

Kuzeydoğu Akdeniz Kıyıları (Karataş-Adana) Fitoplankton'u Biyomas Tahmininde Hücre Hacimlerinin Kullanımı ve Mevsimsel Değişimlerin Diğer Yöntemlerle Birlikte Değerlendirilmesi

Sevim Polat

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 01330, Balçalı, Adana, Türkiye.

Abstract: *The using of cell volumes in estimating of phytoplankton biomass and evaluation of seasonal changes together with other methods in the northeastern Mediterranean (Karataş, Adana).* In this study, cell volume and cellular carbon contents of phytoplankton were calculated and their seasonal changes evaluated by cell counts and chlorophyll a analysis. Totally twentythree dominant species in the samples which were taken seasonally from Karataş coast, northeastern Mediterranean were choosen for cell volume and cellular carbon content calculations. The lineer dimensions of dominant species were measured and cell volumes were calculated by using the geometric shapes and the equations for each sampling period. Cellular carbon contents were calculated from cell volume values of each species. Total cell volume values of the species were found in quite high level in summer period ($74 \times 10^7 \mu\text{m}^3 \text{ l}^{-1}$, $28.7 \times 10^6 \text{ pgC l}^{-1}$). Chlorophyll a values were in similar level till summer period but it reached the highest level ($1.35 \mu\text{g l}^{-1}$) in summer period.

Key Words: Phytoplankton, cell volume, cellular carbon, chlorophyll a.

Özet: Bu çalışmada, fitoplankton'da hücre hacimleri ve hücre karbon miktarları yönünden biyomas değerleri belirlenerek, bunların hücre sayımları ve deniz suyunda yapılan klorofil a analizleri ile birlikte mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Hücre hacimleri ve karbon miktarlarının hesaplanması, ülkemizin Kuzeydoğu Akdeniz'de, Karataş kıyılarından mevsimsel olarak alınan fitoplankton örneklerinde baskın bulunan toplam 23 tür için yapılmıştır. Hücre hacimleri, her mevsim için, türlerin boyutlarının ölçülüp uygun geometrik şekillerin kullanımı ile hesaplanmıştır. Hücre hacimlerinden hücresel karbon miktarları belirlenmiştir. Çalışmada, fitoplankton türlerine ait toplam hacim ve organik karbon değerleri yaz döneminde en yüksek düzeye ulaşmıştır ($74 \times 10^7 \mu\text{m}^3 \text{ l}^{-1}$, $28.7 \times 10^6 \text{ pgC l}^{-1}$). Klorofil a değerleri yaz dönemine kadar benzer düzeylerde kalırken, yaz dönemi boyunca en yüksek düzeyde bulunmuştur ($1.35 \mu\text{g l}^{-1}$).

Anahtar Kelimeler: Fitoplankton, hücre hacimleri, hücresel karbon, klorofil a.

Giriş

Denizel ortamda fitoplankton biyomas değerleri hakkında bilgi edinebilmek için fitoplankton yoğunluklarının nicel olarak analizi gerekmektedir. Fitoplankton biyomasının bilinmesi, birim alan yada hacimdeki ürünün yanı sıra verimlilik hesaplanmasında da önem taşımaktadır. Fitoplankton biyomasının hesaplan-

masında kullanılan klorofil a analizi yöntemi, bu pigmentin tüm fotosentetik alg gruplarında bulunması, analizinin kolay olması ve kısa sürede yapılabilmesinden dolayı en fazla kullanılan yöntemlerden biridir.

Ancak klorofil a'nın fitoplankton kuru ağırlığının çok küçük bir kısmını (0.3-3%) oluşturması (Lee, 1989) ve tür kompozisyonu hakkında bilgi vermemesi

(Jasprica ve Caric, 1997) bu yöntemin dezavantajlarını oluşturmaktadır.

Fitoplankton hücre sayımları, fitoplankton topluluklarının nicel olarak analizinde kullanılan geleneksel yöntemlerden biri olup, bu yöntemle taksonomik gruplar ve tür kompozisyonu da belirlenmiş olmaktadır. Ancak, sayım yönteminin bir dezavantajı, bu yöntemde yalnızca hücre sayılarının değerlendirilmesi ve farklı boy gruplarının biyomasta oluşturacağı farklılıkların dikkate alınmamasıdır. Çünkü, farklı boy gruplarına ait türlerin bulunduğu örneklerde yüksek hücre sayıları ile temsil edilen küçük bireyler, tüm biyomasın küçük bir bölümünü oluşturabilmesine karşın, sayıca az olan büyük boyutlu bireyler biyomasda önemli yer tutabilir (Hillebrand ve diğ.,1999). Sonuçta, hücre sayımlarının kullanılması, algal biyoması belirlemede yetersiz kalabilmektedir (Hillebrand ve diğ.,1999; Smayda, 1978). Bu nedenlerden dolayı, fitoplankton biyomasının daha gerçekçi bir şekilde tahmini için hücre hacimlerinin hesaplanması yoluna gidilmiş, bu amaçla deniz ve tatlı su planktonu için eşitlikler geliştirilmiş (Hillebrand ve diğ., 1999; Edler, 1979; Wetzel ve Likens, 1991) ve doğal sularda yaşayan fitoplankton hücre hacimlerinin hesaplanması konusunda çalışmalar yapılmıştır (Olçum ve Gökpınar, 1997). Bu yöntemde, hücre şekline göre fitoplankton hücresi bir veya birkaç geometrik şeklin bir araya gelmesinden oluşmuş bir şekle benzetilerek matematiksel eşitlikler kullanılmakta ve hücre hacmi hesaplanmaktadır. Bu yöntem, doğal ortamdan alınan karışık örneklerde farklı türlerin biyomasa yaptığı katkının belirlenmesi yönünden oldukça elverişli olup, aynı zamanda hacim değerlerinden hücresel organik karbon miktarları da hesaplanabilmektedir.

Fitoplanktonik organik karbon değerleri, sucul ortamda organik madde

akışını incelemede önemli bir yere sahip olup, bu parametrenin partiküler organik karbondan ziyade hücre hacimlerinden hesaplanması, detritus kökenli partiküler maddeden kaynaklanan hatayı da önlemektedir (Verity ve diğ., 1992).

Bu çalışmada, ülkemizin doğu Akdeniz kıyısında yer alan ve bölge balıkçılığında önemli yere sahip olan Karataş açıklarında, mevsimsel olarak yapılan örneklemeden elde edilen fitoplankton örneklerinde, baskın türlerin hücre hacimleri ve hücresel karbon miktarları belirlenmiştir. Elde edilen hacim değerlerinin, hücre sayımları ve klorofil a değerleri ile birlikte mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, alandaki fitoplankton biyoması mevsimsel düzeyde bu yöntemlerin her biri yönünden değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Karataş kıyılarından 1998-1999 yılları arasında mevsimsel olarak 12 adet örnekleme noktasından alınmış fitoplankton örnekleri kullanılmıştır (Şekil 1).

Fitoplankton türlerinin incelenmesi için 55 µ göz açıklığına sahip standart yüzey plankton keşesi kullanılarak örnekleme yapılmıştır. Fitoplanktonun nicel olarak analizi ve klorofil a analizleri için yüzeyden 2 lt'lik su alma kabı kullanılarak örnekleme yapılmıştır.

Klorofil a analizi, %90'lık asetonda ekstraksiyon yöntemine göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır (Parsons ve diğ., 1984). Yüzeyden nicel analizler için alınan fitoplankton örnekleri, sonuç konsantrasyonu % 4' lük olacak şekilde formaldehit ile tespit edilmiştir. Bir hafta süre ile çöktürülen örnekler, üstte kalan sıvının sifonlanması ile yoğunlaştırılmış ve yoğun örneklerden Sedgewick-Rafter sayım kamarası kullanılarak hücre sayımları yapılmıştır. Fitoplankton türlerinin hücre hacimlerinin



Şekil 1. Araştırma alanı ve örnekleme noktaları.

hesaplanması, her bir örnekleme dönemdeki baskın türler için yapılmıştır. Bu amaçla çalışma boyunca Bacillariophyceae, Dinophyceae ve Dictyochophyceae sınıflarına ait toplam 23 baskın türün hacim değerleri belirlenmiştir. Hücre hacimlerinin hesaplamalarında fitoplankton türleri geometrik şekillere benzetilerek, her bir geometrik şekil için geliştirilmiş olan matematiksel eşitlikler kullanılmıştır (Hillebrand ve diğ., 1999). Silindirik, küresel gibi basit şekilli organizmalar için hacim hesaplamasında bir tek eşitlik kullanılırken, dinoflagellatlardan *Ceratium* Schrank türleri gibi kompleks yapılu türler için koni, elips, silindir gibi geometrik şekiller için verilen eşitlikler birlikte kullanılmıştır. Her bir tür için ayrı ayrı hesaplanan fitoplankton hacim değerleri, o türler için bulunan hücre sayıları kullanılarak, her mevsim için toplam hacim değerlerine dönüştürülmüş ve sonuçlar $\mu\text{m}^3 \text{ l}^{-1}$ olarak ifade edilmiştir. Hücre hacimleri olarak biyomas değerlerinin mevsimsel değişimi ortalama değerler olarak verilmiştir.

Fitoplankton türlerine ait hücre hacmi değerlerinden hücresel organik karbon içeriğini bulmak için Menden-Deuder ve Lessard , (2000) tarafından verilen eşitlikler kullanılmıştır. Organik karbon hesaplamalarında diatomlar için ;

$\text{pgC hücre}^{-1} = 0.288 \times \text{hacim} \times 0.811$ eşitliği kullanılırken diatom dışındaki gruplar için; $\text{pgC hücre}^{-1} = 0.216 \times \text{hacim} \times 0.939$ eşitliği kullanılmıştır. Her bir tür için bulunan karbon değeri, türlere ait hücre sayıları kullanılarak, her mevsimde türler için toplam karbon değerlerine dönüştürülmüştür. Fitoplankton türlerine ait organik karbon değerlerinin mevsimsel değişimleri ortalama değerler olarak verilmiştir.

Bulgular

Bu çalışmada ele alınan her bir fitoplankton türüne ait ortalama hacim ve organik karbon değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada en yüksek hücre hacim değeri, silindirik yapıdaki diatomlardan *Rhizosolenia calcar-avis* Schultze ait iken en küçük değer yine aynı gruptan *Chaetoceros affinis* Lauder türünde bulunmuştur. Dinoflagellatlarda ise hücre gövdesi nispeten daha büyük, epitekal ve hipotekal uzantıları ise daha kalın yapılu olan *Ceratium massiliense* (Gourret) Jörgensen türünün en yüksek hacim değerine sahip olduğu bulunmuştur. Benzer yapıda, ancak, gövde yapısı daha küçük, uzantıları daha ince olan *Ceratium trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid türünde ise hacim değerleri daha düşük bulunmuştur. Hücresel karbon miktarları ise büyük türlerde küçük türlere göre oransal olarak daha az bulunmuştur (Tablo 1). Çalışmada elde edilen klorofil a değerleri, çalışmada incelenen türlere ait hücre sayıları, bunlardan diatom ve dinoflagellat türlerine ait hücre sayıları, türlere ait toplam hacim, diatom ve dinoflagellat hacimleri, toplam karbon miktarı, diatom karbon miktarı ve dinoflagellat karbon miktarlarının yıl içindeki minimum, maksimum ve ortalama değerleri de Tablo 2'de verilmiştir. Fitoplankton grupları içinde diatomlar, hücre sayıları, hücre hacimleri ve organik karbon miktarları yönünden baskın bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 1. Fitoplankton türlerine ait ortalama hacim ve organik karbon değerleri.

Türler	Hacim (μm^3)	Org.Karbon (pgC hücre^{-1})
Bacillariophyceae (Diatoms)		
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	847	68
<i>C.decepiens</i> Cleve	5402	306
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve)Hendey	41857	1613
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane)H.Peragallo	167060	4929
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grun.in Van Heurck	35301	1404
<i>H. membranaceus</i> Cleve	38216	1498
<i>Leptocylindricus danicus</i> Cleve	2851	183
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs in Pritchard	21624	944
<i>Rhizosolenia alata</i> f <i>gracillima</i> (Cleve)Gran	30127	1235
<i>R. calcar-avis</i> Schultze	612175	14190
<i>R.imbricata</i> var. <i>shrubslei</i> (Cleve)Schröder	88217	2953
<i>R. stolterfothii</i> H. Peragallo	58419	2114
<i>Thalassiothrix fraunfeldii</i> Grunow	2553	167
<i>T.mediterranea</i> Pavillard	7394	395
Dinophyceae (Dinoflagellates)		
<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Clap. et Lachmann	41210	4655
<i>C. kofoidii</i> Jörgensen	8165	1018
<i>C. massiliense</i> (Gourret) Jörgensen	80923	8772
<i>C. teres</i> Kofoid	15725	1884
<i>C.trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	22612	2649
<i>Protoperdinium</i> sp.	7224	907
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	10363	1273
<i>Scrippsiella trochoidea</i> Stein Loeblich III	7271	913
Dictyochophyceae		
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	3277	432

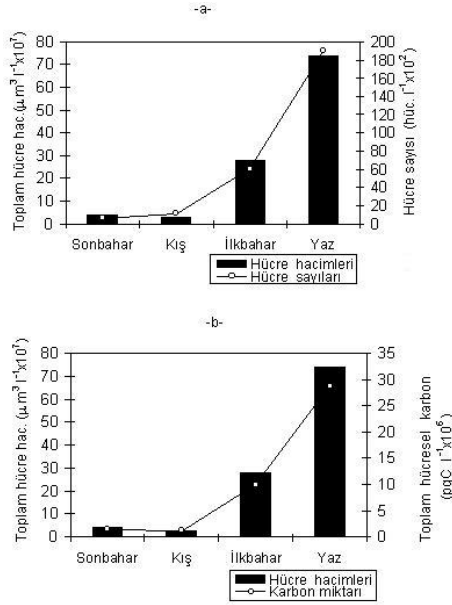
Tablo 2. Klorofil a ile fitoplankton türlerine ait (23 tür) hücre sayıları, hacimleri ve karbon miktarları olarak biyomas değerlerinin yıl içindeki minimum, maksimum ve ortalama değerleri.

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama
Klorofil a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	0.23	1.7	0.83
Hüc. sayısı(hücre l^{-1})	461	28422	6709
Diatom hüç.sayısı(hücre l^{-1})	353	28306	6175
Dinoflagellat hüç.sayısı(hücre l^{-1})	20	11802	510
Toplam hacim. ($\mu\text{m}^3 \times 10^7 \text{l}^{-1}$)	0.41	115	27
Top.diatom hacim. ($\mu\text{m}^3 \times 10^7 \text{l}^{-1}$)	0.31	114	26.7
Top.dinofla. hacim. ($\mu\text{m}^3 \times 10^6 \text{l}^{-1}$)	0.17	88.7	4.34
Top.karbon miktarı ($\text{pgC l}^{-1} \times 10^6$)	0.28	43.9	10.3
Top.diatom karbonu ($\text{pgC l}^{-1} \times 10^6$)	0.16	43.7	9.8
Top.dinofla. karbonu ($\text{pgC l}^{-1} \times 10^5$)	0.21	110	5.36

Çalışmada ele alınan fitoplankton türlerine ait toplam hacim ve karbon değerleri kış dönemi dışında, hücre sayısındaki artışa bağlı olarak artış göstermiştir (Şekil 2 a,b). Kış döneminde, fitoplankton yoğunluğu sonbahara göre

nispeten daha yüksek iken bu dönemde toplam hacim ve karbon değerlerinde düşüş görülmüştür (Şekil 2 a,b). Bu dönemde diatomlardan *Chaetoceros decepiens* Cleve ve *Thalassiothrix fraunfeldii* Grunow gibi nispeten küçük

hacimli türler yüksek yoğunluklarda saptanmıştır. Fitoplankton türlerine ait toplam hacim ve organik karbon değerleri, ilkbahar ve yaz dönemlerinde hücre sayısındaki artışa paralel olarak artmıştır.



Şekil 2. Fitoplankton türlerine ait toplam hücre hacimleri ile, a) hücre sayıları, b) organik karbon değerlerinin mevsimsel değişimi.

İlkbaharda hacim değerlerindeki artış oranı, karbon miktarlarındaki artış oranına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 2 a, b). Bu dönemde bulunan diatom türlerinden *Chaoceros affinis* Lauder, *Rhizosolenia alata* f. *gracillima* (Cleve) Gran ve dinoflagellatlardan *Scrippsiella trochoidea* Stein Loeblich III gibi nispeten küçük hacimli türlerden çok, *Guinardia flaccida* (Castracane) H.Peragallo gibi büyük hacimli türlerin bulunması, toplam hacim değerlerinin artmasına neden olmuştur. Yaz döneminde, *Hemiaulus membranaceus*

Cleve türünün artışı ile fitoplanktona ait toplam hücre sayıları en üst düzeylere ulaşmıştır. Bu dönemde *R. calcar-avis* gibi türlerin de bulunması, toplam hacim değerlerinin en yüksek düzeylere çıkmasına neden olmuştur (Şekil 2, a). Mevsimlere göre fitoplankton gruplarına ait bazı türlerin ortalama hücre sayıları ve hacim değerleri birlikte verilerek, farklı boyutlardaki türlerin biyomasa etkisi gözlemlenmiştir (Şekil 3, 4).

Klorofil a miktarları, ortalama değerler yönünden fitoplankton hücre sayıları ve hacimlerinin mevsimsel seyrinden farklı olarak, yaz dönemine kadar benzer düzeylerde bulunmuştur.

En düşük ortalama klorofil a değeri 0.613 µg l⁻¹ olarak sonbahar döneminde bulunurken, kış ve ilkbahar dönemlerinde ortalama değerler olarak ~0.68 µg l⁻¹ düzeylerinde bulunmuştur. İncelenen türlere ait hücre sayıları ve hacim değerlerindeki önemli artışların olduğu yaz döneminde klorofil a değerleri de iki kata varan bir artış göstermiştir (1.35 µg l⁻¹) (Şekil 5).

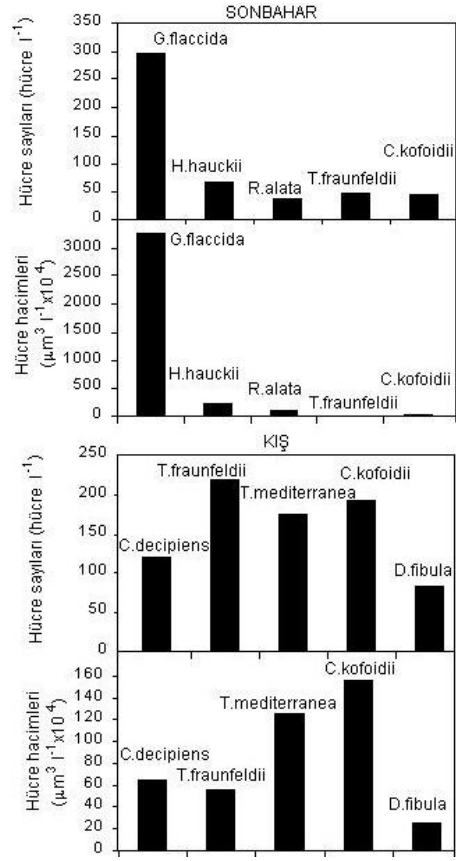
Tartışma ve Sonuç

Fitoplankton biyomasını belirlemek, fitoplankton ekolojisi ile ilgili çalışmalar açısından önemlidir. Fitoplankton biyomas tahmininde hücre sayıları ve klorofil a tayini yaygın kullanılmakla birlikte, bu yöntemlerin eksiklikleri bulunmaktadır. Bunlardan klorofil a tüm fotosentetik alglerde bulunması, analizinin kolay olması nedeni ile tercih edilmektedir.

Ancak, sadece klorofil a miktarını tespit ederek ortamdaki taksonomik gruplar hakkında ayrıntılı bilgi edinmek mümkün değildir. Hücre sayımı fitoplankton yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemle, doğal ortamlarda fitoplankton türleri belirlenir ve her bir türün ya da

grubun toplama yaptığı katkıda ortaya çıkarılır. Ancak, hücre sayımlarının tür kompozisyonu ve yoğunlukları göz önüne alınarak en uygun araçlar ile yapılması, bu yöntemin güvenilirliği açısından önemlidir. Sayımı yapılan hücrelerde hücre hacminin hesaplanması, boy gruplarına bağlı biyomas değişimini ve türlerin toplam biyomasa yaptığı katkıyı gözlemleyebilmek için ayrı bir öneme sahiptir. Hücre hacimlerinin hesaplanması ile karbon, azot, klorofil a gibi hücre bileşenlerinin de belirlenmesi ve biyomas tahmini mümkün olabilmektedir (Montagnes ve diğ., 1994). Son yıllarda, sucul ortamdaki organik madde akışı hakkında bilgi veren organik karbon değerlerinin, hücre hacminden hesaplanması yoluna gidilmiştir. Organik karbon, cansız partiküller ve zooplanktondan dolayı doğrudan belirlenememekle birlikte (Banse, 1977), fitoplankton hücresinden belirlenmesi, bu hataları ortadan kaldırmaktadır (Verity ve diğ., 1992). Bu amaçla genellikle farklı taksonomik gruplar için farklı dönüşüm faktörleri belirlenmiş olup (Mullin ve diğ., 1966; Strahmann, 1967; Menden-Deuder ve Lessard, 2000), karbon değerleri bu dönüşüm faktörlerine göre hesaplanmaktadır. Burada önemli olan nokta, uygun dönüşüm faktörünün bulunup, karbon değerlerinin gerçeğe yakın tahmin edilmesidir.

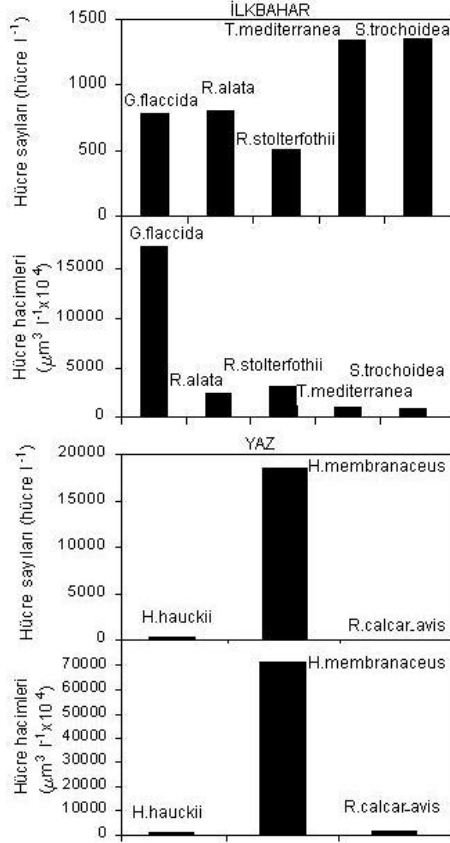
Bu çalışmada ele alınan türlere ait hücre hacim değerleri, kış dönemi dışında hücre sayısının artışı ile uyumlu bir durum sergilemiştir. Kış döneminde hücre sayısı arttığı halde hacim değerlerinin artmaması, hatta biraz düşüş göstermesi, kış döneminde incelenen türlerden nispeten küçük boyutlu olanların artışından kaynaklanmıştır. İlkbahar döneminde incelenen türlere ait hücre sayısındaki artışla birlikte, toplam hacim değerleri de artmış, toplam hücre hacmi bakımından biyomasadaki artış, oransal olarak daha yüksek olmuştur (Şekil 2,a).



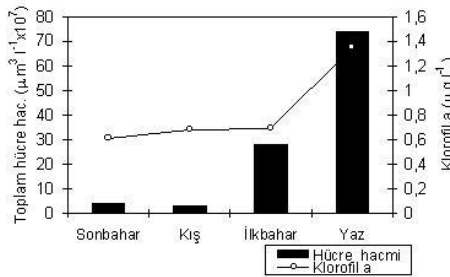
Şekil 3. Sonbahar ve kış mevsimlerine göre baskın bulunan bazı fitoplankton türlerine ait ortalama hücre sayıları ve hacim değerleri.

İlkbahar döneminde büyük hacimli türlerden *G. flaccida* gibi türlerin bulunması, hacim değerlerinin oransal olarak yüksek çıkmasının nedeni olarak değerlendirilmiştir. Diatomlar, yoğun bulunmaları ve büyük hacimli türler ile temsil edilmelerinden dolayı hacim değerlerinde önemli yer tutmuştur. Mali Ston Körfezi'nde (Adriatik Denizi) yapılan bir çalışmada, bu çalışmaya benzer olarak diatomlar yoğunluk ve hacim olarak baskın bulunmuştur (Jasprica ve Caric, 1997). Fitoplanktona ait organik karbon değerleri de hücre sayısı ve hacim değerlerine uygun bir artış

göstermiştir. Ancak büyük boyutlu fitoplanktonik organizmalarda, karbon miktarının hücre hacmine oranla daha az bulunduğu belirtilmektedir.



Şekil 4. İlkbahar ve yaz mevsimlerine göre baskın bulunan bazı fitoplankton türlerine ait ortalama hücre sayıları ve hacim değerleri.



Şekil 5. Klorofil a değerleri ile fitoplankton hücre hacimlerinin mevsimsel değişimi.

Bunun nedeninin genel olarak, küçük boyutlu hücrelerde, hücre duvarının oransal olarak hücre karbon miktarına büyük boyutlulardan daha fazla katkı yapması olabileceği belirtilmiştir (Verity ve diğ., 1992). İlkbaharda karbon değerlerinin hacim değerlerine göre oransal olarak daha az bir artış göstermesi, karbon içeriği daha düşük olan türlerin artışından kaynaklanabilir. Dinoflagellatlarda organik karbon değerleri diğer gruplara göre daha yüksek bulunmaktadır (Jasprica ve Caric, 1997). Diatomlardaki karbon miktarının ise, diatomların silis duvarı ve büyük vakuol yapılarından dolayı flagellatlı algere göre daha az bulunduğu belirtilmiştir (Strahmann, 1967). Yaz döneminde fitoplankton yoğunluğunda oldukça belirgin bir artış olması, toplam hacim değerlerine yansımış ve hacim değerleri en yüksek düzeye ulaşmıştır. Aynı zamanda karbon değerleri de en yüksek düzeylere ulaşmıştır (Şekil 2, b). Diğer biyomas değerlerinde yıl içinde giderek artan bir durum görülürken, klorofil a değerleri yaz dönemine kadar hemen hemen aynı düzeylerde kalmıştır. Klorofil a ile hücre hacimlerinin mevsimsel değişim grafikleri de klorofil a ile hacim değerlerinin tam olarak uyumlu bir değişim izlemediğini göstermektedir (Şekil 5). Klorofil a içeriği türden türe değişebildiği gibi, aynı tür içinde çevre faktörlerine bağlı olarak da farklı oranlarda bulunabilmektedir. Klorofil a artışının fitoplankton hücre sayıları ve hacimleri ile tam olarak uyum göstermemesi, yukarıda sözü edilen faktörlere bağlı olabileceği gibi burada dikkate alınmayan çok küçük boyutlardaki nano- ve pikofitoplanktonik organizmalara ait klorofil a'nın da ortamda bulunabilmesinden kaynaklanabilir. Çünkü, Akdeniz gibi besince fakir denizlerde, özellikle pikoplankton biyomasının önemli yer tuttuğu bilinmektedir (Berman ve diğ., 1986;

Kimor ve diğ., 1987; Agawin ve diğ., 2000).

Bu çalışmada baskın türlere ait hücre hacimleri, organik karbon miktarları, hücre sayılarının yanı sıra deniz suyundaki klorofil a düzeyleri gibi fitoplankton biyomasına ait değerlerin birlikte incelenmesiyle, mevsimsel düzeyde birbirlerine göre durumları ortaya konmaya çalışılmıştır. Her bir dönemde tür kompozisyonunda değişimler nedeniyle, az sayıda türün hacim değerlerinin dört mevsim boyunca değişimi incelenebilmiştir. Bu çalışmada ele alınan ve hücre sayıları ile hacim olarak biyomas değerleri birlikte incelenen türlerde büyük boyutlu türlerin biyomasa katkıları açısından önemleri görülmüştür (Şekil 3, 4). Hacim değerlerinin zamana bağlı değişimlerinde küçük boy gruplarının da ayrıntılı bir şekilde incelenmesi de önemli olacaktır. Ancak bu şekilde bunların varlığından kaynaklanan biyomas farklılıklarının zaman içindeki değişimlerini gözlemlemek mümkün olabilecektir. Sonuç olarak, fitoplankton biyomas tahminlerinde bu parametrelerin birinin kullanımı yetersiz kalabilmektedir. Her bir türün yoğunluğunu bilmek, boy gruplarının biyomasa katkılarını belirleyebilmek, üretim düzeyleri hakkında tahminlerde bulunabilmek için, her ne kadar hücre sayımları ve özellikle de hücre hacmi hesaplamaları çok zaman alıcı olsa da, bunların birlikte kullanımı en kapsamlı sonuçları verecektir.

Kaynakça

- Agawin, N. S. R., Duarte, C. M., Agusti, S., 2000. Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production, *Limnol. Oceanogr.* 45 (3): 591-600.
- Banase, K., 1977. Determining the carbon to chlorophyll ratio of natural phytoplankton, *Mar. Biol.* 41: 199-212.
- Berman T., Azov Y., Schneller A., Walline P., Townsend D.W., 1986. Extend, transparency, and phytoplankton distribution of the neritic waters overlying the Israeli coastal shelf. *Oceanol. Acta.* 9: 439-447.
- Edler, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea, phytoplankton and chlorophyll, *Baltic Marine Biologists*, 38 pp.
- Hillebrand, H., Dürselen, C., Kirschtel, D., Pollinger, U., Zohary, T., 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae, *J. Phycol.* 35: 403-424.
- Jasprica, N., Caric M., A. 1997. Comparison of phytoplankton biomass estimators and their environmental correlates in the Mali Ston Bay (Southern Adriatic), *P.S.Z.N. : Marine Ecology.* 18(1): 35-50.
- Kimor B., Berman T., Schneller A., 1987. Phytoplankton assemblages in the deep chlorophyll maximum layers off the Mediterranean coast of Israel, *J. Plankton Res.* 9 (3): 433-443.
- Lee, R. E., 1989. *Phycology*, Second edition, Cambridge Univ. Press., 645 pp.
- Menden-Deuder, S., Lessard, E. J., 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms and other protist plankton, *Limnol. Oceanogr.* 45(3): 569-579.
- Montagnes, D. J., Berges, J. A., Harrison, P. J., Taylor, F. J. R., 1994. Estimating carbon, nitrogen, protein and chlorophyll a from volume in marine phytoplankton, *Limnol. Oceanogr.* 39(5): 1044-1060.
- Mullin, M. M., P. R. Sloan., R. W. Epley., 1966. Relationship between carbon content, cell volume and area in phytoplankton, *Limnol. Oceanogr.* 11 : 307- 311.
- Olçum, R., Gökpınar, Ş., 1997. İzmir Körfezinde bazı diatom türlerinin hücre hacimlerinin lokal ve mevsimsel değişimleri, *Su Ürünleri Dergisi*, cilt no 14, sayı :1-2, 37-46.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M., 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Smayda, T. J., 1978. From phytoplankters to biomass, In: *Phytoplankton Manual*, A

- Sournia (Editor), UNESCO, Paris, p. 273-279.
- Strahmann, R., 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume, *Limnol. Oceanogr.* 12: 411- 418.
- Wetzel, R. G., Likens, G. E., 1991. *Limnological Analysis*, Second Edition, 391 pp.
- Verity, P. G., Robertson, C.Y., Tronzo, C. R., Andrews, M. G., Nelson, J. R., Sieracki, M.E., 1992. Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton, *Limnol. Oceanogr.* 37 (7): 1434-1446.