ulaşan *S. costatum* hücre sayısı daha sonra azalan bir trent izlemiştir (Şekil 4.88).



Şekil 4.87: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

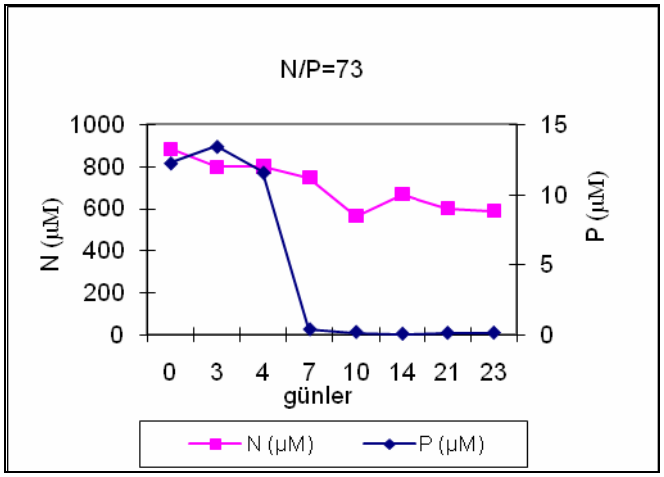


Şekil 4.88: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

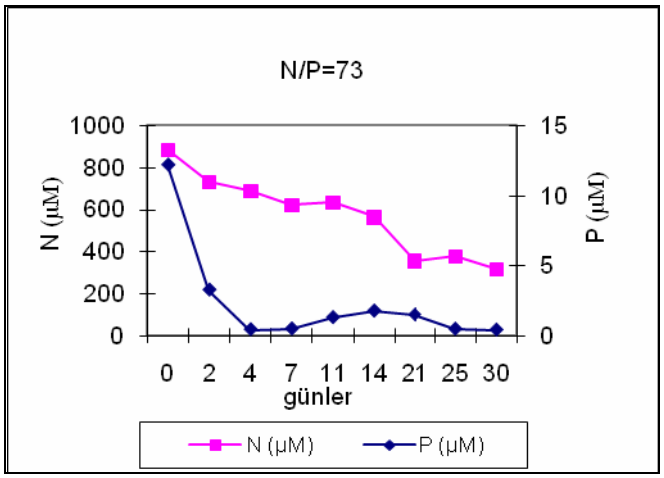
N/P oranı 73 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre örneklerdeki o-PO_4 miktarı 7. gün tükenirken NO_2+NO_3-N'unun yüksek miktarda kullanılabilir kısmının deney sonuna kadar kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.89).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan diğer biyodeneyde N/P oranı 73 olan seriden elde edilen sonuçlar diğer örneğe göre farklılık göstermiştir. o-PO_4 miktarı ilk 4 günde hızla tüketilmiş, 25. güne kadar küçük artış ve azalışlar gözlenmiş, ve deneyin son hafatsı tekrar tükenmiştir. NO_2+NO_3-N'u miktarı ise deney süresince azalan bir seyir

göstermiştir. NO_2+NO_3-N'u 21. güne kadar ve *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründen daha fazla miktarda tüketilmiştir (Şekil 4.90).



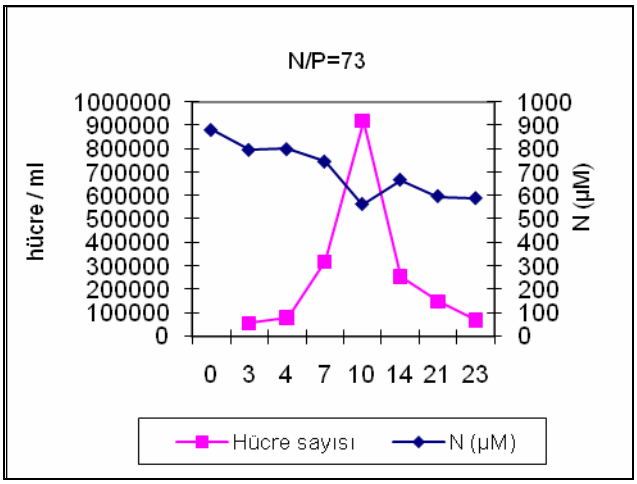
Şekil 4.89: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



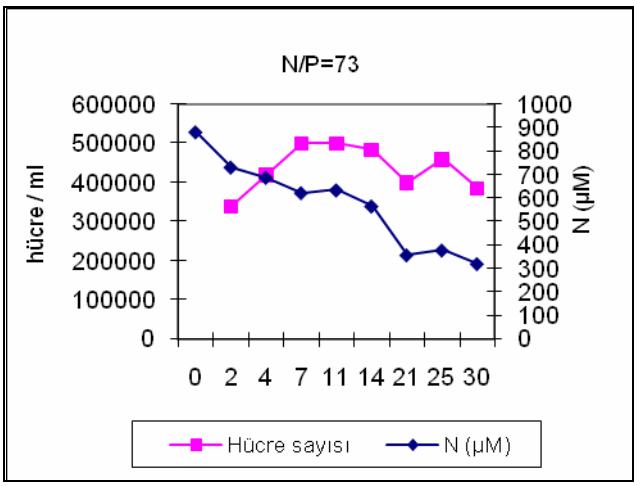
Şekil 4.90: *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 73 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre, *S. costatum* hücre sayısı 10. gün en yüksek değere ulaşırken eş zamanlı olarak NO_2+NO_3-N'u da kullanılmış ve en düşük konsantrasyon değerini vermiştir. Takip eden günlerde hücre sayısında sürekli düşüş izlenirken NO_2+NO_3-N'u miktarı küçük artış ve azalışlar izlemiştir (Şekil 4.91).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 73 olan serinin sonuçlarına göre ise hücre sayısı 7. günün sonunda en yüksek değerine ulaşmışve takip ede günlerde hücreelrin ölüm fazına girmesiyle azalmaya devam etmiştir. NO_2+NO_3-N'u miktarı ise sürekli azalan bir trent izlemiştir (Şekil 4.92).



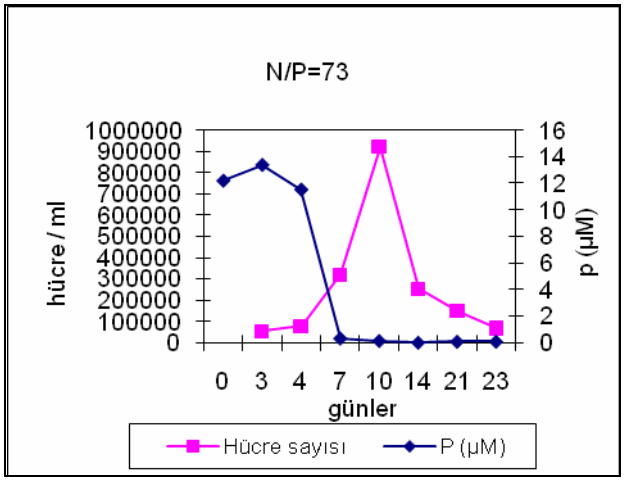
Şekil 4.91: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



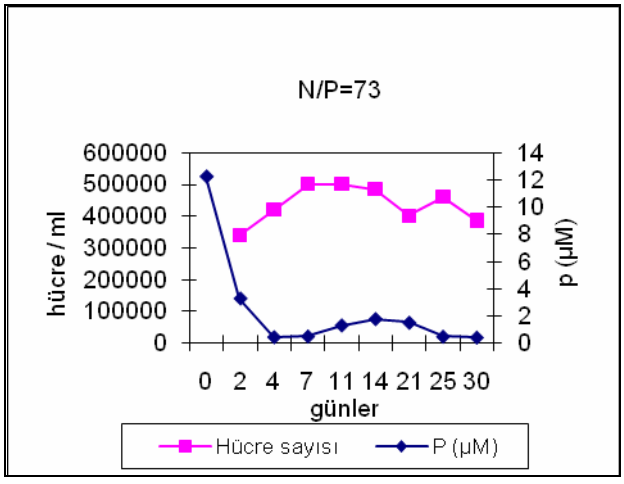
Şekil 4.92: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 73 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyden elde edilen bulgulara göre o-PO_4 ilk haftadan hızla kullanılıp tüketilmiş, hücre sayısı ise 10. gün maksimum düzeyine ulaşmıştır. Takip eden günlerde hücre sayısında azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.93).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 73 olan serinin sonuçlarına göre ise, o-PO_4 ilk 4 gün hızla kullanılıp neredeyse tüketilmiş, daha sonra da hücre salınımları nedeniyle 7. ve 25. günler arasında o-PO_4 miktarında küçük artışlar gözlenmiştir. Hücre sayısı ise en yüksek değerine 7. gün ulaşmış, takip eden günlerde göreceli olarak azalmıştır (Şekil 4.94).



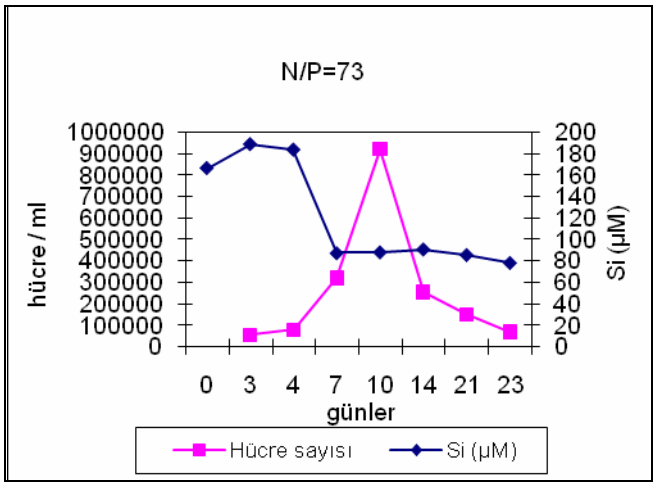
Şekil 4.93: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



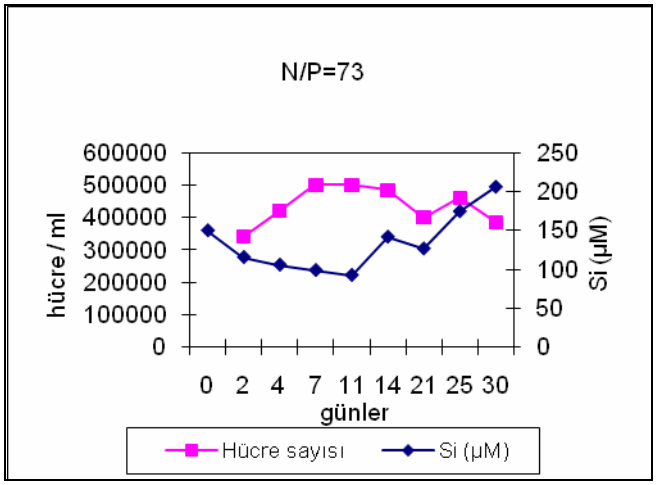
Şekil 4.94: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 73 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre silikanın ilk hafta içinde kullanıldığı, hücre sayısının ise 10. Gün maksimum ulaştığı görülmüştür.(Şekil 4.95).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 73 olan serinin sonuçlarına göre ise kayda değer farklılıklar göstermiştir; silika miktarı 11 gün boyunca kullanılmış. *S. costatum* hücre sayısı 7. gün sonunda en yüksek sayıya ulaşmış ve bu değer 14. gün sonuna kadar değişmemiştir. Takip eden günlerde küçük azalışlar ve artış kaydedilmiştir (Şekil 4.96).



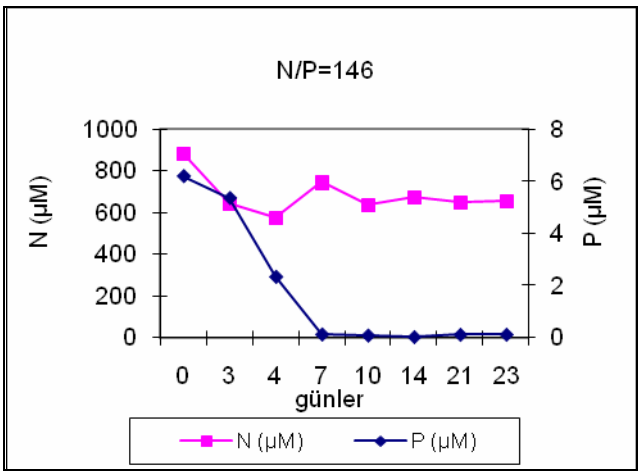
Şekil 4.95: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi



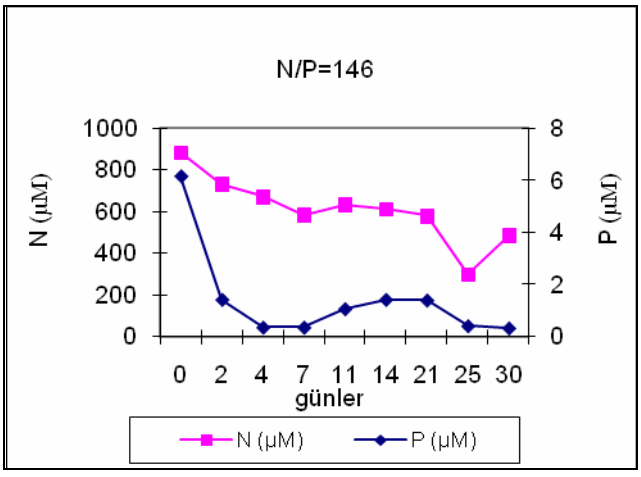
Şekil 4.96: *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan çalışmada NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarında ilk 4 gün paralel bir düşüş gözlenmiş, takip eden günlerde o-PO_4 miktarındaki düşüş 7. günün sonuna kadar devam etmiş ve tüketilmiştir. NO_2+NO_3-N'un ise deney sonuna kadar fazla kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4.97).

S. costatum CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 146 olan serinin sonuçları diğer kültürde elde edilen değerlerden farklılıklar göstermiştir. Serideki o-PO_4 miktarı ilk dört günde neredeyse tükenmiş, 7. gün ile 21. gün arasında ise küçük bir artış göstermiştir. İzleyen günlerde tekrar kullanım söz konusudur. NO_2+NO_3-N'unun ise fazla tercih edilmediği, sadece 21. ve 25. günler arasında dikkat çekebilecek miktarda azot kullanımı olduğu görülmüştür (Şekil 4.98).



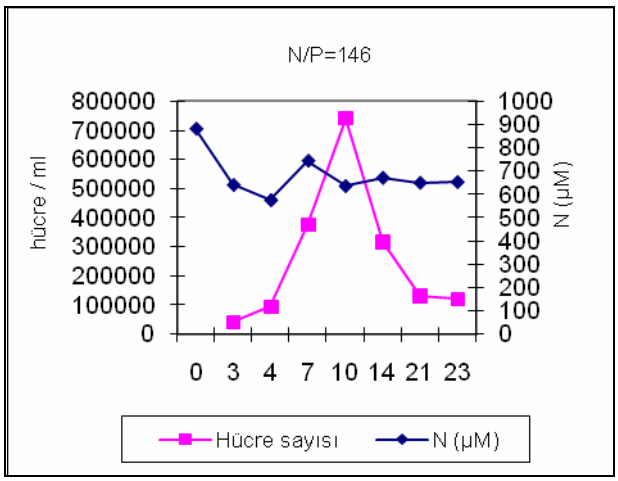
Şekil 4.97: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



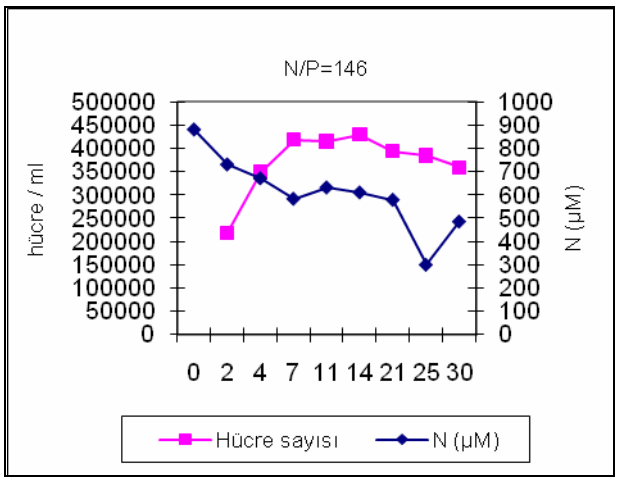
Şekil 4.98: *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre hücre sayısı 10. gün maksimum düzeye ulaşırken azot miktarının bir kısmının kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 4.99).

N/P oranı 146 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan biyodeney sonuçlarına göre ise, NO_2+NO_3-N'unun 25 gün boyunca kullanıldığı ve hücre sayısının da ilk hafta pik yaptığı görülmüştür (Şekil 4.100).



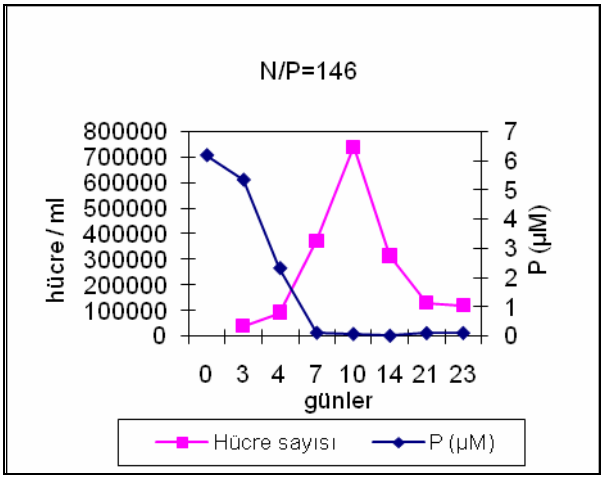
Şekil 4.99: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve miktarının zamana bağlı değişimi



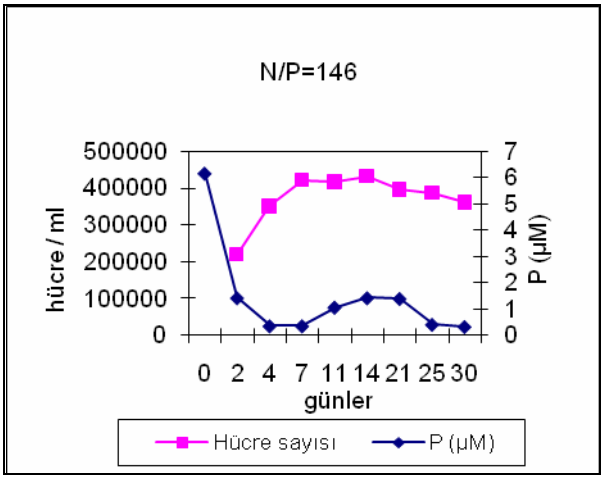
Şekil 4.100: *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen bulgulara göre o-PO_4 ilk haftadan tüketilmiş, hücre sayısı ise 10. gün maksimum düzeyine ulaşmıştır. Takip eden günlerde hücre sayısında azalan bir seyir izlenmiştir (Şekil 4.101).

S. costatum İ.K. kültürü ile yapılan biyodeneyde N/P oranı 73 olan serinin o-PO_4'ının ilk 4 günde tüketildiği, 7. ve 25. günler arasında ise hücre salınımları nedeniyle hafifçe arttığı gözlenmiştir. Hücre sayısı ise en yüksek değerine 7. gün ulaşmış, takip eden günlerde çok az azalan bir seyir göstermiştir (Şekil 4.102).



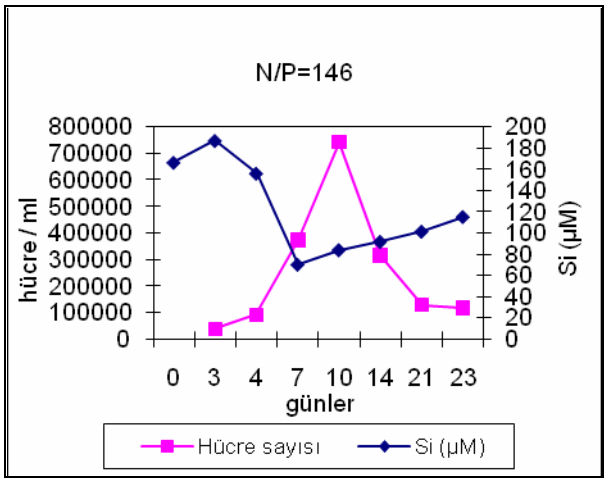
Şekil 4.101: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



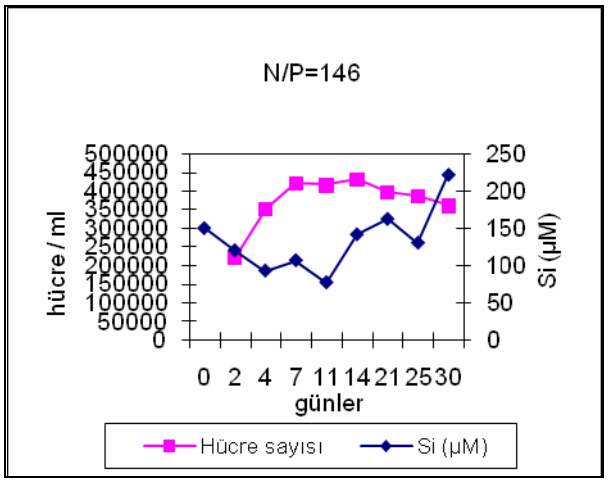
Şekil 4.102: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 146 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan biyodeneyde elde edilen sonuçlara göre silikanın ilk hafta kullanıldığı göze çarpmaktadır (Şekil 4.103).

N/P oranı 146 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan diğer biyodeney sonuçlarına göre ise silika ilk 11. gün boyunca kullanılmış, daha sonra doğrusal bir artış göstermiştir. *S. costatum* hücre sayısı 7. gün sonunda en yüksek sayılara ulaşmış bu değer 14. gün sonuna kadar değişmemiştir. Takip eden günlerde küçük artış ve azalışlar kaydedilmiştir (Şekil 4.104).



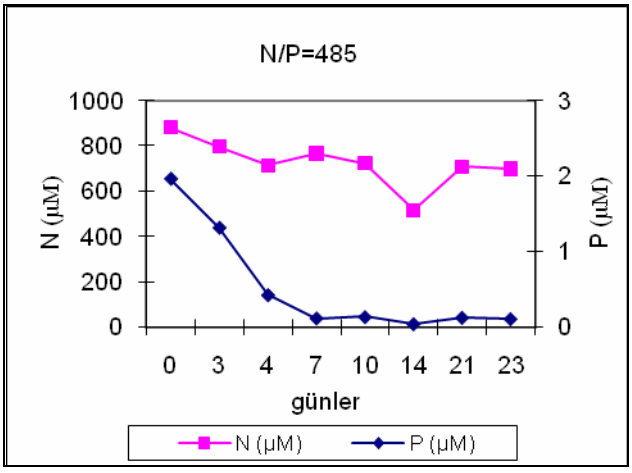
Şekil 4.103: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi



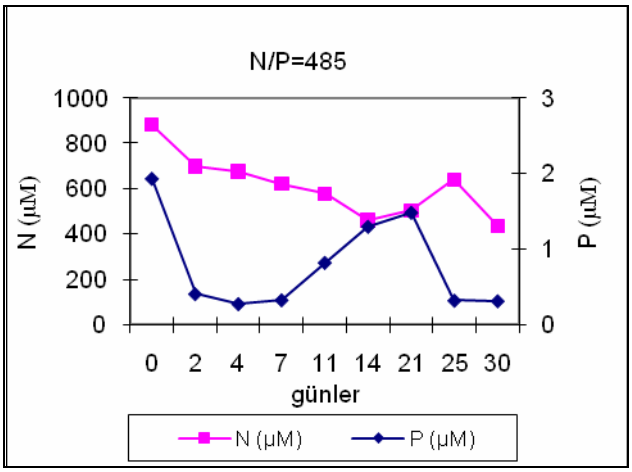
Şekil 4.104: *S. costatum* İ.K.kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

N/P oranı 485 olan *S. costatum* CCAP1077/1B kültürü ile yapılan çalışmada NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarında ilk 4 paralel bir düşüş gözlenmiş, takip eden günlerde o-PO_4 kullanımı 7. günün sonuna kadar devam etmiş ve daha sonra neredeyse tükenmiştir. NO_2+NO_3-N'unun ise deney boyunca hücreler tarafından pek tercih edilmediği gözlenmiştir (Şekil 4.105).

N/P oranı 485 olan *S. costatum* İ.K. kültürü ile yapılan sonuçlarına göre ise serideki o-PO_4 ilk dört gün boyunca tüketilmiş, ancak 7. gün ile 21. gün arasında muhtemel hücre salınımları nedeniyle küçük bir artış göstermiştir. İzleyen günlerde ise kullanılmaya devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 4.106).



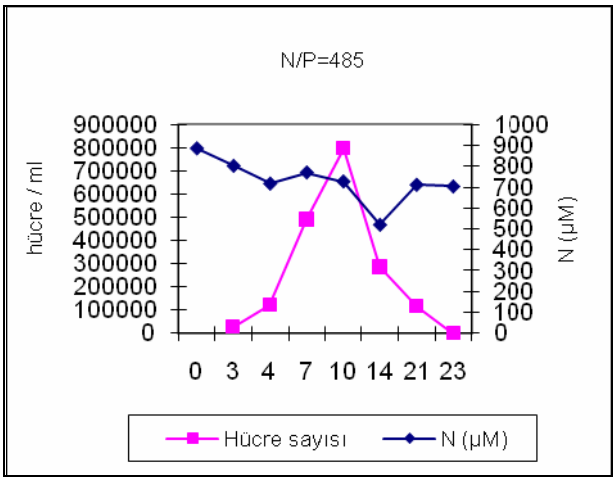
Şekil 4.105: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi



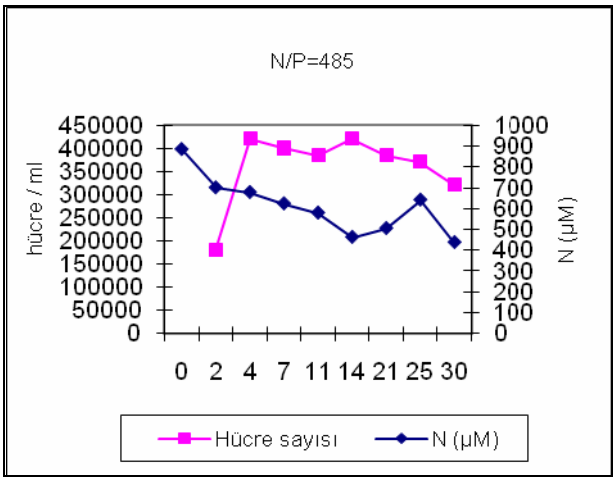
Şekil 4.106: *S. costatum* İ.K. kültüründe NO_2+NO_3-N'u ve o-PO_4 miktarlarının zamana bağlı değişimi

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485 olan örneğin hücre sayısının maksimuma ulaştığı 10. gün azotun kullanımda olduğu görülmüştür. NO_2+NO_3-N'unun minimum düzeyde olduğu 14. günde ise hücre sayısının düşüşe geçtiği kaydedilmiştir (Şekil 4.107).

S. costatum İ.K. türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485 olan örneğin hücre sayısının ise ilk maksimum değerini 4. gün verdiği ve bu süre içinde azotun da kullanılmaya devam ettiği görülmüştür (Şekil 4.108).



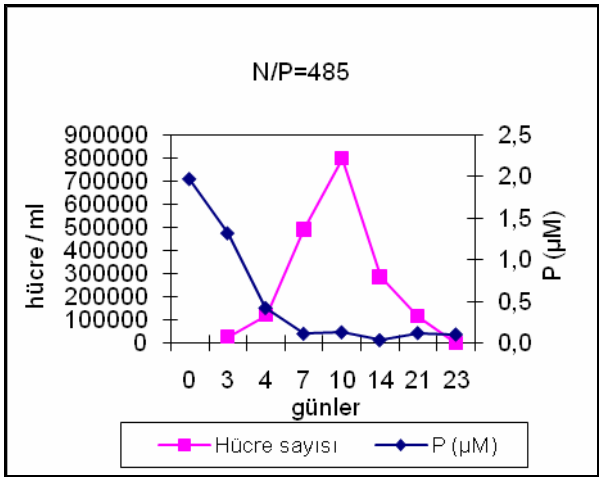
Şekil 4.107: *S. costatum* CCAP1077/1B N/P=485 hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi



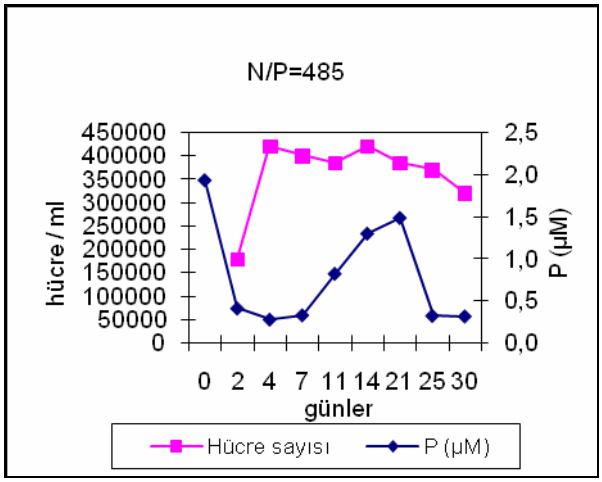
Şekil 4.108: *S. costatum* İ.K. N/P=485 hücre sayısı ve NO_2+NO_3-N'u miktarının zamana bağlı değişimi

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485 olan örneğin hücre sayısının maksimum olduğu 10. gün fosfor miktarının neredeyse tükenmiş olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.109).

S. costatum İ.K. türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485 olan örneğin hücre sayısının ilk maksimum değeri verdiği 4. gün o-PO_4'ın kullanılmaya devam ettiği kaydedilmiştir. o-PO_4'ın miktarının yeni bir artışa geçtiği 21. günde ise hücre sayısının azalmaya devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 4.110).



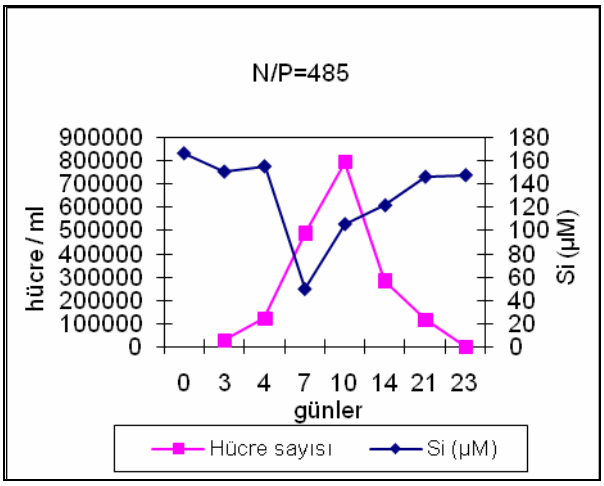
Şekil 4.109: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi



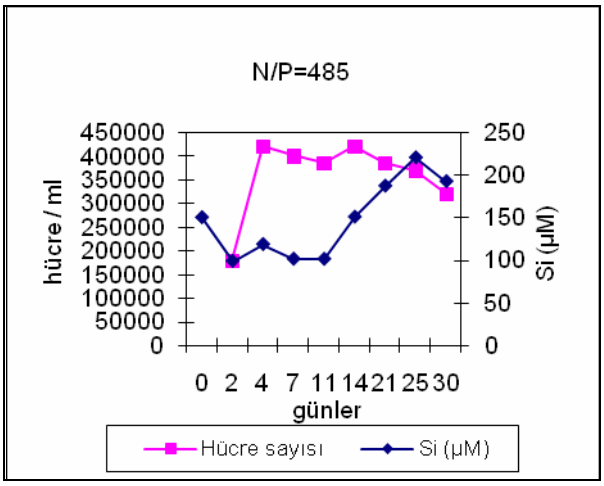
Şekil 4.110: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve o-PO_4 miktarının zamana bağlı değişimi

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485olan örneğin silika miktarının minimuma indiği 7. gün hücre sayısındaki artışın devam ettiği kaydedilmiştir. Hücre sayısının maksimum düzeye ulaştığı 10. gün silik miktarının da artış gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 4.111).

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılan deneyde N/P oranı 485 olan örneğin hücre sayısının ilk maksimum değere ulaştığı 4. Gün olduğu ve silikanın 11. Güne kadar kullanımda olduğu kaydedilmiştir. Silika miktarı 25. gün artış göstermişken, hücre sayısının azalmaya devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 4.112).



Şekil 4.111: *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi



Şekil 4.112: *S. costatum* İ.K. kültüründe hücre sayısı ve silika miktarının zamana bağlı değişimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deniz ve göllerde fitoplankterlerin dağılımını etkileyen en önemli etkenlerin başında suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri gelmektedir. Özellikle tuzluluk, sıcaklık, ışık şiddeti, çözünmüş gazlar, asit-baz özellikleri ve besleyici elementler en belirleyici unsurlar olarak dikkat çekmektedir. Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplankterler gelişebilmeleri için ortamda yeteri kadar azot ve fosforun bulunmasına ihtiyaç duyarlar. Yeterli miktarda azot ve fosfor içermeyen ortamlarda fitoplankterlerin gelişimi yavaşlamaktadır. Sucul ortamlarda fitoplankton gelişimi, yıl içinde besleyici tuzların miktarındaki değişimleri ile doğrudan ilişki gösterirler (Geldiay ve Kocataş, 2002). Genellikle, evsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerle denizlere besin tuzu girdilerinin artması ve iklimsel değisimler gibi faktörler zararlı alglerin aşırı çoğalmasına sebep olmaktadır (Anderson, 1994).

Denizlerde aşırı çoğalma gösteren fitoplankterlerin genel özelliklerini ve hangi çevresel şartlarda daha iyi gelişme gösterdiklerini daha anlayabilmek için başvurulan yöntemlerin başında kontrollü ortamlarda bu türlerin kültür ortamlarında üretilmesi ve seçilen su kalitesi parametreleri ile ilişkilerinin ortaya çıkarılması gelmektedir. Ekoloji biliminde, ortamda yeterli miktarda bulunmadığında biyolojik gelişmeyi sınırlayan maddeler sınırlayıcı element olarak tanımlanır (Correll,1999). Bu elementlerin başında ise Azot (N) ve Fosfor (P) gelmekte, Silisyum (Si) elementi ise fitoplankton oluşumunda gerekli bir element olmakla birlikte diğer elementlere göre çok daha az kullanıldığından sınırlayıcı element olarak nadiren görülmemektedir. N/P oranının yükselmesiyle diatom sayısının azaldığı, azotun öncelikli besin tuzu tercihi olduğu türlerde ise arttığı bilinmektedir (Heimdal, 1994). Aşağıda tartışılacak sonuçlarda da benzer durumlar söz konusudur.

Bu çalışmada, azot ve fosfor gibi besin tuzlarının ekosistemde kritik öneme sahip ve aşırı üreyebilen diatom türlerinden biri olan *Skeletonema costatum* ve bir dinoflagelleat olan *Prorocentrum micans*'ın gelişimleri üzerine etkilerini izlemek amacıyla 1,2 ile 485 arasında değişen N/P oranlarının kullanıldığı kültürler ile çalışılmıştır. Işık ve sıcaklık gibi diğer laboratuvar şartları sabit tutularak bu şartların büyüme üzerine herhangi bir etki göstermesi engellenmiştir. Her ne kadar laboratuvar şartları doğal ortamdan farklılık gösterse de bu çalışmalar aşırı çoğalma dinamikleri üzerine besin tuzlarının etkisi de dahil olmak üzere bir çok biyolojik sistemin anlaşılmasında önemli anahtarlar olarak kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında seçilmiş olan türler, Marmara Denizi'nde ve İzmit Körfezi'nde yaygın türlerdir. *P.micans* türü yapılan çalışmalarda yaz ve kış aylarında artış gösterdiği fakat yıl boyunca da çoğunlukla izlenen türler arasında olduğu bildirilmiştir (Tüfekçi, 2000, Balkıs 2000, Deniz, 2005, Aktan 2005, Ediger ve diğ., 2009). *P. micans* türünün aşırı üremede red-tide (kızıl-dalga) oluşumuna neden olduğu (Koray 2002b) ve aşırı üremeleri sonucunda salgıladıkları DSP tipi zehirler ile uzun süreli etkileşimler halinde kanserojen olduklarına dair tespitler vardır (Koray, 1994).

1990-2000 (Aktan, 2005) ve 2001-2002 (Tolun 2002) yılları arasında İzmit Körfezi'nde yapılan başka bir çalışmalarda tür ve birey sayısı bakımından dinoflagellatların dominant olduğu, diatomların daha çok kış aylarında baskın oldukları bulunmuştur. Toplam fitoplanktonun yaklaşık %85-95'ini dinoflagellat grubunun oluşturulduğu tespit edilmiştir.

İzmit Körfezi'nde 2007-2008 yılları arasında yapılan çalışmada özellikle su sıcaklıklarının düşük olduğu Şubat ve Mart aylarında diatom türleri, yaz dönemlerinde ise dinoflagellat türleri yüksek bir yüzde ile dikkati çekmiştir. Dinoflagellatlardan *Prorocentrum micans,* diatomlar'dan *Skeletonema costatum* baskın türler olarak tespit edilmişlerdir. *Skeletonema costatum'*un kış aylarından sonra Ağustos ayında ortaya çıktığı ve Eylül ayında Şubat ayından sonra 2. maksimum hücre konsantrasyonuna ulaştığı gözlenmiştir (Ediger ve diğ., 2009).

İzmit Körfezi'nde 1997-1998 periyodunda yapılan biyodeney çalışmaları sonucunda, sınırlayıcı besin elementi azot olarak bulunmuş ve N/P oranının da 0.45-1.8 arasında olduğu tespit edilmiştir. Aynı dönemde baskın olan fitoplankton grubunun dinoflagellatlar (*Prorocentrum micans*, *Noctilica scintillans* ve bazı *Gonyaulax* sp.) olduğu açıklanmıştır (Tüfekçi ve diğ., 1998).

Çalışma kapsamında izole edilen *P. micans* CCAP1136/15 türü ile yapılan 21 günlük biyodeney çalışmasında 0. ve 4. günler arasındaki tüm N/P serileri birbirine paralel bir gelişme göstermiştir. Eksponansiyel artış sürecinde *P. micans* CCAP1136/15 türünde en yüksek hücre sayısı N/P oranı 73 olan örnekte gözlenmiştir. Bu oran *P. micans* CCAP1136/15 türünün gelişimi için önerilen besi ortamındaki N/P'nin 24 olduğu kontrol örneğinden sonra en fazla gelişim görülen oran olarak kaydedilmiştir. Diğer N/P oranları ise kontrol örneğinden düşük bulunmuştur. N/P oranının 146 olduğu kültürde de *P. micans* CCAP1136/15 türü iyi gelişme göstermiş, en düşük hücre gelişimleri ise azotun çok fazla sınırlandığı N/P 1,2 ve 4 oranı ile fosforun çok fazla sınırlandırıldığı N/P 485 oranlarında görülmüştür.

P. micans İ.K. türünde ise en yüksek hücre sayısı değerlerine N/P oranı 24 olan kontrol grubu ile 73 ve 146 olan örneklerde ulaşılmıştır. *P. micans* İ.K. türü ile yapılan biyodeney çalışmasında elde edilen hücre gelişimi ile ilgili bulgular *P. micans* CCAP1136/15 türü ile elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermiştir; en düşük hücre gelişiminin eksponansiyel ve durağan fazda N/P 1,2 ve 4 oranı ile N/P 485 oranlarında olduğu görülmüştür.

Eker-Develi ve diğ., (2006) yaptığı çalışmada *P. micans* türünün floresan değerlerinin azot ve fosfor sınırlaması yapıldığı durumlarda farklılık göstermediği ortaya konurken, bu çalışmada *P. micans* ile yapılan deneylerin floresan ölçümlerinde azot sınırlaması yapılan örneklerin fosfor sınırlaması yapılanlara göre daha düşük değerler verdiği kaydedilmiştir.

Burford (1998) benzer bir çalışmasında farklı N/P oranlarının türlerin genel sayısının ortalamasına etki etmediğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada genel ortalamalara bakıldığında, *P. micans* CCAP1136/15 türü ile yapılan deneyde en yüksek hücre sayısı

ortalaması N/P oranının 73 olduğu örnekte görülmüş ve en düşük hücre sayısı ortalamasına sahip N/P oranı 485 olan örnektekinin 2 katı kadar çıktığı kaydedilmiştir. Bu iki N/P oranı dışında tür sayılarının genel ortalamalarında ciddi değişikliklerin kaydedilmemesi yukarıda bahsedilen durumla örtüşmektedir.

P. micans ile yapılan deneylerde azot sınırlamasının yapıldığı örneklerde azotun, fosfor sınırlamasının yapıldığı örneklerde fosforun neredeyse aynı zamanda tüketilmesi, bu türün her iki besin tuzunu da tercih ettiğini göstermektedir, Ancak hücre sayılarına bakıldığında *P. micans* İ.K. ile yapılan deneyde, fosforun düşük olduğu örneklerdeki hücre sayısı, düşük miktarda azota sahip örneklerinkinden yaklaşık 2 kat daha fazladır. Bu durum, türün azotu daha çok tercih ettiğinin bir göstergesi olarak sunulabilir.

P. micans CCAP1135/15 kültürüile yapılan biyodeneyler sonucunda azot sınırlamasının yapıldığı N/P oranlarında azotun 4.-7. günler arasında tükendiği, bu andan itibaren fosforun kullanılmaya başladığı ve kullanımın 14. güne kadar devam ettiği bulunmuştur. *P. micans* İ.K. kültüründe de benzer durum görülmesinin yanında 7. gün sonunda azotun ortamda kalmaması ve fosforun kullanılmaya başlaması, fakat kullanımın biraz daha yavaş gerçekleşmesi ve 25. güne kadar devam etmesi *P. micans*'ın azotun ortamdan çekildiği zamanlarda fosfora yöneldiğinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Öte yandan, Fosfor sınırlamasının olduğu N/P oranları 73 ve 146 olan kültürlerde hücre gelişimi en yüksek düzeydeyken azotun kullanılması da paralel olarak devam etmiştir. Azotun yaklaşık olarak başlangıç konsantrasyonundan % 75 oranında kullanıldığı ve 200 µM'un altına indiği bulunmuştur. Hücre sayılarının eksponansiyel artışta olması, az miktarda fosforun 10 gün boyunca tükenmemesi ve azotun yarısından fazlasının kullanılmış olması bir dinoflagellat olan *P. micans* türünün besin tuzu tercihinin öncelikli olarak azot olduğunun göstergesi olarak düşünülebilir.

Fosfor sınırlamasının yapıldığı N/P 73 olan kültürlerde, ilk günlerde hücre içinden ortama fosfor salınımından dolayı bu parametrenin yükseldiği daha sonraki günlerde kullanımdan dolayı düşüş eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Fosforun bu ani yükselişi, algin ihtiyacından fazla fosforu daha sonra kullanmak üzere bünyesine alması

durumunda daha sonra fosforun bir kısmını ortama verdiğinin bir göstergesi sayılabileceği düşünülmektedir (Dortch, 1982).

S. costatum CCAP1077/1B türü ile yapılmış biyodeneylerde FI ile hücre sayımları arasında bazı farklılıkların olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin ise floresan spektrofotometresinde yapılan FI ölçümlerinde ölmeye başlayan hücrelerin içlerindeki klorofilin diatomların çeperlerinden dolayı hemen boşalmadığı ve klorofilin aktif olmasından dolayı belirlenen dalga boylarında floresans etkisini göstermeye devam etmesi olduğu düşünülmektedir. *S. costatum* CCAP1077/1B kültüründe lag fazın 4. güne kadar devam ettiği buna karşın *S. costatum* İ.K. kültüründe ise bu sürenin 10. güne kadar sürdüğü bulunmuştur. *S. costatum* İ.K. kültürlerinde 14. günden sonra eksponansiyel faz başlamıştır. Hücre sayımlarında *S. costatum* CCAP1077/1B kültürlerinde eksponansiyel fazın 4.-10. günler arasında olduğu ve FI ölçümleriyle desteklendiği görülürken, *S. costatum* İ.K. kültürlerinde hücre sayımlarında eksponansiyel fazın başlaması daha erken (2.gün) ve daha kısa sürede durağan faza (2-4. gün arası) geçtiği yapılan çalışmada görülmüştür.

S. costatum CCAP1077/1B ile yapılan çalışmada azot konsantrasyonunun düşük tutulduğu N/P oranlarında 14. ve 21. günlerde fosfat sınırlamasının yapıldığı oranlara göre daha fazla çoğalmanın olduğu anlaşılmıştır. Eksponansiyel fazın sonuna kadar azot sınırlamasının yapıldığı oranların örneklerinde az olan azotun ortamda tükenmesiyle hücre üremesinin de durduğu anlaşılmıştır.

S. costatum ile yapılan biyodeneyler sonucunda türün azot kullanım hızının *P. micans* türüne göre daha yavaş ve düşük olduğu anlaşılmıştır. *P. micans* türünde azot öncelikli tercih edilirken *S. costatum*'da azot ve fosfor birlikte tercih edilmiş ancak azotun düşük konsantrasyonları tür tarafından öncelikle kabul edilmiştir. Azot'un tükenmesinden sonra fosfor kullanımının daha hızlandığı yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. N/P'nin 8,1 olduğu durumda başlangıçta 294 µM olan azot konsantrasyonunun 73 µM'e kadar kullanıldığı, 4. günden sonra (bu da türün lag fazının sona erdiği ve eksponansiyel faza geçtiği döneme denk gelmektedir) fosfor kullanımının başladığı ve 36 µM değerinden 6 µM değerine kadar kullanıldığı tespit edilmiştir. Azotun en düşük konsantrasyonda ilave edildiği N/P 1,2 oranında 7. günden sonra azot'un tükenmesiyle

fosfor kullanımı hızlanmış ve 1μM seviyelerine inmiştir (başlangıç fosfor konsantrasyonu 36 μM). İzmit Körfezi'nden izole *S. costatum* ile yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. En fazla hücre gelişimi azot sınırlamasının yapıldığı N/P oranlarında görülmüştür. İzmit Körfezi *S. costatum*'unda, *S. costatum* CCAP1077/1B türüne göre aynı N/P oranında (N/P=8,1) daha fazla Azot kullanımı gerçekleşmiştir. Azot'un başlangıçta 294 μM olduğu deney setinde Azot konsantrasyonu 0,21 μM'e kadar kullanılmıştır. Aynı N/P oranında Fosfor kullanımının da benzer olduğu görülmüştür.

Hücre sayımlarında en düşük değerlerde bulunan 3 örneğin floresan ölçümlerinde elde edilen sonuçların diğer örneklere göre daha yüksek değerlerde seyrettiği görülmüştür. Bu duruma , canlılığını yitiren hücrelerin mikroskop altında sayılamaması, fakat oluşturdukları yoğunluk itibariyle floresan şiddeti üzerine katkı yapmasının neden olabileceği düşünülmüştür. *S. costatum* İ.K. için de azot ve fosfor tüketimi ile hücre sayıları için aynı N/P konsantrasyonlarındaki örneklerde benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yine eksponansiyel büyüme fazına *S. costatum* İ.K. da daha erken girildiği gözlenmiştir.

Eker-Develi ve diğ., (2006) yaptığı çalışmada floresan şiddeti değerlerinin fosfor konsantrasyonunun düşük tutulduğu *S. costatum* kültürlerinde, azot konsantrasyonunun düşük tutulduğu kültürlere göre daha yüksek çıktığını kaydetmişlerdir. Bu durum, bu çalışmada *S. costatum* CCAP1077/1B türü ile yapılan deneylerdeki durum ile örtüşmektedir ve türün fosfor gereksiniminin daha fazla olduğunu tekrar vurgulamaktadır.

Burford (1998) bir çalışmasında diatomların eksponansiyel artış sürecine dinoflagellatlardan daha kısa sürede girdiğini saptamıştır. Ancak bu çalışmada *P. micans* türünün her iki suşuyla yapılan deneylerde hücre sayısında eksponansiyel artışlar ilk 10 günlük periyotta, *S. costatum* ile yapılan deneylerde ise 14 günlük periyotta görülmüştür.

Daha önce de bahsedildiği gibi fitoplankterler ortamda ihtiyaçlarından fazla olan besin tuzu miktarını sonradan kullanmak üzere bünyelerine alabilirler ve bu özellikleri

sayesinde ortamdaki besin tuzu miktarı tükenmiş de olsa çoğalmalarına ve canlılıklarına bir süre daha devam edebilirler (Dortch, 1982). Her iki tür ile yapılan çalışmada fosfor miktarlarının genelde hücre artışlarına veya deneyin son günlerine denk gelen süreçlerde arttığının kaydedilmesi de bu metabolik aktiviteye bağlanabilir.

Besin tuzu sınırlamasının bir sonucu olarak hücre canlılığının ve fotosentetik aktivitenin azaldığı bir çok araştırmada rapor edilmiştir. Bu çalışmada *P. micans* türleriyle yapılan deneylerde eksponansiyel hücre artış süreçleri de dahil olmak üzere en az hücre sayısına sahip olan örnekler azot sınırlaması (N/P=1.2, N/P=4, N/P=8.1) ve fosfor sınırlaması (N/P=485) görülen seriler olmuştur. *S. costatum* türleri ile yapılan deneylerde de benzer örneklerde eksponansiyel hücre artışı süreçleri de dahil olmak üzere en az hücre sayısı değerleri tespit edilmiştir. Her iki tür için ulaşılan bu sonuç yukarıda bahsedilen durumla örtüşmektedir. *P. micans* türünün bir dinoflagellat olarak azotu öncelikli besin tuzu olarak tercih etmesi nedeniyle, hücre sayısının azot sınırlamasında düşmesi beklenen bir durum olarak kabul edilebilir. Ancak *S. costatum*'un bir diatom türü olması itibariyle fosforu öncelikli tercih etmesi (Guerrini ve diğ, 2000) ve fosforun sınırlayıcı besin elementi olduğuolarak düşük miktarda tutulduğu örneklerde daha az hücre sayısına sahip olması beklenirken, azotun düşük miktarda tutulduğu örneklerde bu durumla daha çok karşılaşıldığı görülmüştür. Bunun sebebinin ise türün ortamda severek kullanabileceği bir başka besin tuzu olan silisin var olması olabileceği düşünülmektedir.

S.costatum ile yapılan biyodeney setlerinde silika miktarındaki düşüşün ekponansiyel artış sürecine denk geldiği görülmekte ve hücre sayısının artmasıyla ortamda biriken silika miktarının da artması dikkat çekmektedir. Örneğin, *S. costatum* CCAP1077/1B türü ile yapılan çalışmada tüm oranlarda ilk 7 gün boyunca silis miktarındaki azalmayı hücre sayılarındaki artışların takip etmesi türün çoğalma süresince silisi kullandığının bir göstergesidir. Bununla beraber, fosfor sınırlamasının yapıldığı, N/P oranı en yüksek olan iki örnekteki (N/P=146, 485) silika miktarının 7. günden deneyin sonuna kadar artan bir seyir göstermesinin sebebinin de ortamda artan diatom hücrelerine bağlı olarak içerdikleri silis ile beraber artan silis konsantrasyonu olabileceği düşünülmektedir. *S. costatum* İ.K. türünde silika kullanımı daha yavaş ve az miktarda olmuştur.

Guillard ve Kilham (1977) küçük yüzey alanına sahip diatomların ortamdaki besin elementinin artması durumunda hızla çoğalabileceklerini belirtmişlerdir. Dinoflagellatlar da hızlı üreme özelliklerine sahip olmalarına rağmen bu özellikleri diatomlardan daha üstün değildir (Guillard ve Kilham, 1977; Grzebyk ve Berland, 1996). Burford (1998)'a göre de bir diatom türü olan *Nitzschia sp*.'nin üreme kabiliyeti *Prorocentrum minimum* türünden daha yüksektir. Bu çalışmada kullanılan türlerin hücre sayılarının genel ortalamasına bakıldığında en fazla hücre sayısına sahip türlerin sırasıyla *S.costatum* CCAP1077/1B*, S.costatum* İ.K., *P. micans* CCAP1136/15 ve *P. micans* İ.K. olduğunun görülmesi yukarıda bahsedilen durumla örtüşmektedir.

Çalışma süresince elde edilen hücre sayıları kullanılarak yapılan ANOVA testiyle de sonuçlar istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir. Yapılan testlerde hücre sayımları için anlamlı sonuçlar ($P>0.05$) bulunurken, Floresan ölçümleri sonuçlarında anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır ($P>0.05$). Buna göre, çalışılan türlerin geneli için en uygun yaşam ortamının N/P oranı 73 olan ortam olduğu, ve bu ortamı N/P oranı 24 olan kontrol grubunun takip ettiği görülmüştür. *P. micans* CCAP1136/15 ve *S. costatum* İ.K. kültürleri için N/P=73'ten kontrol grubuna geçiş yapıldığı takdirde sırasıyla %16 ve %5'lik değer kaybı, *P. micans* İ.K. ve *S. costatum* CCAP1077/1B türleri içinse sırasıyla %21 ve %9'luk artış gözleneceği ortaya çıkmıştır. Tür bazında yapılan incelemelere göre ise en yüksek hücre sayıları, *S. costatum* İ.K. için (418000 hücre/ml) N/P oranı 73, *S. costatum* CCAP1077/1B için (246180 hücre/ml) N/P oranı 24 (Kontrol), *P. micans* CCAP1136/15 için N/P oranı 73 (22222 hücre/ml) ve *P. micans* İ.K. için (12333 hücre/ml) N/P oranı 146 olan ortamda saptanmıştır. Kültürler arasında en yüksek hücre sayısına sahip olanlar sırasıyla *S. costatum* İ.K. (398500 hücre/ml), *S. costatum* CCAP1077/1B (246180 hücre/ml), *P. micans* CCAP1136/15 (18796 hücre/ml) ve *P. micans* İ.K. (14500 hücre/ml) olarak sıralanmıştır.

Tablo 5.1: N/P oranına göre tür sayılarının genel ortalamaları.

	N/P=24 (Kontrol)	**N/P=1,2**	**N/P=4**	**N/P=8,1**	**N/P=73**	**N/P=146**	**N/P=485**
***P. micans* CCAP1136/15 (hücre/ml)**	18796	12941	19722	14055	22222	18666	11666
***P. micans* İ.K. (hücre/ml)**	14500	9222	10722	10788	11555	12333	8166
***S. costatum* CCAP1077/1B (hücre/ml)**	246180	206736	199791	193055	225694	131541	171430
***S. costatum* İ.K. (hücre/ml)**	398500	320000	400500	409500	418000	154944	325500

Klorofil-*a* değerleri ve besin tuzu sınırlamasında hücre artışları arasında ciddi bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Cullen, 1982; Cullen, 1992). Bu çalışmada klorofil-*a* tayinleri sadece İzmit Körfezi'nden izole edilmiş türler ile yapılabilmiştir. En yüksek klorofil-*a* değerleri Develi-Eker ve arkadaşlarının (2006) çalışmasıyla örtüşecek şekilde *S. costatum* türünde ulaşılmıştır. Ancak *P. micans* 'ın toplam klorofil-*a* konsantrasyonu arasında çok fark olmadığı görülmüştür. Azot sınırlamasının yapıldığı örneklerde (N/P=1,2 ve 4) *P. micans*'ın klorofil-*a* miktarının (21.46 mg/m^3, 37.25 mg/m^3) *S.costatum*'un aynı konsantrasyonlardaki klorofil-*a* değerlerinden (48,11 mg/m3, 61,44 mg/m3) daha düşük, olduğu görülmüştür. Bu durum da *P. micans*'ın *S. costatum* türüne göre azota daha fazla ihtiyaç duymasından gelişiminin sınırlandığının bir göstergesi olarak sayılabilir. Fosfor sınırlamasının yapıldığı örneklere bakıldığında ise N/P oranı 73 olan örnek hariç diğer iki örnekteki (N/P=146, 485) klorofil- *a* miktarının *S. costatum*'da *P. micans*'a göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Yine bu durum da, *S. costatum* türünün fosforu *P. micans*' a göre daha çok tercih ettiğinin bir göstergesi olarak görülmektedir. *P. micans* kültüründe en yüksek klorofil-*a* değerleri kontrol ortamı ve N/P oranı 146 olan serilerde kaydedilmiştir. *S. costatum* ise en yüksek klorofil*a* değerlerini yine kontrol ortamı ve N/P oranı 73 olan örneklerde ulaşmıştır.

Tablo 5.2: *P. micans* İ.K. ve *S. costatum* İ.K. türlerinin farklı N/P oranlarında klorofil-*a* miktarları

	N/P=24 (Kontrol)	**N/P=1,2**	**N/P=4**	**N/P=8,1**	**N/P=73**	**N/P=146**	**N/P=485**
***P. micans* İ.K. (mg/m^3)**	127,26	21,46	37,25	81,58	89,03	109.43	47.03
***S. costatum* İ.K. (mg/m^3)**	100,97	48,11	61,44	85,89	99,33	73.31	43.39

Bu çalışmada ulaşılan ve yukarıda bahsedilen sonuçlara göre azot ve fosfor gibi besin tuzlarının *P. micans* ve *S. costatum* türlerinin büyümelerine nasıl etki ettikleri ve bu iki tür için optimum yaşama ortamları kaydedilmiştir. Bu optimum yaşam ortamları göz önünde bulundurularak, ileride aşırı çoğalmasıyla tehlike oluşturabilecek potansiyele sahip bu türlerin ekosisteme herhangi bir zarar verebileceği besin tuzu konsantrasyonlarının tayini yapılmıştır. Çalışmanın devamı niteliğinde yapılacak biyodeneyler ile de laboratuvar ortamında musilaj/mukus oluşumuna rastlanabilecek durumların ortaya çıkıp çıkmayacağı görülecektir.

KAYNAKLAR

1. AKTAN, Y., TÜFEKÇİ, V., TÜFEKÇİ**,** H., AYKULU, G., 2005, Distribution patterns, biomass estimates and diversity of phytoplankton in İzmit Bay, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64, 372-384.

2. AKTAN, Y., DEDE, A., ÇİFTÇİ, P.S., 2008, Mucilage event associated with diatoms and dinoflagellates inSea of Marmara Turkey, *Harmful Algae News*, 36.

3. ANDERSON D.M., 1994, Red Tides, *Scientifitic American*, 27, 52-58.

4. APHA, AWWA ve WPCF, 1989, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 16 th Greenberg A.E., Trussel R.R., Clesceri L.S., and Franson (ed.), *American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation*, Washington, D.C.

5. ASTM, 1990, Standard Guide for Performing Evaluations of Underground Storage Tank Systems for Operational Conformance, Samuel P. Garbo (ed), *American Society for Testing Materials*, Washington, D.C.

6. BALKAŞ, T., BAŞTÜRK, Ö., TUĞRUL, S., 1985, Determination of characteristics and self-purification capacity of Izmit Bay, *NATO TU- WATERS Projesi*, TÜBİTAK-MAM Kimya Müh. Araş. Böl., Gebze, 161, 31.

7. BALKIS, N. 2000, *Büyükçekmece koyu (Marmara Denizi) fitoplankton türlerinin kalitatif, kantitatif yönden araştırılması ve dağılımlarını etkileyen ortam faktörleri,* Doktora tezi, , İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

8. BARGU, S., KORAY T., LUNDHOLM N., 2002, First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* lundholm, Moestrup & Hasle 2003, A new potentially toxic species from Turkish coasts, *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences,* 19(3-4): 479-483.

9. BAŞTÜRK, Ö., TUĞRUL, S. ve SUNAY, M., 1985, Determination of oceanographic characteristics and assimilation capacity of Izmit Bay, *1984-1985 Dönemi Yıllık Rapor*, NATO TU-WATERS Projesi, TÜBİTAK-MAE, Kimya Müh. Araş. Böl., Gebze, Kocaeli, 173, 235.

10. BELCHER, H., SWALE, E., 1982, *Culturing Algae, A Guide For Schools and Colleges*, Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge, 25.

11. BERARD THERRIAULT, L., POULIN, M.,BOSSE, L., 1999, Overviw of marine biodiversity information on the St. Lawrence ecosystem, *Journal of phycology*, 41, 95-104.

12. BOUGIS, P., 1976, *Marine Plankton Ecology*, Nort-Holland/American Elsevier, 355.

13. BROWN, C. W. ve YODER, J. A., 1994, Coccolithophorid blooms in the global ocean, *Journal of Geopyhsical Research*, 99: 7467, 7482.

14. BURFORD, M.A., PEARSON, D.C., 1998, Effect of different nitrogen sources on phytoplankton composition in aquaculture ponds, *Aquatic Microbial Ecology*, 15, 277-284.

15. BURSA, A., 1959, The genus *Prorocentrum* EHRENBERG, Morphodynamics, protoplasmic structure and taxonomy, *Canad. Journal Botanica,* 37, 1-31.

16. CHESSMAN, B.C., 1986, Diatom flora of an Australian river system: spatial patterns and environmental relationships, *Freshwater Biology*, 16, 805-819.

17. CİRİK S., GÖKPINAR, Ş., 1993, *Plankton Bilgisi ve Kültürü*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, No:47, 247.

18. COVENEY, M.F. ve WETZEL, R.G., 1995, *Biomass, production, and spesific growth rate of bacterioplankton and coupling to phytoplankton in an oligotrophic lake*., Limnol. Oceanogr., 40(7), 1187-1200.

19. DENİZ, N., 2005, *Kuzeydoğu Marmara Denizinde Fitoplankton Dağılımının incelenmesi*, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.

20. DODGE, J.D., 1975, The *Prorocentrales (Dinophyceae)*, II. Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*, *Bot., J., Limn., Soc*., 71, 103-125.

21. DODGE, J. D. 1982, Marine Dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office, London. 303 pp.

22. DODGE, J.D., 1985, *Atlas of dinoflagellats*, Farrand Press, London, 119.

23. DROOP, M.R., 1973, *Some thoughts on nutrient limitation on algae*, J. Phycol., 9, 264-272.

24. DORTCH, Q., 1982, Effect of growth conditions on accumlation of internal nitrate, ammonium, amino acidds and protein in three marine d,atoms, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 61, 243-264.

25. EDİGER, D., BEKEN, S.Ç, TÜFEKÇİ, H., MANTIKÇI, M., ATABAY, H., 2009, *İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi*, Sonuç Raporu, TÜBİTAK-MAM, Çevre Enstitüsü.

26. EHRENBERG, C.G., 1833, *Dritter Beitrag zur Erkenntnis grosser Organisationen in der Richtung des Kleinsten Raume*, Abh., Akad., Wiss., Berlin, 145-336.

27. EKER DEVELİ, E., KİDEYS, A.E., TUGRUL S., 2006, Effects of nutrients on culture Dynamics of marine phytoplankton, *Aquatic Science*, DOI 10.1007/s00027-005-0810-5

28. EVANS, G.T, PARSLOW, J. S., 1985, *A model of annual phytoplankton cycles*, Biological Oceanography, 3, 327-347.

29. EVANS, G.T., 1988, *A framework for discussing seasonal succession and coxistence of phytoplankton species*, Limnological Oceanography, 33, 1027-1036.

30. FAUST, M.A., LARSEN, J., MOESTRUP, O., 1999, Potentially toxic phytoplankton, 3. Genus *Prorocentrum (Dinophyceae)*, *ICES identification leaflets for phytoplankton*, Leaflet, 184, 1-23.

31. FOX, J.M., 1983, Intensive Algal Culture Techniques, In: CRC *Handbook of Mariculture*, Vol. I. Crustacean Aquaculture,., (Editörler VEY, J.P., MOORE, J.R) CRC Press, Florida.

32. FUKUYO, Y., TAKANO, H., CHİHARA, M, ve MATSUOKA, K., 1990, Red-tide organisms in Japan, *An illustriated taxonomic guide*, Uchida Rokakuho, Co., Tokyo, 407.

33. GARGAS, E., 1976, The effect of sewage (mechanically, biologically, chemically treated) on algal growth, Water Quality Institute Agern Alle, 11, DK-2970, Horsholm, Denmark.

34. GARGAS, E., NIELSEN, G.A., MORTENSEN, S., 1978, *Phytoplankton production, chlorophyll-a and nutrients in the Open Danish Waters, 1975-1977,* The National Agency of Enviromental Protection, Denmark.

35. GEIDER, R., DELUCIA E.H., FALLKOWSKII, P. G., FINZI, A.C., GRIME, J. P., GRACE, J., KANA, T. M., ROCHE, J. L., LONG, S. P., OSBORNE, B. A., PLATT, T., PRENTICE, J. C., RAVEN, J.A., SCHLESINGER, W., H., SMETACEK, V., STUART, V., SATYHENDRANATH, S., THOMAS, R.B., VOGELMANN, T.C., WILLIAMS, P. ve WOODWARD, F.I., 2001, Primary productivity of the planet earth : Biological determinants and physical constraints in terrestrial and aquatic habitats, *Global Change Biology*, 7: 849, 882.

36. GELDİAY, R., KOCATAŞ, A., 2002, *Deniz Biyolojisine Giriş*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları Serisi, 31, 116-149.

37. GÖKPINAR, Ş. ve BÜYÜKIŞIK, B., 1994, Mikroalg kültürleri: II. Kültür yöntemleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 2 (42-43); 95-105.

38. GÖKPINAR, Ş. ve BÜYÜKIŞIK, B., 1994, Mikroalg kültürleri: II. Kültür yöntemleri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 2 (42-43); 95-105.

39. GÖKSAN, T., DURMAZ, Y., GÖKPINAR, Ş., 2003, Effects of light path lengths and initial culture density on the cultivation of *Chaetoceros muelleri* (Lemmermann, 1898), *Aquaculture*, 217, 431-436.

40. GRANELI, E., JOHANSSON, N., PANOSSO, R., 1998, Celular toxin contents in relation to nutrient conditions for different groups of phytotoxins, (Eds. Regura, B., Blanco, J., Fernandez, M.L., Wyatt, T.), Harmful Algae, Xunta de Galicia and IOC-UNESCO, 321-324.

41. GRANUM, E., KIRKVOLD, S., MYKLESTAD, M.S., 2002, Cellular and extracellular production of carbonhydrates and amino acids by the marine diatom *Skeletonema costatum* : diel variations and effects of N depletion, *Marine Ecology Progress Series*, 242, 83-84.

42. GRZEBYK, D., BERLAND, B., 1996, Influence of temperature, salinity and irriadiance on growth of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea, GRZEBYK, D., BERLAND, B., 1996, Influence of temperature, salinity and irriadiance on growth of *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) from the Mediterranean Sea, J. Plankton Res. 18 (10), 1837-1849.

43. GUERRINI, F., CANGINI, M., BONI, L., 2000, Metabolic responses of the diatom *Achanthes brevipes* (Bacillariophyta) to nutrienr limitation, J. Phycol., 36, 882-890.

44. GUILLARD, R.R.L., KILHAM, P., 1977, The ecolocgy of marine planktonic diatoms. In: Werner D. (ed), The biology of diatoms, Botanical Monographs, 13, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 372-469.

45. HAN, M. S., FURYA, K. ve NEMOTO, T., 1992, Species-specific productivity of *Skeletonema costatum* (*Bacillariophycea*) in the inner part of Tokyo Bay*, Marine Ecology Progress Series*, 79: 267, 273.

46. HORSTMAN D.A., 1981, Reported red water outbreaks and their effects on fauna of the West and South Coasts of South Africa 1959–1980, *Fisheries Bulletin of South Africa* 15, 71–88.

47. ILGAZ, S., 2006, *Farklı tuzluluk derişimlerinin Nannochloropsis oculata ve Isochyrsis galbana türlerinin büyüme hızlarına etkileri*, Yüksek lisans tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

48. INNAMORATI, M., 1995, Marine Mucilages, Hyperproduction of mucilages by micro and macro algae in the Tyrrhenian Sea, *Science of The Total Enviroment*, 165 (1-3) 65-81.

49. İYİLİKÇİ PALA A., 1994, Atıksu Etkisi Altındaki Denizlerde Birincil Üretimi Etkileyen Faktörler, *Ekoloji Dergisi*, Sayı: 12

50. KARAÇALI,M.,2008,[Online],http://www.biologmehmet.blogcu.com/algler_24792521.html, [Mart, 2008].

51. KOCATAŞ, A., 1986, *Oseanoloji,* Ege Üniversitesi, 114.

52. KORAY, T., KESİCİ, U. Y., 1994, Phytoplankton and protozooplankton species composition of the bay of Bodrum (Aegean Sea), *E. Ü. Fen Fak. Dergisi*, Seri B, Ek 16/1, 971-980.

53. KORAY, T., 2001, A check-list for phytoplankton of Turkish seas, *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 18(1-2); 1-23.

54. KORAY, T., ÇOLAK SABANCI, F., 2001, Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas, *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (18/1):293-298.

55. KORAY, T., 2002a, Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Aegean (including dardanelles) and northeastern mediterranean coastline, Workshop on Lessepsian Migration Proceedings, (Eds, Öztürk, B., Başusta, N.,) No: 9, P. 40-45, Publ. *Turkish Marine Research Foundation*, Istanbul, Turkey, 2002.

56. KORAY, T., 2002b, Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Southern Black Sea, Sea of Marmara, Eastern Aegean Sea and Northeaestern Mediterranean Costline, *10 İnternational Conference on Harmful Algae*, 21-25 October 2002, St. Pete Beach, Florida, USA.

57. KORAY, T., ÇOLAK SABANCI, F., 2004, Temporal and spatial changes of toxic micro-algae succession in Northeastern Aegean and Western Black Sea, *Türk Sucul Yaşam Dergisi,* Ulusal Su Günleri, Yıl 2, Sayı 3, 354-360.

58. MAESTRINI, S.Y., BONIN, D.J. ve DROOP, M.R., 1984, *Phytoplankton as indicators of sea water quality,* Bioassay approach and protocols, Part Two Marine Ecosystems, In as ecological Indicators , Shubert, L.E.,(Ed.) Academic Press, Inc., London.

59. MAHONEY, J.B., 1989, *Algal assay of relative abundance of ohytoplankton nutrients in Northeast United States coastal and shelf waters,* Water Res., 23, 603, 615.

60. MARCHETTI R., 1990, Algal blooms and gel production in the Adriatic Sea, (Ed) Barth H., Fegan, L., *Water Research Report 16th*; Eutophication phenomena

in the Adriatic Sea and other Mediterranean coastal zones, *Commition of the Europan Communities*, Brussels, 21-22.

61. MILLER, W.E., GREEN, J.C., SHIROYAMA T., 1978, *Selenastrum capricornutum* Printz Algal Assay Bottle Test, *Experimental Design, Application and Data Interpretation Protokol EPA*, 600/9-78-018.

62. MINGAZZINI, M., COLOMBO S., FERRARI, G.M., 1995, Applicaiton of spectrofluorimetric techniques to the study of marine mucilages in the Adriatic Sea, *Scinece of The Total Enviroment,* 165 (1/3), 133-144.

63. MORKOÇ, E., TUĞRUL, S., OKAY, O.S., 1988, Determination of limiting nutrients by using algal bioassay technique, *NATO-TU Waters Project, Final Report*, TUBITAK , MRC. Env.Eng.Dep.

64. MORKOÇ, E., 1991, *Karbon-14 tekniği kullanılarak birincil üretim ve sınırlayıcı besin elementlerinin mevsimsel değişiminin İzmit Körfezi'nde izlenmesi ve çevresel etkenlerle ilişkilerinin araştırılması,* Doktora Tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.

65. ODUM, E.P., 1971, *Fundamentals of Ecology*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA, 574.

66. OKAY, O., 1986, *İzmit Körfezi suyunda besin elementleri, klorofil-a ve TOK dağılımı,* Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.

67. OKUŞ, E., İ. ÖZTÜRK, H.İ.SUR, vd., Critical evaluation of wastewater treatment and disposal strategies for İstanbul with regards to water quality monitoring study results, Desalination 226: 231-248 (2008).

68. ORHON, D., USLU, O., MERİÇ, S., SALİHOĞLU, I., FİLİBELİ, 1994, A., Wastewater management for Istanbul: Basis for treatment and disposal, Envir. Pollut., 84: 167-178.

69. ÖZBEY G., ATAMER, N., 1987, *Diatomit hakkında bazı bilgiler,* Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. yayını, ANKARA.

70. PALA, İYİLİKÇİ, A., 1994, Atıksu etkisindeki denizlerde birincil üretimi denetleyen faktörler, *Ekoloji Dergisi*, 12 (32).

71. PATRICK, R., 1973, Use of algae, especially diatoms in the assessment of water quality, *Biological Methods for the Assessment of Water Quality*, ASTM STP 528, American Society for Testing and Materials 76-95.

72. POLAT, S.Ç., 1995, *Nutrient and Organic Budcets In The Sea of Marmara: A Progressive Effort On The Biogeochemical Cycles of Carbon, Nitrogen and Phosphorus*, .Doktora Tezi, Chemical Oceanography Middle East Tecnical University Institute of Marine Sciences.

73. POLAT BEKEN, Ç., 2008, Deniz Ortamında Musilaj/Mukus Oluşumunu Denetleyen Faktörlerin Laboratuvar Koşulları Altında İncelenmesi, Ara Rapor, TÜBİTAK-MAM, Çevre Enstitüsü.

74. RICHMOND, A., 1996, Efficient utilization of high irridance for production of photophotoautotrophic cell mass: A survey*, Journal Appl. Phycol*., 8, 381-387.

75. RICHMOND, A., ZOU, N., 1999, Efficient utilisation of high photon irridance for mass production of photoautotrophic micro-organisms, *Journal Appl. Phycol*., 11, 123-127.

76. RYTHER, J. H., DUNSTAN, W.M., 1971, Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine enviroment, *Journal. Science*, 171, 1008.
77. SCHANZ, F., 1982, *Bioassay and the algal populations of Hasting Lake,* Canada, Water Res., 16, 441-447.

78. SCHELSKE, C. L. 1984. In situ and natural phytoplankton assemblage bioassays, (Ed., L. E. Shubert.), Algae as ecological indicators. Academic,5-47.

79. SMAYADA, T., 1980, *The Physiological Ecology of Phytoplankton: Phytoplankton species succession*, I.Morris (ed.), Univ. California, 493-570.

80. STEIDINGER, K.A. ve TANGEN, K., 1996, Dinoflagellates, (Eds) Tomas, C. R., *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*, Academic Press, Inc., San Diego, 387-584.

81. TAYLOR, F.J.R., 1980, On dinoflagellate evolution, *Biosystems*, 13, 65-108.

82. TAYLOR, D.L., SELIGER, H.H. (Eds), 1979, *Toxic Dinoflagellate Blooms,* Elsevier, North Holland, 505.

83. TEPE, Y., ATEŞ, A., MUTLU, E., TÖRE, Y., 2006, Karagöl'ün (Erzin-Hatay) bazı fizikokimyasal özellikleri, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi,* 23 (1/1), 155-161.

84. THORNTON, D. C. O.,THAKE, B., 1998, Effects of temperature on the aggregation of Skeletonema costatum (*Bacillariophyceae)* and the implication for carbon flux in coastal waters, *Marine Ecology Progress Series,* 174: 223, 231.

85. TOIRUMI, S., 1980, *Prorocentrum* species *(Dinophyceae)* causing red tide in Japanese coastal waters, *Bull. Plankton Soc. Jpn.*, 27, 105-112.

86. TOLUN, L., MORKOÇ., E, TÜFEKÇİ, V., KARAKOÇ, F.T., OKAY, O., KARAKAŞ., D, TÜFEKÇİ, H., OLGUN, A., KARAKOÇ, F., PEKEY, H., İŞİNİBİLİR, M., YERLİ, B., BAŞAK, S., 2002, *Kıyı Sularında Doğal Olayların ve Karasal Girdilerin Etkileri: Özel çalışma alanı olarak İzmit Körfezi ve Dilderesi, Sonuç Raporu*, Proje Kodu: 501 75 09, TÜBİTAK-MAM, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.

87. TOMAS, C. R., 1997, *Identifying Marine Phytoplankton*, Academic Press, USA,858.

88. TOPACIK, D., 1982, *Çevre Mikrobiyolojisi*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Ders Notları, Fakülte matbaası.

89. TUĞRUL, S., MORKOÇ, D.,1989, Determitaion of primary production and limiting nutrients in the Bay of İzmit, *Final Report*, TUBITAK-MAM.

90. TUĞRUL S., MORKOÇ, E., OKAY, O., 1989, Wastewater treatment and disposal studies: The determination of oceanographic characteristics and assimilation capacity of the İzmit Bay, Subproject 8, TUBITAK-MRI., *Chem.Eng.Res. Dept.,Final report,* Feb.1989, 183-250.

91. TUĞRUL, S., POLAT, Ç.S., 1995, Quantitative comparison of the influxes of nutrients and organic carbon into the Sea of Marmara both from antropogenic inputs and from the Black Sea, *Water Sci. Techn.,* 32, 115-121.

92. TÜFEKÇİ, A.V., 1993, *İzmit Körfezi suyunda sınırlayıcı besin elementlerinin laboratuar koşullarında tayin edilmesi*, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstisüsü.

93. TÜFEKÇİ, V., OKAY, O.S., TOLUN, L., TÜFEKÇİ, H. and MORKOÇ, E., 1998, Chemical oceanographic characteristics of İzmit Bay and determination of limiting nutrient(s), *International Conference on Ecotoxicology and Environmental Safety,* 19-21 October 1998, Antalya, Turkey.

94. TÜFEKÇİ, V., 2000, *İstanbul Boğazı ile Boğazın Marmara ve Karadeniz girişlerinde fitoplankton dağılımı*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.

95. UCHIDA, T., 1977, Excretion of diatom-inhibitory substance by Prorocentrum micans Ehrenberg, *Jap. J. Ecol*., 27, 1-4.

96. USLU, O., TÜRKMAN, A., 1987, *Su Kirliliği ve kontrolü*, Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Eğitim Dizisi 1, Ankara.

97. VAN DAM, H., 1974, The suitability of diatoms for biological water assessment, *Hydrobiol. Bull*., 8 (3) 274-284.

98. VAN DEN HOEK, C., MANN, D.G., JAHNS, H.M., 1995, *Algae - An introduction to phycology,* Cambridge University Press, 143-144,271-275.

99. WEISS, V., GROMET, Z. Ve HALMANN, M., 1985, Batch and continuous culture experiments on nutrient limitations and temperature effects in the marine alga Tetraselmis suecica, *Water Research,* 19 (2), 185-190.

100. WHITEMORE, T.J., 1989. Florida diatom assemblages as indicators of trophic state and pH*, Limnology Oceanography*, 34 (5) 882-895.

101. WOOD, E.F.J., 1954, *Journal Mar. Freshwater Research*, Australia, 5, 351.

102. WYNEE, D. ve RHEE, G.Y., 1986, Effect of light intensity and quality on the relative N and P requirement (the optimum N:P ratio) of marine planktonic algae, *Journal of Plankton Research,*, 8 (1), 91-103.

103. ZINGONE, A., PERCOPO, I., SIMS, P.A. ve SARNI, D., 2005, Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae): I. A reexamination of they type material of *S. costatum* with the description of *S. grevillei* sp., *Journal of Phycology* 41: 140-150.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında İstanbul'da doğdum. İlkokul eğitimimi Yeşilköy Halil Vedat Fıratlı Pansiyonlu İlkokulu'nda, ortaokul ve lise eğitimimi Bahçelievler Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2001 yılında İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde başladığım lisans programını 2006 yılında tamamladım. 2004 - 2005 öğretim yılında çift anadal programı ile girdiğim İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2007 - 2008 öğretim yılında mezun oldum. Su Ürünleri Fakültesi'ndeki lisans programımı bitirdikten sonra yüksek lisans eğitimim için 2006 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İçsular Biyolojisi Programı'na kayıt oldum. Halen TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü'nde 'Deniz ortamında musilaj/mukus oluşumunu denetleyen faktörlerin laboratuvar koşullarında incelenmesi' adlı projede bursiyer olarak görev yapmaktayım. Yabancı dillerim Almanca ve İngilizce'dir.