



EGE UNIVERSITY
FACULTY OF FISHERIES

**JOURNAL OF
FISHERIES
and
AQUATIC
SCIENCES**

**1st. Algal Technology
Symposium
(International Contributed)**

24-26 October 2001
EBİLTEM - İZMİR

Volume 18/1 Supplement 2001

Prof. Dr. Tufan KORAY
Ege Üniversitesi,
Kampüs PTT, P.K. 24,
35100, Bornova, İZMİR.

ISSN 1300 - 1590

EGE ÜNİVERSİTESİ SU ÜRÜNLERİ FAKÜLTESİ

**SU ÜRÜNLERİ
DERGİSİ**

**1.ALG TEKNOLOJİSİ
SEMPOZYUMU
(ULUSLARARASI KATILIMLI)**

24-26 Ekim 2001
EBİLTEM - İZMİR



Yıl : 2001



Cilt : 18/1



TÜBİTAK

Özel Sayı

Su Ürünleri Dergisi J.Fish.Aquat.Sci.	Cilt No.18/1 Vol.18/1	Özel Sayı Suppl.	53 – 69 53 - 69	İzmir – Bornova 2001 İzmir – Bornova 2001
--	--------------------------	---------------------	--------------------	--

Bireysel (Mono) ve İkili (Dual) Kültürlerde *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher (Prasinophyta) ' nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma

Bülent Şen M.Tahir Alp Hülya Erbaş

Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Elazığ, Türkiye.

Abstract : *A Study on the Growth of Tetraselmis suecica (Kylin) Butcher (Prasinophyta) in Mono and Dual Algal Cultures.* *Tetraselmis suecica* is one of the most important algae as a food organism for fish larvae. In this study, growth of *T. suecica* (Prasinophyta) in mono and dual algal cultures was investigated in relation to some physical and chemical factors. For this purpose, growth features of this alga in both mono and dual cultures with *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatophyta) and *Isochrysis galbana* (Haptophyta) were determined separately.

Growth of *T. suecica* in mono culture varied with respect to number of individuals and size of maxima under different culture conditions. In addition, the alga displayed different growth features in mono cultures than those observed in dual cultures. *T. suecica* showed better growth in mono cultures that were kept under 24 h of carbondioxide supply. *T. suecica* was mostly in much higher cell numbers compare to those of companion alga in dual cultures.

Key Words : *Tetraselmis suecica*, Prasinophyta, Algal culture.

Özet : *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butcher (Prasinophyta) balık larvalarının beslenmesinde kullanılan en önemli algler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, bazı fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlı olarak *T. suecica* 'nın mono ve dual kültürlerdeki gelişimi araştırılmıştır. Bu amaçla, *T. suecica* 'nın hem mono hem de *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd (Eustigmatophyta) ve *Isochrysis galbana* Parke (Haptophyta) ile birlikte aşılandığı dual kültürlerindeki gelişme düzeyleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Değişik kültür koşulları altında, *T. suecica* 'nın mono kültürlerdeki gelişimi birey sayıları ve maksimumları bakımından birbirinden farklı olmuştur. Buna bağlı olarak, *T. suecica* 'nin mono kültürlerdeki gelişimi dual kültürlerdeki gelişiminden farklılık arz etmiştir. *T. suecica* en iyi gelişimini 24 saat karbondioksit verilen kültür şartlarında göstermiştir. Dual kültürlerde *T. suecica* birey sayıları bakımından çoğunlukla beraber aşılandığı diğer algilere oranla daha yüksek birey sayılarına ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler : *Tetraselmis suecica*, Prasinophyta, Alg kültürü

Giriş

Su ürünlerinin içerdikleri yüksek orandaki proteinin yanı sıra, fosfor, iyot ve vitaminlerce de zengin olması, diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi yurdumuzda da, su ürünleri avcılığının yanı sıra düzenli su ürünleri yetiştiriciliğinin önem kazanmasına neden olmuştur. Mevcut su ürünleri stoklarının aşırı avcılık ve artan kirlilik ile hızla tükeniyor olması, "akuakültür" veya "kültür balıkçılığı" olarak tanımlanan düzenli su ürünleri yetiştiriciliğini zorunlu hale getirmiştir. Akuakültür çalışmalarında istenilen kalite ve miktarda ürün alınabilmesi ise, su ürünleri organizmalarının saf kültürlerinin yapılabilmesi ile yakından ilişkilidir.

Algler, süngerler, yumuşakçalar, kabuklular ve balıklar günümüzde kültürü ve dolayısıyla yetiştiriciliği yapılan su ürünleri organizmalarının başlıcalarıdır. Bu organizmalar arasında ise algler; insan besini ve hayvan yemi olarak tüketilmelerinin yanı sıra tıpta ve değişik endüstri kollarında çeşitli amaçlara yönelik kullanılmaları ile oldukça önemlidirler.

Alglerin ekonomik açıdan kullanımları ile ilgili kültür çalışmaları 1940 ve 1950'li yıllarda büyük önem kazanmıştır (Borowitzka ve Borowitzka, 1988). Algler ile ilgili ilk kültür çalışmalarında ağırlık mikroalgelere verilmiş olup bu çalışmalarda mikroalgelerin protein kaynağı olarak kullanılmaları önem kazanmıştır. Bunun yanısıra, yeşil alg *Dunaliella salina*'nın iyi bir β -karoten kaynağı olarak keşfedilmesi mikroalgelerin ticari kullanımına ve dolayısıyla alg kültür çalışmalarına olan ilgiyi arttırmıştır. Son yıllarda ise, mavi-yeşil alg *Spirulina*'nın zengin besin kaynağı

olarak gıda sektöründe yer alması, mikroalgler ile ilgili kültür çalışmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Borowitzka ve Borowitzka, 1988).

Saf kültür olarak izole edilen algler arasında yeşil alg *Chlorella* ilk alg kültür çalışmalarında oldukça önemli olmuştur. Pringsheim (1972) ve Warburg (1919) *Chlorella*'yı saf kültür olarak elde edip, fotosentez çalışmalarında kullanarak alg kültür çalışmalarının bilim sahasında da kullanılmasına öncülük etmişlerdir. Mikroalgler ile ilgili kültür çalışmalarının büyük miktarlarda kültivasyonlara yönelmesi ile birlikte, pek çok *Chlorella* türünün kültür çalışmaları ile besinsel ve çevresel ihtiyaçlarının belirlenmesi yoluna gidilmiştir (Burlew, 1953). Bu çalışmalarla ilgili olarak Krauss (1958) ve O'Kelly (1968) N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Cu, Mn ve Zn' nin yeşil alglerin gelişmeleri için en çok ihtiyaç duydukları inorganik elementler olduklarını ortaya koymuşlardır. Eyster vd. (1958) ise, makro (NO₃, K, Mg, S, P ve Cl) ve mikro nutrientlerin (Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, B) değişik konsantrasyonlarında *Chlorella pyrenoidosa*'nın gelişmesini araştırmışlardır. Bunun yanısıra Walker (1953), *C. pyrenoidosa* kültürlerinde azot kaynağı olarak yalnızca NO₃ kullanılması durumunda algin özellikle Ca, Cu ve Mb'e ihtiyaç gösterdiğini ortaya koymuştur. *Chlorella* kültürleri ile ilgili diğer çalışmalar arasında Gerloff (1968), McBride vd. (1971) ve Myers (1980)'in çalışmaları göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada, deniz balıkları larvalarının yetiştiriciliğinde besin organizması olarak yaygın bir şekilde kullanılan *Tetraselmis suecica* (Prasinophyta)'nın değişik ortam şartlarına sahip kültürlerdeki gelişmeleri araştırılmıştır. Bunun için aynı çevresel şartlar altında *T. suecica*'nın saf

Mono ve Dual Kültürlerde Tetraselmis suecica'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma

olarak tek başına bulunduğu mono kültürlerdeki gelişiminin yanı sıra dual kültürlerde gelişmeleri ile ilgili özellikler de belirlenmiştir. *T. suecica*'nın mono ve dual kültürlerdeki gelişmeleri ile ilgili özellikler belirlenmiş ve farklılıklar tartışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada *Tetraselmis suecica*'nın % 25, % 30, % 35 tuzlulukta ve 24 °C sabit sıcaklıkta,

- 24 saat ışıklı ve 24 saat CO₂' li;
- 12 saat ışıklı ve 24 saat CO₂' li;
- 24 saat ışıklı ve 12 saat CO₂' li;

- 24 saat ışıklı ve CO₂' siz mono ve dual kültürleri hazırlanmıştır.

Alg kültürlerinin hazırlanmasında kullanılan tüm cam malzemeler %10'luk HCl ile iyice yıkayıp durulandıktan sonra etüvde 170°C'de 4 saat süre ile sterilize edilmiştir.

Erlenmayerlere algler aşılardan önce deniz suyu içerisine aşağıdaki besin maddeleri karışımı ilave edilmiştir. Medyumlar (kültür sıvısı) için kullanılan besin maddeleri ve hazırlanışları aşağıda verilmiştir.

Tuz Çözeltisi (Stok Çözelti)		İz Elementler Çözeltisi	
NaNO ₃	300 g	Çözelti A	
KH ₂ PO ₄	30 g	ZnSO ₄ .H ₂ O	30 g
NH ₄ Cl	20 g	CuSO ₄ .5H ₂ O	25 g
Saf su	1 L	CoSO ₄ .7H ₂ O	30 g
Vitamin Çözeltisi		MnSO ₄ .H ₂ O	20 g
Biotin	100 mg	Saf su	1 L
B ₁₂	100 mg	Çözelti B	
Thiamin	10 mg	FeCl ₃ .6H ₂ O	50 g
Her madde ayrı olarak steril saf suda çözündürülür.		Saf su	1 L
Stok Vitamin Çözeltisi		Çözelti C	
Biotin	10 ml	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	25 g
B ₁₂	10 ml	Saf su	1 L
Thiamin	10 ml	Çözelti D	
Saf su	970 ml	Na ₂ EDTA.2H ₂ O	50 g
		Saf su	1 L
Çözeltiler otoklavda 120 °C'de 30 dk sterilize edilir.			
İz Elementler Stok Solusyonu			
		Solusyon A	10 ml
		Solusyon B	10 ml
		Solusyon C	100 ml
		Solusyon D	10 ml
		Saf su	870 ml
Çözeltiler otoklavda 120 °C'de 30 dk sterilize edilir.			
1 L kültür ortamına bu besin maddelerinden 1 ml ilave edilir.			

Deniz suyunun ve kültür ortamlarının hazırlanması: Çalışmada kullanılan deniz suyu ilk aşamada 100-150 µm kadar süzme kapasitesi olan gravel filtreden, daha sonra ise 55-60 µm diatomit filtreden geçirilmiştir. Kültür ortamı gün ışığına benzeyen floresans lambalar yardımı ile ortamda ışık yoğunluğu 2000-3000 lux olacak şekilde düzenlenmiştir. Havalandırmada hava pompalarından (air-blower) gelen havaya saf CO₂ tüpü bağlanmış hava kullanılmıştır. Kuluçkahane şartları 24°C 'ye uygun olduğu için ortam sıcaklığı sabit 24°C olarak seçilmiştir.

Alg Kültürlerinin Hazırlanması: Süzülüp UV (ultraviole) lambadan geçmiş deniz suyu cam erlenmayerlere konulmuş, ağızları alüminyum kapakla kapatılıp etüvde 170 °C 'de 4 saat bekletildikten sonra soğutulmuştur. Etüvde steril edilen deniz suyu içine, hazırlanan besin maddelerinin her birinden (tuz çözeltisi, iz elementler stok çözeltisi, vitamin stok çözeltisi) 1 L'ye 1 ml olacak şekilde ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. İçine besi sıvısı ilave edilen 500 ml hacimli erlenlere, miktarı 250.000 birey/ml olacak şekilde hesaplanarak alg kültürlerinden 125 milyon hücre aşılınmıştır. Erlenlerin ağızları bunzen alevi ile iyice yakıldıktan sonra sterilize edilmiş pamuk ve alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Bütün bu işlemler 24 saat önceden UV lambası çalıştırılarak steril hale getirilen ekim odasında gerçekleştirilmiştir.

Kültürlerin sayımları gün aşırı yapılmıştır. Sayımda Bürker sayım kamarası kullanılmıştır.

Bulgular

Tetraselmis suecica'nın değişik ortam şartlarına sahip mono kültürlerdeki gelişmelerine ait özellikler Şekil 1-4'te verilmiştir.

***Tetraselmis suecica*'nın Değişik Ortam Şartlarına Sahip Mono Kültürlerdeki Gelişimi**

24 saat CO₂'li ve 24 saat ışıklı ortamda *Tetraselmis suecica* ‰25 tuzlulukta 16. günde 95 milyon hücre/ml ile maksimum birey sayılarına ulaşırken (Şekil 1), ‰30 tuzlulukta maksimum 80 milyon hücre/ml'ye düşmüştür (Şekil 1). ‰35 tuzlulukta gerçekleşen maksimum ise, 57 milyon hücre/ml (Şekil 1) olarak kaydedilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere, tuzluluk arttıkça *T. suecica*'nın birey sayıları azalmıştır.

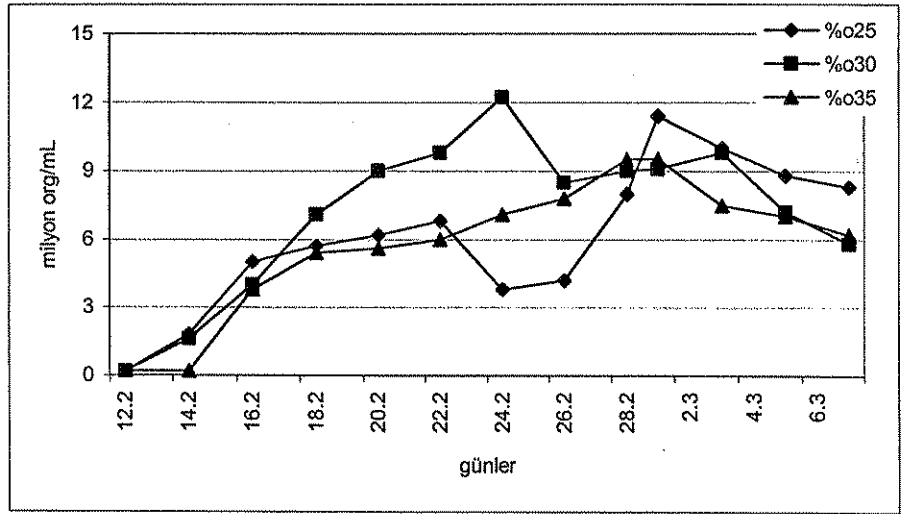
Kültür ortamına CO₂ verme süresinin yarıya indirildiği denemede ise (12 saat CO₂ li ve 24 saat ışıklı ortam), *T. suecica* ‰25 tuzlulukta (Şekil 2) 30. günde 77 milyon/ml ile maksimumuna ulaşmıştır. ‰30 tuzlulukta (Şekil 2) maksimum 30. günde 54 milyon hücre/ml olarak kaydedilmiştir. ‰35 tuzlulukta (Şekil 2) ise maksimum (52 milyon hücre/ml) 26. günde gerçekleşmiştir.

Diğer bir denemede, ışıklandırma süresi yarıya indirilip (12 saat), kültür ortamında 24 saat kesintisiz CO₂ uygulanmıştır. Bu ortam şartlarında alg ‰25 tuzlulukta (Şekil 3) 34. günde maksimumuna erişerek, birey sayısı 62 milyon hücre/ml'ye ulaşmışlardır. ‰30 tuzlulukta *T. suecica* 28. günde maksimumunu (70 milyon hücre/ml) gerçekleştirmiştir (Şekil 3). ‰35 tuzlulukta (Şekil 3) ise birey sayıları 24. günde ve 61 milyon

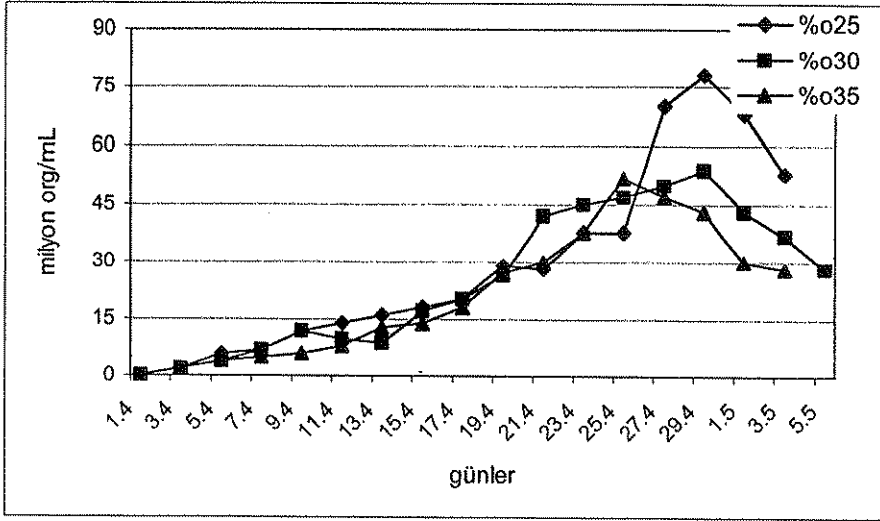
Mono ve Dual Kùltürlerde Tetraclmis suecica'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma

hücre/ml'ye yükselmiş ancak 2 gün içerisinde birey sayılarında bir düşüş görülmüştür. Bu düşüşün ardından birey sayıları tekrar artmaya başlamış ve 34. günde 78 milyon hücre/ml olarak kültürdeki en yüksek sayısına ulaşmıştır. İlk iki denemede en iyi gelişim düşük tuzluluk değerlerinde kaydedilirken, bu denemede tuzluluk arttıkça *T. suecica* birey sayılarının da artması dikkat çekmiştir.

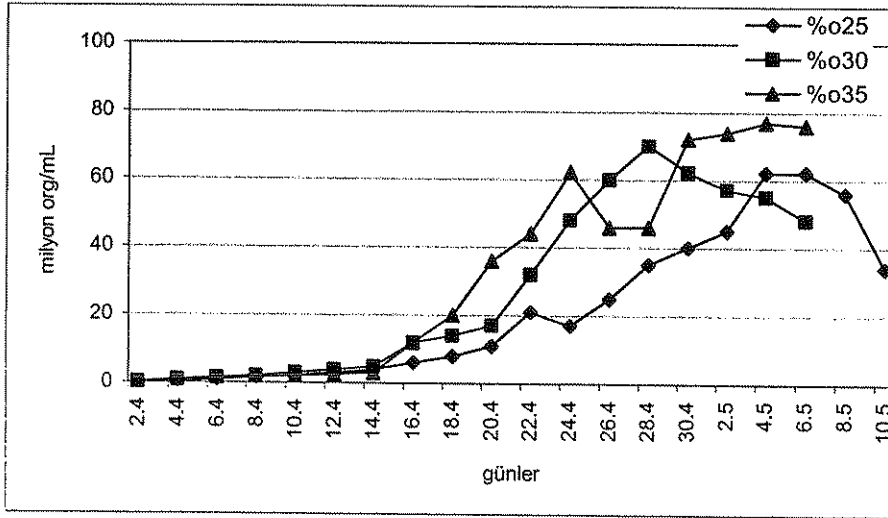
T. suecica ile yapılan en son mono kültür denemesinde, CO₂'li havalandırma tamamen kesilmiş ve algler yalnızca 24 saat ışıklı ortamda muhafaza edilmiştir. Bu denemede algler %25 tuzlulukta (Şekil 4) 20. günde maksimumuna ulaşmış ancak bu maksimum (11 milyon hücre/ml) çok küçük olmuştur. %30 tuzlulukta (Şekil 4) algler 14. günde 12.5 milyon hücre/ml olarak en yüksek sayılarına ulaşmışlardır. Her iki tuzluluk konsantrasyonundaki çoğalma modeli karşılaştırıldığında, %30 tuzlulukta algin maksimumuna ulaşma süresinin azaldığı ve birey sayılarının arttığı gözlenmiştir. %35 tuzlulukta (Şekil 4) ise maksimum 9 milyon hücre/ml ile 18. günde gerçekleşmiştir. Anlaşıldığı üzere, bu denemede algin en iyi gelişimi %30 tuzlulukta kaydedilmiştir.



Şekil 1. *T. suecica*'nın 24 saat CO₂ ve 24 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

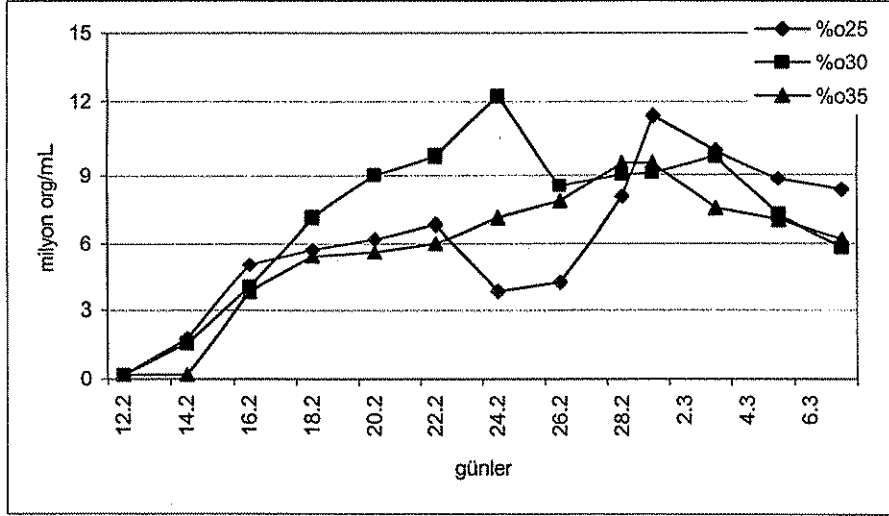


Şekil 2. *T. suecica*'nın 12 saat CO₂ ve 24 saat ışıklı ortamda a) %025 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi



Şekil 3. *T. suecica*'nın 24 saat CO₂ ve 12 saat ışıklı ortamda a) %025 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

Mono ve Dual Kültürlerde *Tetraselmis suecica*'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma



Şekil 4. *T. suecica*'nın CO₂ siz ve 24 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

***Tetraselmis suecica* ve *Nannochloropsis oculata*'nın Değişik Ortam Şartlarına Sahip Dual Kültürdeki Gelişimleri**

Tetraselmis suecica ve *Nannochloropsis oculata*'nın birlikte aşılandığı değişik ortam şartlarına sahip dual kültürlerdeki gelişmelerine ait özellikler Şekil 5-8'de verilmiştir.

%25 tuzlulukta (Şekil 5a) 24 saat CO₂'li ve sürekli ışıklı ortamda başlangıçtan itibaren *T. suecica*'nın birey sayıları daima daha yüksek olmuş ve 24. günde maksimum sayısına (62 milyon hücre/ml) ulaşmıştır. *N. oculata* mono kültürde aynı ortam şartlarında birey sayısı bakımından milyarlara ulaşırken dual kültürde *T. suecica* ile olan rekabet sonucunda yalnızca 8 milyon hücre/ml (14. günde) kadar çıkabilmiştir. *N. oculata* dual kültür içerisinde 24. günden sonra ise tamamen kaybolmuştur. %30 tuzlulukta da (Şekil 5b) *T. suecica* birey sayıları bakımından

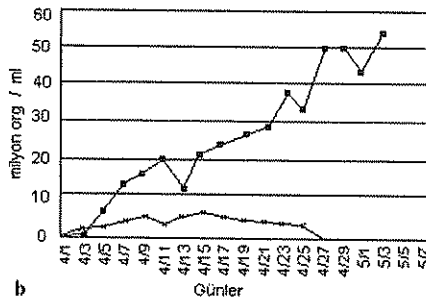
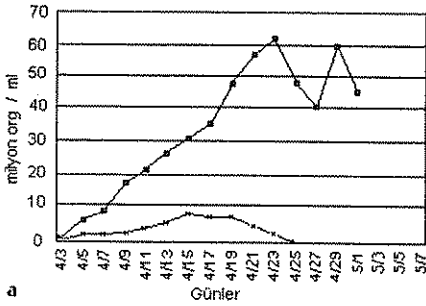
N. oculata'ya oranla yine daha baskın olmuş ve 28. günde 50 milyon hücre/ml'ye ulaşırken, *N. oculata* aynı tarihte yalnızca 7 milyon hücre/ml seviyelerinde kalmıştır. 28. günden sonra *T. suecica*'nın birey sayılarında bir düşüş kaydedilmişse de *N. oculata*'nın kültürde kaybolmasıyla yeniden artışa geçmiştir. *T. suecica*'nın %35 tuzlulukta birey sayılarında (Şekil 5c) diğer tuzluluk seviyelerindeki birey sayılarına oranla dikkat çekici bir azalma görülmüştür. Bu alg, 20. günde 22 milyon hücre/ml ile kültürdeki maksimum çoğalmasına ulaşırken, *N. oculata*'nın hücre sayısı bu tuzluluk derecesinde diğerlerindeki oranla biraz daha artarak 10 milyon hücre/ml'ye kadar çıkmıştır. *T. suecica*'nın dual kültür içerisinde maksimum olduğu tarihte *N. oculata*'nın birey sayısının 6 milyon hücre/ml kadar düşük olması buna karşılık *T. suecica*'nın maksimum'dan sonra sayıca azalmaya başladığı günlerde, *N. oculata*'nın 10 milyon hücre/ml ile maksimum çoğalma

noktasına ulaşması, bu iki algin aynı dual kültürde bir rekabet içerisinde olduklarının anlaşılması açısından dikkat çekicidir.

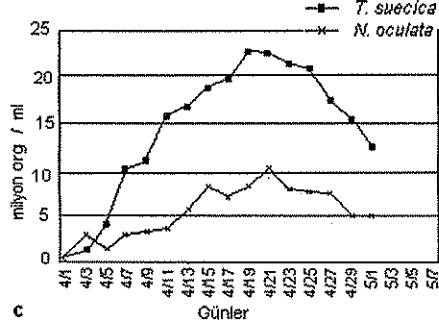
T. suecica 12 saat CO₂'li ve 24 saat ışıklı kültür şartlarında da birey sayısı bakımından yine baskın alg olmuştur. *T. suecica* ‰25 tuzlulukta (Şekil 6a) 34. günde 68 milyon hücre/ml ile maksimumuna ulaşırken, aynı tarihte *N. oculata* da 18 milyon hücre/ml ile maksimumunu gerçekleştirmiştir. ‰30 tuzlulukta (Şekil 6b) hem *T. suecica*'nın, hem de *N. oculata*'nın birey sayılarında artış ve azalışlar gözlenmiş ve her iki algin birey sayılarında bir önceki denemeye oranla önemli azalmalar kaydedilmiştir. *T. suecica* 20. günde 15 milyon hücre/ml ile maksimum sayıya ulaşırken aynı tarihte *N. oculata*'nın birey sayıları ancak 9.5 milyon hücre/ml olabilmıştır. ‰35 tuzlulukta (Şekil 6c) ise her iki alg, maksimumlarına ulaşmaya kadar birey sayılarında düzenli artışlar göstermişlerdir. *T. suecica* ve *N. oculata*

26. günde sırasıyla 45 milyon hücre/ml ve 10 milyon hücre/ml ile maksimumlarını gerçekleştirmişlerdir.

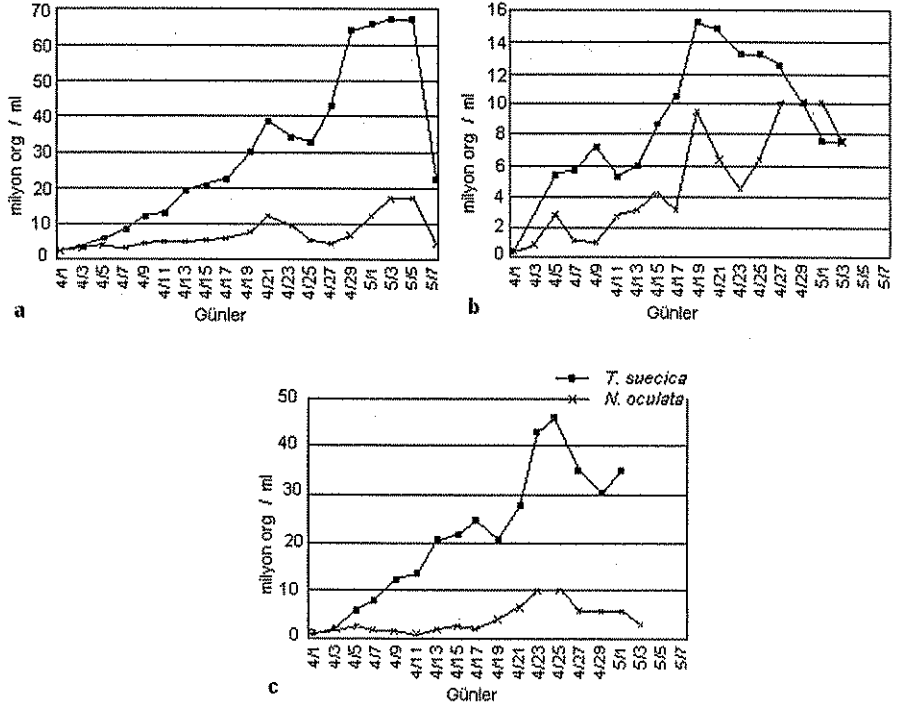
24 saat CO₂ ve 12 saat ışık uygulanan dual kültürlerde, *N. oculata* 24 saat ışıklı kültür şartına oranla daha iyi bir çoğalma göstermiştir. Ayrıca *N. oculata*, ‰25 tuzlulukta (Şekil 7a) dual kültür içerisinde *T. suecica*'ya oranla sayıca ilk defa daha baskın olmuştur. *T. suecica* 80 milyon hücre/ml (26. günde) ile maksimuma ulaşırken, *N. oculata*'nın maksimumu 110 milyon hücre/ml olmuştur. *N. oculata* ‰30 tuzlulukta da (Şekil 7b) 24 saat ışıklı kültüre oranla daha iyi bir çoğalma göstermiştir. *T. suecica*'nın birey sayıları bu denemede maksimumuna 28. günde 48 milyon hücre/ml ile ulaşırken, *N. oculata*'nın maksimumu 32. günde ve 32 milyon hücre/ml olarak gerçekleşmiştir. *T. suecica* ve *N. oculata* ‰35 tuzlulukta (Şekil 7c) maksimumlarına aynı tarihte (32. günde) sırasıyla 50 milyon hücre/ml ve 30 milyon hücre/ml olarak ulaşmışlardır.



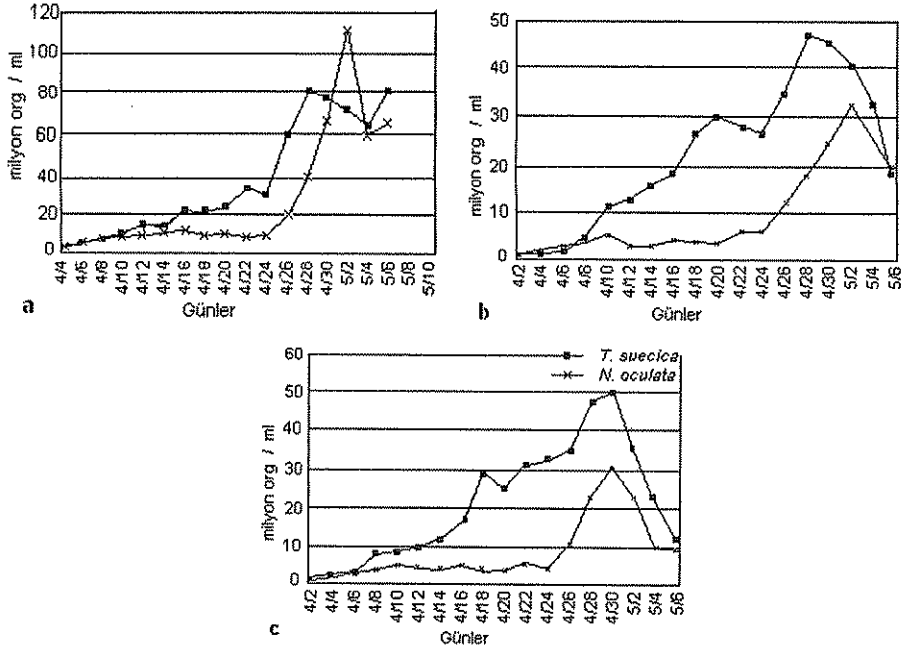
Mono ve Dual Kültürlerde *Tetracelmis suecica*'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma



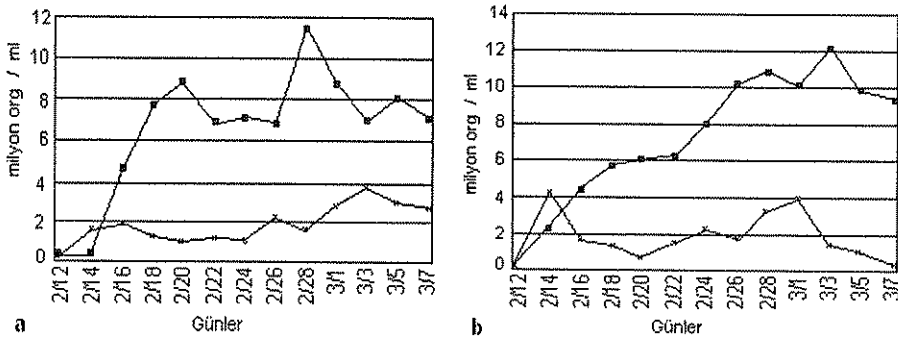
Şekil 5. *T. suecica* ve *N. oculata*'nın 24 saat CO₂ ve sürekli ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.



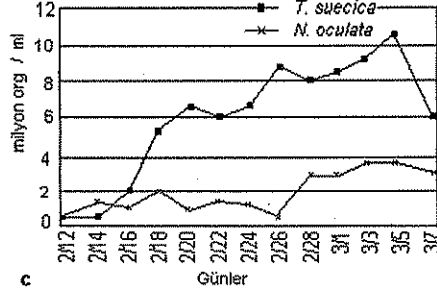
Şekil 6. *T. suecica* ve *N. oculata*'nın 12 saat CO₂ ve 24 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.



Şekil 7. *T. suecica* ve *N. oculata* 'nın 24 saat CO₂ ve 12 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.



Mono ve Dual Kültürlerde Tetraselmis suecica'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma



Şekil 8. *T. suecica* ve *N. Oculata* 'nın CO₂ siz ve 24 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

CO₂ 'siz denemelerde alglerin birey sayıları, ortama CO₂ verilen denemelere oranla oldukça düşük olmuştur. *T. suecica* %25 tuzlulukta (Şekil 8a) 18. günde 11.5 milyon hücre/ml ile maksimum sayısına ulaşırken, *N. oculata* sayıca bu kültür içerisinde en fazla 3.8 milyon hücre/ml'ye kadar çıkabilmiştir. *N. oculata* %30 tuzlulukta (Şekil 8b) ilk 4 gün içerisinde birey sayılarını 4 milyon hücre/ml'ye kadar arttırarak maksimumuna ulaşırken, *T. suecica* maksimum çoğalmasını 22. günde (12 milyon hücre/ml) gerçekleştirmiştir. %35 tuzlulukta (Şekil 8c) alglerin birey sayılarında artış ve azalmalar gözlenmiştir. *T. suecica*'nın maksimum birey sayıları 24. günde ve 10.8 milyon hücre/ml olarak *N. oculata*'nınki ise 22. günde ve 3.8 milyon hücre/ml olarak kaydedilmiştir.

***Tetraselmis suecica* ve *Isochrysis galbana*'nın Değişik Ortam Şartlarına Sahip Dual Kültürdeki Gelişimleri**

Tetraselmis suecica ve *Isochrysis galbana*'nın değişik ortam şartlarına sahip dual kültürlerdeki gelişmelerine ait özellikler Şekil 9-12'de verilmiştir.

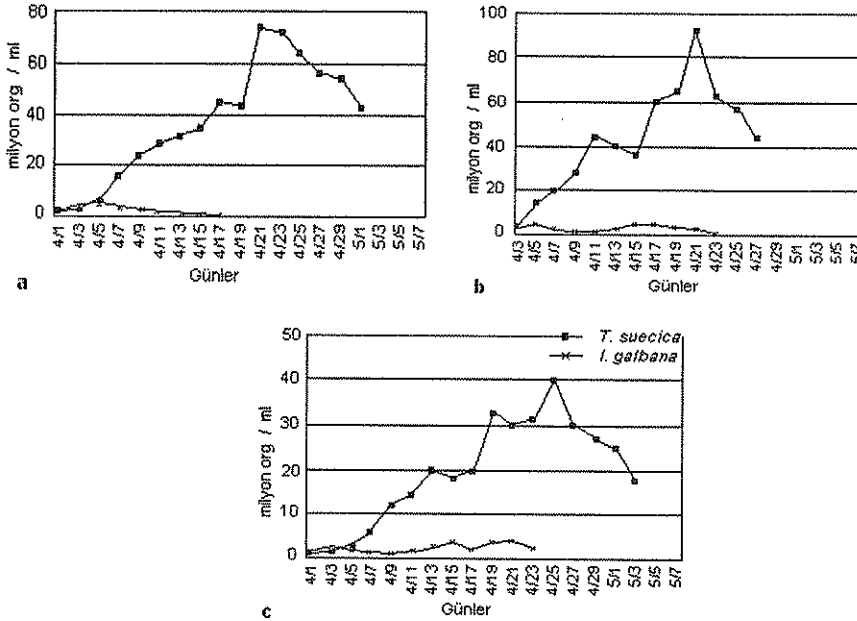
T. suecica 24 saat CO₂'li ve sürekli ışıklı ve %25 tuzlulukta (Şekil 9a) 22. günde 72 milyon hücre/ml ile maksimuma ulaşırken, *I. galbana* için en yüksek birey sayıları 6 gün gibi kısa bir süre içerisinde kaydedilmiştir. Bununla birlikte, *I. galbana* için kaydedilen en yüksek birey sayıları (yaklaşık 3 milyon hücre/ml) *T. suecica*'nın maksimumu ile kıyaslandığında oldukça önemsiz kalmıştır. Denemenin geri kalan kısmında *I. galbana*'nın birey sayılarında sürekli

azalmalar başlamış ve 16. günden sonra da kültürde bu alge rastlanmamıştır. Bu kültür şartlarında alglerin %30 tuzlulukta çoğalma modeli (Şekil 9b) %25 tuzlulukta benzerlikler göstermiştir. *T. suecica* 20. günde maksimum yaparak 92 milyon hücre/ml'ye ulaşırken, 20 gün boyunca birey sayıları 2 milyon hücre/ml 'nin üzerine çıkmayan *I. galbana* 20. günden sonra kültürde gözlenememiştir. %35 tuzlulukta (Şekil 9c) ise, *T. suecica*'nın birey sayıları 26. günde 40 milyon hücre/ml'ye ulaşırken, daha sonraki sürede algin birey sayısında azalmalar kaydedilmiştir. Bu kültür şartlarında birey sayıları 3-4 milyon hücre/ml arasında değişim gösteren *I. galbana* 24. günden sonra kültür içerisinde gözlenememiştir.

CO₂ süresinin 12 saat olarak düzenlendiği denemede, *T. suecica* ile *I. galbana*'nın

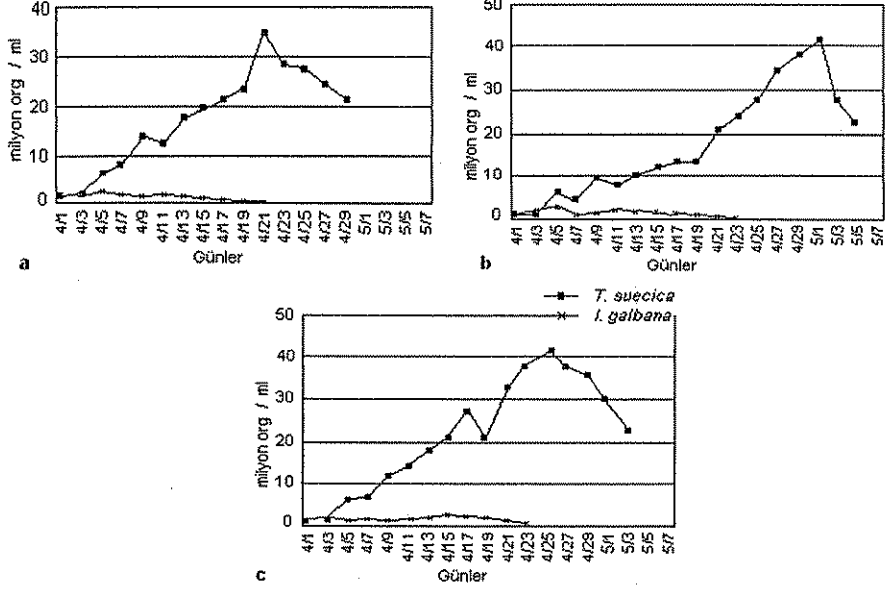
birbirleri ile olan rekabetleri daha önceki kültürlerde olduğu gibi *T. suecica*'nın baskınlığı altında gerçekleşmiştir. Bu kültür şartlarında *T. suecica* için mono kültürde belirlenen birey sayılarındaki azalma dual kültürde de gözlenmiştir. 24 saat CO₂'li denemede *T. suecica*'nın birey sayıları %25 tuzlulukta (Şekil 10a) 72 milyon hücre/ml ile maksimuma ulaşırken, 12 saat CO₂'li ortamda birey sayıları hemen hemen yarıya düşmüş ve maksimum 35 milyon hücre/ml kaydedilmiştir. Bu kültür şartlarında *I. galbana* dual kültür içerisinde yalnızca 3 milyon hücre/ml'ye ulaşabilmiş ve 20. günden sonra kültür içerisinde kaybolmuştur. %30 tuzlulukta da (Şekil

10b) bir önceki denemedekine benzer bir durum gözlenmiştir. *T. suecica*'nın birey sayıları maksimum yoğunluğuna (42 milyon hücre/ml) 32. günde ulaşırken, *I. galbana*'nın birey sayıları 3 milyon hücre/ml üzerine çıkamamış ve 24. günden sonra kültürde tamamen kaybolmuştur. *T. suecica*'nın *I. galbana*'ya olan sayısal üstünlüğü %35 tuzlulukta da (Şekil 10c) gözlenmiştir. Maksimum birey sayılarına (42 milyon hücre/ml) 26. günde ulaşan *T. suecica*'nın birey sayılarında 26. günden sonra azalma başlamıştır. *I. galbana* ise maksimumuna (3 milyon hücre/ml) ulaştığı 22. günden sonra kültürde kaybolmuştur.

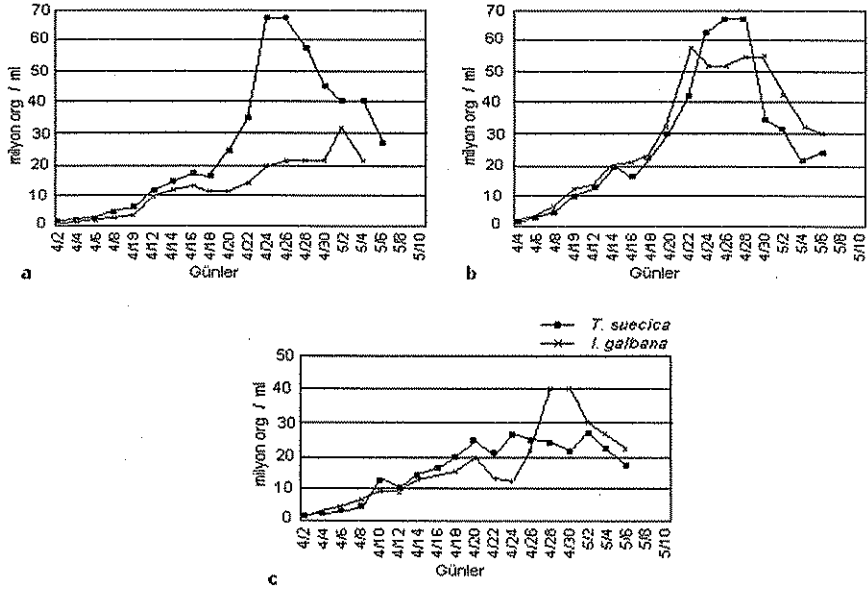


Şekil 9. *T. suecica* ve *I. galbana* 'nın 24 saat CO₂ ve sürekli ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

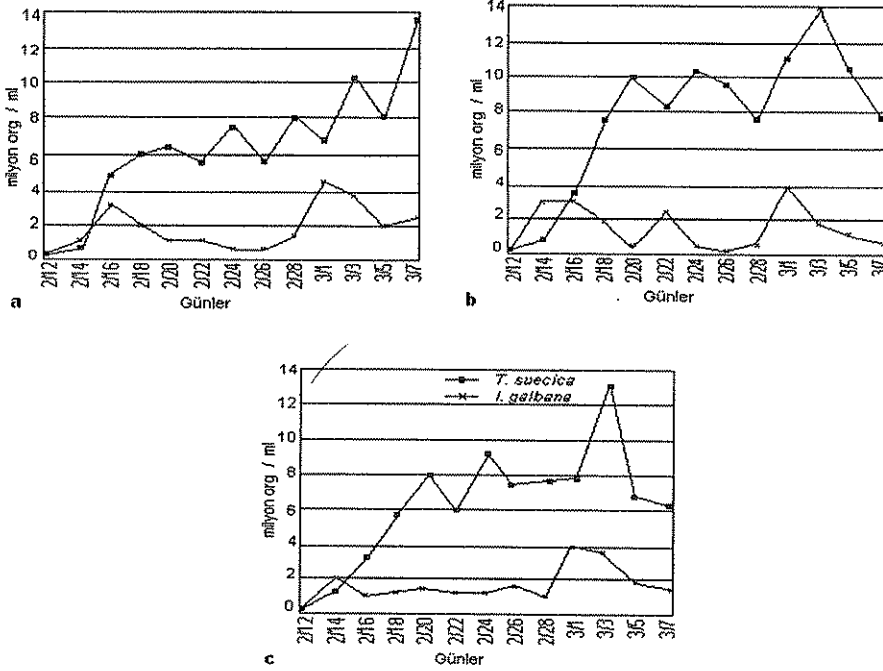
Mono ve Dual Kültürlerde *Tetracelmis suecica* 'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma



Şekil 10. *T. suecica* ve *I. galbana* 'nın 12 saat CO₂ ve 24 saat ışıklı ortamda a) ‰25 tuzlulukta b) ‰30 tuzlulukta ve c) ‰35 tuzlulukta gelişimi.



Şekil 11. *T. suecica* ve *I. galbana* 'nın 24 saat CO₂ ve 12 saat ışıklı ortamda a) ‰25 tuzlulukta b) ‰30 tuzlulukta ve c) ‰35 tuzlulukta gelişimi.



Şekil 12. *T. suecica* ve *I. Galbana* 'nın CO₂ siz ve 24 saat ışıklı ortamda a) %25 tuzlulukta b) %30 tuzlulukta ve c) %35 tuzlulukta gelişimi.

24 saat CO₂'li, 12 saat ışıklı ve %25 tuzlulukta (Şekil 11a) denemede alglerin daha önceki dual kültür içerisindeki çoğalmalarından daha farklı bir durum gözlenmiştir. Daha önceki iki denemede kültürlerde kayda değer bir çoğalma gösteremeyen *I. galbana*, bu denemede *T. suecica* ile rekabet edecek şekilde çoğalabilmiştir. *T. suecica* 24. günde 68 milyon hücre/ml ile maksimuma ulaşırken, *I. galbana*'nın birey sayıları da 20 milyon hücre/ml' ye kadar çıkmıştır. *T. suecica*'nın birey sayılarının azalmaya başlaması ile birlikte *I. galbana*'nın birey sayılarında artış görülmüş ve alg 32. günde 32 milyon hücre/ml ile maksimumuna ulaşmıştır. İki alg türü arasındaki sayısal rekabet %30 tuzlulukta (Şekil 11b) daha belirgin olarak gözlenmiştir. Kültürde hızla çoğalan *I. galbana* 20. günde 58 milyon hücre/ml ile

maksimuma ulaşırken, *T. suecica*'nın maksimumu 24. günde 68 milyon hücre/ml olarak gerçekleşmiştir. Maksimumlardan sonraki tarihlerde her iki algin birey sayılarında da azalmalar olmuştur. %35 tuzlulukta (Şekil 11c) ise daha önceki denemelerden farklı olarak, *I. galbana* yalnızca bu kültür şartlarında *T. suecica* karşısında sayısal üstünlük kurarak baskın duruma geçmiştir. *T. suecica* 24. günde ancak 24 milyon hücre/ml ile maksimumuna ulaşırken *I. galbana* ani bir artışla maksimumunu 28. günde 40 milyon hücre/ml olarak gerçekleştirmiştir.

CO₂ uygulanmayan kültür şartlarında alglerin kültür içerisindeki çoğalmalarında düzensizlikler gözlenmiştir. %25 tuzlulukta (Şekil 12a) her iki alg türünün birey sayılarında ilk

Mono ve Dual Kültürlerde Tetraselmis suecica'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma

günlerde artışlar gözlenmiş ve 6. günden sonra birey sayıları 3 milyon hücre/ml'ye kadar çıkmıştır. Bu tarihten itibaren *I. galbana*'nın birey sayılarında ani azalmalar gözlenirken, *T. suecica* 26. günde maksimuma (13 milyon hücre/ml) ulaşmıştır. *I. galbana* ise maksimumunu (4.8 milyon hücre/ml) 20. günde gerçekleştirmiştir. %30 tuzlulukta da (Şekil 12b) her iki algin birey sayılarında düzensiz artış ve azalmalar gözlenmiştir. *T. suecica* 14 milyon hücre/ml, *I. galbana* ise 4 milyon hücre/ml ile maksimumlarına ulaşmışlardır. %35 tuzlulukta (Şekil 12c) *I. galbana*'nın kültür içerisindeki birey sayıları düşük olmakla birlikte, birey sayılarını düzenli olarak artırabilmiş ve 20. günde 4 milyon hücre/ml ile maksimum sayıya ulaşmıştır. *T. suecica*'nın birey sayılarında bazı dalgalanmalar görülmekle beraber alg birey sayılarını 22. günde 13 milyon hücre/ml'ye kadar artırabilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Tetraselmis suecica'nın değişik ortam şartlarına sahip mono kültürlerdeki çoğalma modelleri birbirine çok benzemiştir. Kültür sıvıları içerisinde yapılan aşılardan sonraki birkaç gün içerisinde algin birey sayıları görünüşte çok az değişmiştir. Bunu takip eden günlerde ise, hızlı bir çoğalma dönemine giren algin birey sayıları hızla artmıştır. Bu aktif çoğalma *T. suecica*'nın kültürlerdeki maksimum birey sayılarına ulaşmalarına kadar devam etmiştir. Maksimum birey sayılarına ulaşmalarından sonra algin kültürlerdeki çoğalması sona ermiş ve bu noktadan sonra birey sayılarında önemli azalmalar gözlenmiştir. Bu araştırmada *T. suecica*'nın mono kültürlerde göstermiş olduğu bu çoğalma özellikleri, alglerin bu tip kültürlerdeki tipik çoğalma modeline

(Fogg, 1975) oldukça uygunluk benzemiştir.

T. suecica'nın mono kültürlerdeki gelişimi üzerinde denenen faktörler arasında en etkili olanı bu araştırmada CO₂ olarak belirlenmiştir. Gerçekten bu alg, 24 saat CO₂ uygulanan kültürde çok kısa sürede yüksek hücre sayılarına ulaşmayı başarmıştır. Denemeler bu araştırmada *T. suecica*'nın gelişimi için en uygun tuzluluk derecesinin %25 olduğunu göstermiştir. Ortaya çıkan bu bulgular, ticari olarak çalışan kuluçkahanelerde üretim süresinin kısaltılmasında üreticiye maddi avantajlar sağlaması açısından önemlidir.

İki alg türünün birlikte aşılandığı dual kültürler içerisinde *T. suecica* ve aynı kültüre aşılanan diğer alg türünün çoğalma özellikleri aynı alglerin mono kültürlerdeki çoğalma özelliklerinden farklı olmuştur. Dual kültürler içerisinde bir alg türü diğerine oranla çok daha iyi gelişmiş ve birey sayıları bakımından daha baskın olmuştur. Bu durum aynı kültür ortamı içerisinde birlikte bulunan algler arasındaki besin rekabetinin bir sonucu olarak değerlendirilmelidir.

T. suecica ve *Nannocloropsis oculata*'nın birlikte aşılandığı dual kültür içerisinde, *T. suecica* araştırmada uygulanan bütün kültür şartlarında *N. oculata*'nın çoğalmasını büyük ölçüde engellemiş ve birey sayıları bakımından baskın duruma geçmiştir. Mono kültürde maksimum sayıları 5-8 milyar hücre/ml'yi bulan *N. oculata*, *T. suecica* ile birlikte bulunduğu dual kültür içerisinde en fazla 100 milyon hücre/ml'ye ulaşabilmiştir. *N. oculata* sadece ışıklandırma süresi 12 saat olan ve 24 saat CO₂ uygulanan dual kültürlerde *T. suecica* ile rekabet edebilir duruma gelmiştir. 12 saat ışıklandırılan ve %30

tuzluluğa sahip kültür şartlarında, *T. suecica*'nın diğer kültür şartlarındaki gelişiminden farklı olarak, *N. oculata*'ya olan baskınlığı birey sayısı bakımından çok düşük kalmış ve ancak 15 milyon hücre/ml'ye ulaşabilmiştir. Bu tür bulgular değişik ortam şartlarına sahip kültürlerde iki alg türü arasındaki rekabetin faktöre bağlı olarak değişebileceğini göstermesi açısından oldukça önemlidir.

T. suecica ve *Isochrysis galbana*'nın dual kültürdeki çoğalmaları

karşılaştırıldığında, genel olarak *T. suecica* birey sayıları bakımından daha baskın alg türü olmuştur. *I. galbana* çoğalma bakımından *T. suecica* ile rekabet edememiş ve bir müddet sonra da kültürde kaybolmuştur. Buna karşılık 12 saat ışıklı denemede *I. galbana*, *T. suecica* ile rekabet edebilmiş ve hatta %35 tuzlulukta birey sayıları bakımından *T. suecica*'dan daha baskın hale geçmiştir. Bu bulgu, aynı ortam şartlarına sahip mono ve dual kültürlerde dahi ayrı alg türlerinin çoğalma özelliklerinde farklılıklar olacağını ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Borowitzka, M. A. & Borowitzka, L. J., 1988. Micro-algal Biotechnology.. Cambridge University Press, 477 s.
- Burlew, J. S., 1953. Current Status of Large-scale Culture of Algae. In Algal Culture from Laboratory to Pilot Plant, ed. J. S. Burlew. Washington DC: s: 3-23.
- Eyster, H. C. , Brown, T. E. & Tanner, H. A., 1958. Mineral Requirements for *Chlorella pyrenoidosa* Under Autotrophic and Heterotrophic Conditions. In Trace Elements, ed. C. A. Lamb, O. G. Bently & J. M. Beattie. New York: Acedemic Press. s: 157-191.
- Fogg, G.E., 1975. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology. The University of Wisconsin Press Ltd., Wisconsin 175 s.
- Gerloff, G. C., 1968. The Comparative Nutrition of Several Green and Blue-Green Algae.. *Physiologia Plantarum*, 21, 369-377.
- Krauss, R. W., 1958. Physiology of the Freshwater Algae. *Annual Review of Plant Physiology*, 9, 207-244.
- Mcbride, L., Chorney, W. & Skok, J., 1971. Growth of *Chlorella* in Relation to Boron Supply. *Botanical Gazette*, 132, 10-13.
- Myers, J., 1980. On the Algae: Thoughts about Physiology and measurements of Efficiency. In Primary Productivity in the Sea, ed. P. G. Falkowski. New York. Plenum Press. s: 1-16.
- O'Kelly, J. C., 1968. Mineral Nutrition of Algae. *Annual Review of Plant Physiology*, 19, 89-112.

Mono ve Dual Kùltùrlerde Tetraclmis suecica'nın Gelişimi Üzerine Bir Araştırma

Pringsheim, E. G., 1972. Pure Cultures of Algae. Hafner Publishing Company, New York, 119 s.

Walker, J. B., 1953. Inorganic Micronutrient Requirement of *Chlorella*. I. Requirements for Calcium (or Strontium) , Copper and Molybdenum. Archives of Biochemistry and Biophysics, 46, 1-11.

Warburg, O., 1919. Über die Geschwindigkeit der Photochemischen Kohlensäurezersetzung in lebenden Zellen. Biochemische Zeitschrift, 100, 230-270.