

Mesozooplankton Otlama Hızı Ölçümleri İçin Değiştirilmiş Seyrelme Denemeleri*

*Mert Sapancı, Baha Büyükişik, Uğur Sunlu, Sanem Sunlu

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

*E mail: mertsapanci@yahoo.com

Abstract: *Modification of dilution experiment for measurement of mesozooplankton grazing rate.* In the world, dilution technique is being used for measuring the grazing rate and growth rate of phytoplankton community since 1982. In this research increasing only mesozooplankton density depending on the same principles not much changing Landry's technique is put into practice. The aim of this research, getting mesozooplankton grazing rate as well as microzooplankton with adopting the reverse filtration technique into dilution technique in productive regions where mesozooplankton abundance is more and examining the advantages and disadvantages of the modified method in the examples of İzmir Bay. In the Yatch Port Station 1 to 6 weeks of mesozooplankton grazing periods can be observed; but on the other hand in Çiğli Station, 1 or 2 weeks of periods follow each other.

Key Words: İzmir Bay, Dilution Technique, Reverse Filtration Technique, mesozooplankton, phytoplankton, grazing.

Özet: Dünyada 1982'den beri fitoplankton topluluğunun potansiyel büyüme hızı ve otlama hızı ölçümleri için seyrelme tekniği kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Landry'nin tekniği çok fazla değiştirilmeden, aynı prensiplere bağlı kalınarak sadece mesozooplankton yoğunluğunu artırma yoluna gidilmiştir. Bu çalışmanın amacı, mesozooplankton abundansı (bolluk) fazla olan verimli bölgelerde ters filtrasyon tekniğinin seyrelme tekniğine adapte edilmesi ile daha geniş av konsantrasyonu (derişim) aralığında mikrozooplankton yanında mesozooplankton otlama hızlarının da elde edilmesi ve değiştirilen metodun avantaj ve dezavantajlarının İzmir Körfezi örneklerinde incelenmesidir. Yat Limanı istasyonunda 1 ile 6 hafta arasında değişen mesozooplankton otlama periyotları gözlenirken; Çiğli istasyonunda 1 veya 2 haftalık periyotlar birbirini takip etmektedir.

Anahtar Kelimeler: İzmir Körfezi, Seyrelme Tekniği, Ters Filtrasyon Tekniği, mesozooplankton, fitoplankton, otlama.

*Yüksek lisans tezinden alınmıştır.

Giriş

Seyrelme tekniği; partikülsüz su ile farklı derecelerde seyreltilen su örneklerinin, inkübasyonlarını (bekletme) kullanarak fitoplankton büyüme hızı ile mikrozooplankton otlama hızı ölçümlerinin ayrı ayrı hesaplanması tekniğidir.

Landry&Hassett (1982) tarafından ortaya atılan bu teknik zaman içinde geliştirilerek çeşitli araştırmacılar tarafından farklı amaçlarla kullanılmıştır. Gallegos (1989) bu tekniği model çalışması ile test etmiş ve mikrozooplanktonun hızlı üremesi durumunda karşılaşılabilecek durumlar ile ilgili olarak bilgi vermiştir. 2 yıl sonra Strom&Welschmeyer (1991); tekniği, pigment spesifik otlama hızlarının ve seçicilik indislerinin elde edilmesi için uygulamıştır. Gallegos ve Vant (1996) ¹⁴C inkübasyonları ile birlikte seyrelme metodunu, C/Chla oranlarını bulmak için kullanmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde Gaul&Antia (2001) yine pigment spesifik otlama hızlarının ve seçicilik indislerinin elde edilmesi için bu teknikten yararlanmışlardır. Diğer yöntemlere göre özellikle deney organizmaları üzerinde daha az manipülasyon (insan müdahalesi) gerektirmesi ve bir deneme serisinden fitoplankton komünitesi potansiyel büyüme hızı yada taxon-spesifik potansiyel büyüme hızı ile birlikte otlama hızı ölçümlerinin elde edilmesi gibi birtakım avantajlar sağlanmasından dolayı, sucul ekosistemde fitoplankton

büyüme hızını ve mikrozooplankton otlama hızını belirlemek amacıyla bu yöntem yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; mesozooplankton abundansının fazla olduğu verimli bölgelerde, mesozooplankton otlama hızının daha geniş av konsantrasyonuna imkan sağlayan yeni bir filtrasyon yöntemi ile elde edilmesi ve bu yöntemin geliştirilerek İzmir Körfezi sularında test edilmesidir.

Materyal ve Yöntem

Seyrelme tekniğinde; çeşitli seyrelme serilerinden elde edilen net büyüme hızları (k) seyrelmeye iki kabul yoluyla bağlıdır (Landry&Haset, 1982).

1) Fitoplankton büyüme hızı populasyon yoğunluğu üzerindeki seyrelme etkisinden bağımsızdır. Diğer bir değişle populasyon yoğunluğu üstel faz içinde kalmaktadır ve üstel fazda büyüme hızı sabittir.

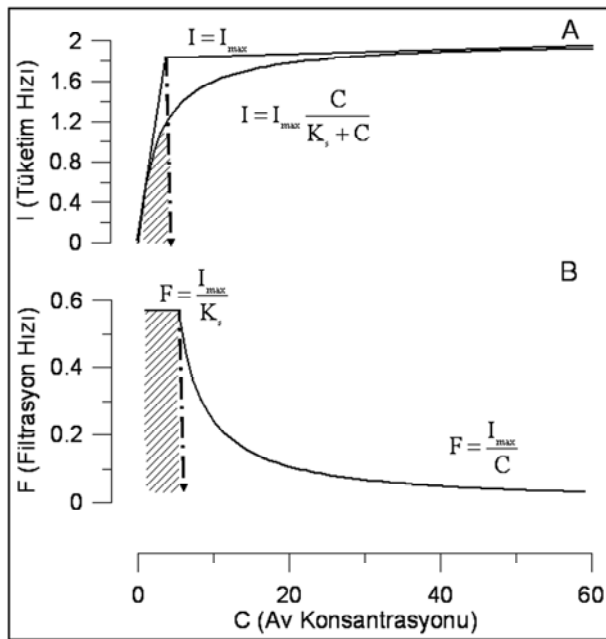
2) Mikrozooplankton otlaması ile oluşan fitoplankton mortalitesi (yani otlama), mikrozooplankton abundansı ile orantılıdır. Dolayısıyla seyrelme ile orantılıdır.

Populasyon büyümesinin üstel modeli dikkate alındığında seyrelme ile net büyüme hızı (k) arasındaki doğrusal bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Landry&Hassett, 1982).

$$k = \mu_0 - m D_i \quad (1)$$

Bağıntıdaki m ; otlama hızını (gün⁻¹), μ_0 ; fitoplankton potansiyel büyüme hızını, D_i ; seyrelme oranını (doğal deniz suyu kesrini) ifade etmektedir.

Birinci kabulde, fitoplankton abondansının büyüme grafiğinde üstel fazda olduğu ve seyrelme ile yine bu fazda kaldığı düşünülmekte ve üstel büyüme fazında hızın sabit olduğu bilinmektedir. Ayrıca klorofil a'nın geniş bir aralığında üstel fazda büyüme geçerlidir. Uygun olmayan şartlarda (yani çok düşük ve çok yüksek klorofil a konsantrasyonlarında) teori geçersiz olacaktır. İkinci kabulü yani otlama hızının seyrelme ile orantılı olarak değiştiği görüşünü ele aldığımızda, otlama hızını $m = P \times F$ şeklinde yazabiliriz. Burada; P ; otlayıcı abondansı, F ise otlayıcının filtrasyon hızı (Bireysel temizleme hızı)'dır (Frost 1972).



Şekil 1. Av konsantrasyonuna bağlı tüketim hızı ve filtrasyon hızı

Seyrelme yaklaşımında mikrozooplanktonun bireysel temizleme hızı sabittir; yani bireysel temizleme hızı besin konsantrasyonundaki seyrelmenin etkisinden bağımsızdır (Şekil 1 B, taralı alan). Genel olarak filtrasyon hızı tüketim hızına, tüketim hızı da av konsantrasyonuna bağlıdır ($F=f(I)$, $I=f(C, \text{av kons.})$); dolayısıyla tüm av konsantrasyonu skalası dikkate alındığında hem filtrasyon hızı (F) hem de tüketim hızı (I), av konsantrasyonu ile bağıntılıdır. Tüketim hızı-av konsantrasyonu grafiğinde görülen (Şekil 1A) eğride her bir tüketim hızı, kendisine tekabül eden av konsantrasyonuna bölünecek olursa ($F=I/C$) ferdi filtrasyon hızı elde edilmektedir. Eğimli doğru ile gösterilen bölgede (Şekil 1 A, taralı alan) hem tüketim hızı hem de av konsantrasyonu aynı oranda arttıkları için oranları sabit kalmaktadır. Nitekim bireysel filtrasyon hızları ($F=I/C$) bu bölgede sabittir (Şekil 1 B, taralı alan). Doygunluk noktasından sonra av konsantrasyonu artarken tüketim hızı maksimum değerinde ve sabit kalmaktadır.

Bundan dolayı oran yani F , hiperbolik olarak azalacaktır. Her iki grafikte bu bölgeler tekniğin geçersiz olduğu bölgeleri göstermektedir. Tüketimin av konsantrasyonuna bağımlılığı Michaelis-Menten denklemi ile ya da Rectilinear graf ile (Frost, 1972) verilebilir. Michaelis-Menten denkleminde yapılacak kabullerle Frost (1972)'un sonuçlarına ulaşılabilir.

$$I = I_m \frac{C}{K_s + C}$$

Michaelis-Menten Denklemi:

denkleminde I ; tüketim hızını, I_m ; maksimum tüketim hızını, K_s ; yarı doyumluk sabitini, C ise av konsantrasyonunu ifade etmektedir. Denkleminde C , K_s 'e göre çok küçükse, K_s 'in

$$I = I_m \frac{C}{K_s}$$

yanında C ihmal edilebilir. O zaman denklem şekline dönüşür ki bu da merkezden geçen eğimli doğrudur. Seyrelme tekniğinde eğrinin bu kısmı kullanılmaktadır. Diğer bir değişle teknik I_m 'a karşılık gelen av konsantrasyonuna kadar geçerlidir (Şekil 1 A). Eğer C , K_s 'den çok büyükse, C 'nin yanında K_s ihmal edilebilir. O zaman denklem $I=I_m$ şekline dönüşür, bu da Şekil 1 A'da yatay doğru ile ifade edilen denklemdir. Düşük besin konsantrasyonlarında filtrasyon hızını av konsantrasyonu cinsinden aşağıdaki gibi ifade edebiliriz

$$F = \frac{I}{C} = I_m \cdot \frac{C}{K_s + C} \cdot \frac{1}{C} = \frac{I_m}{K_s} \quad (2)$$

Yeterince yüksek besin konsantrasyonlarında filtrasyon

hızı, $F = \frac{I_m}{C}$ şekline dönüşür.

Düşük besin konsantrasyonunda spesifik otlama hızı ise

$$m = P \cdot F = P \cdot \frac{I_m}{C} = P \cdot \frac{I_m \cdot C}{K_s + C} \cdot \frac{1}{C} = P \cdot \frac{I_m}{K_s} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir.

Seyrelme yapıldığında hem av hem de otlayıcı aynı oranda seyrelecektir. Fakat parantez içindeki pay ve paydada bulunan C teriminin seyrelme oranları birbirini götürür. Sadece otlayıcı abondansını gösteren P teriminin yanında yer alacak olan seyrelme oranı (D_i) kalır.

$$\text{Seyrelme ile otlama } (mD_i) = P \cdot D_i \left(\frac{I_m C D_i}{K_s + C D_i} \cdot \frac{1}{C D_i} \right) = m D_i \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu denklemden anlaşıldığı üzere sadece otlayıcının seyrelmesi otlamayı etkilememektedir. Böylece tüm denklemi yazarsak net büyüme hızı, $k = \mu_0 - mD_i$ 'dir.

$$k = \frac{1}{\Delta t} \cdot \ln \frac{C}{C_0}$$

Büyüme hızı, k olup deneysel olarak klorofil ya da abondanstaki günlük değişim oranının \ln 'i ile bulunabilir. Seyrelme oranına karşı net büyüme hızı grafiği, azalan negatif eğimli bir doğrudur. Y eksenini kestiği nokta μ_0 , popülasyon büyüme hızını vermektedir. Eğim ise otlama hızıdır.

$$m = P \cdot F = P \cdot \frac{I_m}{C} = P \cdot \frac{I_m}{C}$$

Otlama denklemi: $m = P \cdot F = P \cdot \frac{I_m}{C} = P \cdot \frac{I_m}{C}$ şeklindedir.

Seyrelme ile; $m = P \cdot D_i \cdot \frac{I_m}{C D_i} = P \cdot \frac{I_m}{C} = m$ şekline dönüşür.

Seyrelme oranları birbirini götürürse otlamanın seyrelmelerden bağımsız olduğu bölgeyi gösterir. Böyle bir durumda Landry&Hassett (1982) tarafından verilen azalan doğruya uymayacaktır.

Ters filtrasyonda otlayıcı bolluğu artarken fitoplankton ve mikrozooplankton bolluğu değişmez. Çünkü 200µm bezden geçerler. Seyrelmenin 1'den büyük olduğu değerler (yani derişme) için otlama aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$m = \bar{P} \cdot F = \bar{P} \cdot \frac{I}{C}$$

$$m = \bar{P} \cdot D_i \left[\frac{I_m \cdot C D_i'}{K_s + C D_i'} \right] \cdot \frac{1}{C D_i'} \quad (5)$$

Formül 5'te C%100'nin seyrelme katsayısı (D_i) $\bar{P}_{\%100}$ 'ninkinden farklı olup D_i'=1'e eşittir ve sabittir. Burada D_i her ne kadar derişme olsa da seyrelmenin 1'den büyük değerleri olarak dikkate alınacaktır. Ters filtrasyonda mikrozooplankton otlaması, mikrozooplanktonun bolluğu seyrelmeden etkilenmediği için (<200µ) sabittir. Bu durumda yukarıdaki denkleme göre $k = \mu_0 - m_{\text{mikro}} - m_{\text{meso}} \cdot D_i$ olur. Yani tekrar, seyrelme ile net büyüme hızı (k) arasında farklı bir ilişki başlar. Ancak eğim ve kayma ($\mu_0 - m_{\text{mikro}}$) yer değişir, çünkü hem sabit mikrozooplankton otlaması hem de değişen mesozoplankton otlamasını içermektedir. Burada mesozoplanktonun büyüme hızı ihmal edilebilir. Mikro otlayıcıların büyüme hızı ise denemenin kısa süreli olmasıyla bir dereceye kadar elimine edilebilir. Seyrelmenin sıfırdan bire kadar olan kısmında eğer otlama doygunluğa ulaşırsa, diğer bir değişle hayvan yoğunluğu ile net büyüme hızı arasındaki ilişki bitirse ters filtrasyonla elde edilen 1'den büyük seyrelme oranlarında hayvan yoğunluğu ile net büyüme hızı arasında ilişki aşağıdaki formüle göre avcı konsantrasyonunun değişmesi nedeniyle tekrar başlamaktadır (D_i=1).

$$m = P D_i \left[\frac{I_m}{C D_i} \right] = \frac{P_{\%100} I_m}{C_{\%100}} D_i = m D_i \quad (6)$$

Çalışma kapsamında; İzmir İç Körfezi'nden 2 adet istasyon belirlenmiştir. Bunlardan 1 no'lu istasyon Karşıyaka Yat Kulübü Açığı (38° 26' 86"N, 27° 06' 56" E), 2 no'lu istasyon ise İzmir Büyük Kanal Projesi Arıtma Tesisi Deşarj Kanalı Açığı (Çiğli- 38° 25' 47"N, 27° 00' 05" E)'nda yer almaktadır. Örneklemeler diyaframlı pompa yardımıyla Aralık 2003'ten başlamak üzere haftalık olarak bir yıl boyunca gerçekleştirilmiştir.

Örnekler araştırma istasyonlarında 0.5m derinlikten diyafram pompa ile 20lt'lik PET bidonlar içine alınmıştır. Denemeler laboratuvarında in situ sıcaklığı benzetilmiş ortamda yapılmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler; deniz suyunun seyrelmelerde canlı içermemesini sağlamak amacıyla sifonlama yapılarak 0.22µm göz açıklığına sahip Sartorius

filtre kapsülünden geçirilmiştir. Fluorometre ile *in vivo* klorofil a konsantrasyonu ölçülerek test edilmiştir. Fluorometre ile klorofil a ölçümünde, fluorometrenin kalibrasyonu için bir gün önce alınan deniz suyu örneklerinin, trikolorometrik spektrofotometrik yöntem ile ölçülen klorofil a değerleri kullanılmıştır. *In vivo* klorofil a konsantrasyonları tüm şişelerde, Model 10 AU Turner Designs Field fluorometre kullanılarak, başlangıçta ve bir gün sonra ölçülmüştür. Seyrelme serileri olarak %20, %45, %70 ve %100 kullanılmıştır. Nutrient ilaveleri ise, İzmir Körfezi için f/2 ortamının 1/100'ü olacak şekilde yapılmıştır

Derişirme serilerini oluşturmak amacıyla toksik olmayan saydam plastik kovaya 20 lt deniz suyu alınmıştır. Deniz suyu içerisine; kenarlarında yüzdürücülüğü sağlamak üzere köpük eklenmiş, altı 200 µm bezle kaplanmış ters filtrasyon düzeneği yerleştirilmiştir. Silikon hortum kullanılarak sifon ile 200µm bez içeren kabin içindeki deniz suyu diğer bir kaba ters filtrasyon ile aktarılmıştır. Aktarılan su 3.33lt olduğunda sifon durdurulup, 20lt'lik plastik kova içersinden 4lt su deneme için alınmıştır (D_i=1.2). Sifonlamaya devam edilmiş ve 2.53lt su toplandığında yine kova içinden 4lt su deneme için alınmıştır (D_i=1.5). Aynı şekilde 1.53lt su uzaklaştığında tekrar kovadan 4lt su örneği alınmıştır (D_i=2). Denemeler iki seri olarak uygulanmıştır. Alınan örnekler seyrelme tekniğinde olduğu gibi inkübe edilmiş, başlangıçta ve bir gün sonra klorofil a ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 1. Derişirme protokolü.

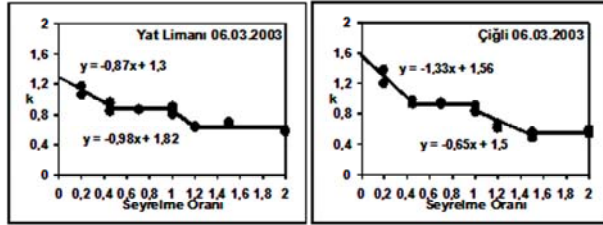
	20xl=1.2 V	12.67xl.2=1.5V	6.14xl.5=2V
Başlangıç	20 lt	12.67 lt	6.14 lt
Filtre edilen miktar	3.33 lt	2.53 lt	1.53 lt
Kalan örnek hacmi	16.67 lt	10.14 lt	4.61 lt
Alınan su	4 lt	4 lt	4 lt
D_i	1.2	1.5	2.0

Bulgular

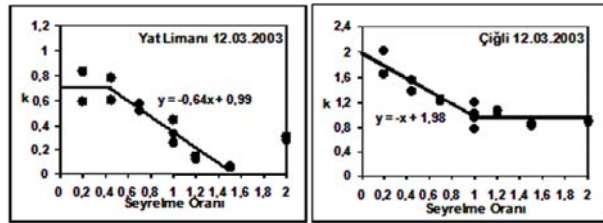
Toplam otlamayı belirten seyrelme tekniği ile birlikte mesozoplankton deriştirilmesini kapsayan ters filtrasyon tekniğinin sonuçları şekil 2,3 ve 4'te verilmiştir. Seyrelme oranının 1'e kadar olan kısmında gözlenen doğruların eğimi toplam otlamayı gösterirken, bu bölümdeki yatay doğru ise besin (av) konsantrasyonundaki yoğunluk nedeniyle otlamanın saturasyona ulaştığını ifade etmektedir. Seyrelme oranının 1'den sonra gözlenen kısmında; doğruların eğimi mesozoplankton otlamasını açıklamaktadır. Bu bölümdeki yatay doğrunun ise mikrozooplankton büyüme hızının olumsuz etkisini (Gallegos 1989) veya hayvan yoğunluğunun yarattığı stresi yansıttığı düşünülmektedir.

6 Mart tarihi örneklemede Yat limanı istasyonunda tüm otlamanın mesozoplanktondan kaynaklandığı anlaşılmakta, ±0,1 gün⁻¹ hata aralığında toplam otlama ve mesozoplankton

otlaması eşit kabul edilmektedir. Çiğli istasyonunda ise mikrozooplankton otlamasının yanında mesozooplankton otlamasının da olduğu görülmektedir (Şekil 2).

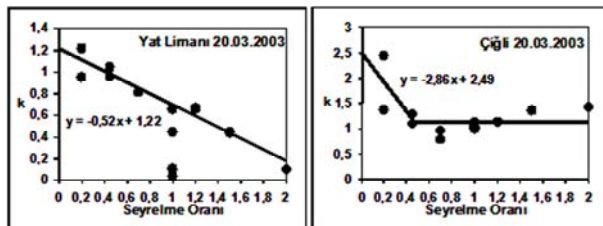


Şekil 2 06.03.2003 tarihinde Yat Limanı ve Çiğli istasyonlarından alınan su örneklerine uygulanan seyrelme ve deriştirme serilerinden elde edilen net büyüme hızlarının (k) doğal deniz suyu kesri ile değişimi.



Şekil 3 12.03.2003 Yat Limanı ve Çiğli istasyonlarından alınan su örneklerine uygulanan seyrelme ve deriştirme serilerinden elde edilen net büyüme hızlarının (k) doğal deniz suyu kesri ile değişimi.

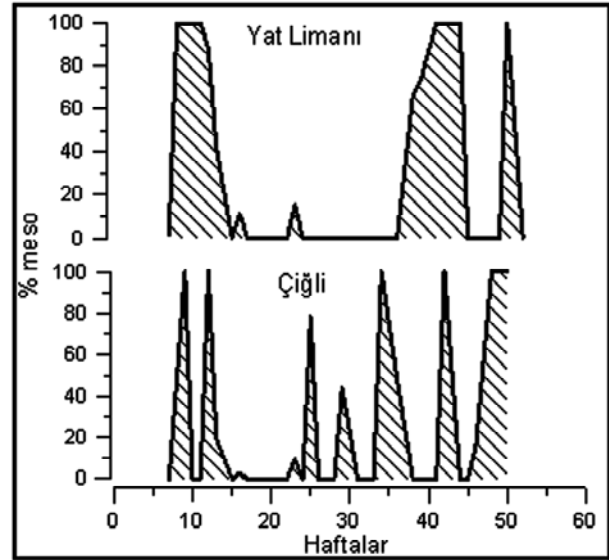
%45 seyrelme oranına kadar bir otlama eşiği bulunan Yat limanı istasyonundan elde edilen 12 Mart tarihli örneklemede tamamen mesozooplankton aktivitesinden kaynaklanan 0,64 gün⁻¹'lik otlama hızı görülmektedir. Çiğli istasyonu ise tamamen mikrozooplankton otlamasının bulunduğu durumu ifade etmektedir (Şekil 3).



Şekil 4 20.03.2003 Yat Limanı ve Çiğli istasyonlarından alınan su örneklerine uygulanan seyrelme ve deriştirme serilerinden elde edilen net büyüme hızlarının (k) doğal deniz suyu kesri ile değişimi

20 Mart tarihli örneklemede Yat limanında gözlenen durum tamamen mesozooplankton otlama aktivitesine örnek olarak verilebilir. Çiğli istasyonunda ise mikrozooplankton otlaması görülmektedir. Bunun yanında %45'lik seyrelme serisinden itibaren av doyunluğunun ortamda bulunduğu söylenebilir (Şekil 4).

Grafiklerde $D_i=1$ 'den daha büyük değerlerde gözlenen doğrusallıktan sapma mesozooplanktonun yeni durum için adaptasyon sürecinden kaynaklanabilir. Bu durumda ters filtrasyon hızının düşürülüp, yüzeyin artırılması gereklidir; yani akım yavaşlatılıp stres azaltılmalıdır. Mesozooplanktonun bir hafta görülen otlamasının diğer haftada görülmemesi, ortamdan süpürülme etkisinin de varlığını göstermektedir.



Şekil 5 Yat Limanı ve Çiğli'de mesozooplankton otlama yüzdesinin yıl boyunca haftalık değişimleri

İstasyonlardaki mesozooplankton otlamasının zamana bağlı değişimleri incelendiğinde (Şekil 5), Yat Limanı'nda 1 ile 6 hafta arasında değişen mesozooplankton otlama periyotları gözlenirken; Çiğli'de genelde 1 veya 2 haftalık periyotlar birbirini takip etmektedir. Alg büyümesi mikrozooplankton ve mesozooplankton otlaması tarafından kontrol edilmektedir. Mikrozooplanktonun çoğalması eğri eğiminin değişmesine neden olabilir, böylece seyrelme serisi %100 olan, nutrient ilavesi yapılmış örneklerin değerleri beklenenden daha yukarıda olmaktadır. Ayrıca ortamdaki mikrozooplanktonun dağılımı da önem taşımaktadır. Bazı kaplarda hiç bulunmazken diğer kaplarda bol olabilir.

Tartışma ve Sonuç

Doğadaki biyolojik süreçlerin bilinmesi; bunların kontrolüne imkan sağlaması nedeniyle oldukça önemlidir. Birincil üretimin kayıp süreçlerinden bir tanesi olan otlamanın da bilinmesi besin zinciri için önem taşımaktadır. Ortamdaki otlama etkisinin belirlenmesi, balık ve diğer ekonomik trofik seviyeler için birincil üretimin akıbeti hakkında bilgi vermektedir (Leising ve diğ., 2005).

Seyrelme denemelerinde çoğunlukla mikrozooplankton ile çalışılmaktadır. Çünkü mesozooplankton sayısı m^3 'te 3–5

adet olabilmektedir. m^3 'teki sayısının az olması denemeler için alınan su örneklerinde bulunmamasına neden olabilir. Bu nedenle her ne kadar mesozooplankton otlamasının belirlenmesinde 2.7 lt'lik hacimlerle çalışmak pek çok bölge için yetersiz olsa da, verimli bölgelerde yüksek mesozooplankton bollukları yılın belirli zamanında böyle bir çalışmaya imkan vermektedir. Az olduğu bölgelerde ise mesozooplankton otlaması ihmal edilebilir (Büyüksık ve diğ., 2001). Mesozooplankton otlamasının fitoplankton büyümesini kontrol altına alabilmesi mesozooplanktonun 15 gün olan jenerasyon süresi nedeniyle her zaman mümkün olmamaktadır. Ancak en az haftalık yapılacak çalışmalar ile yıl boyunca mesozooplankton otlamasının ve öneminin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Nitekim İzmir Körfezi'nde her iki istasyonda da yılın %20'sinde mesozooplankton otlaması büyük öneme sahiptir. Yapılan ilave değişikliğin seyrelme yerine deriştirme olması ve böylece mesozooplanktonun sayısının artması denemenin başarısı açısından olumlu bir etki yaratmaktadır. Ayrıca ters filtrasyon ile deriştirme, av ve mikrozooplankton konsantrasyonlarını deriştirmemekle birlikte fitoplankton büyümesinin durgunluk fazına girmesi olasılığını da elimine etmektedir. Bu metotta mikrozooplankton otlaması da sabit bir terim olarak kalmaktadır.

Mesozooplankton otlama hızını hesaplamak için birçok metot geliştirilmiştir. Bu metotlar pigment analizine bağlı hızlı ve kaba hacim metodundan, daha ayrıntılı zamana bağlı mikroskopik çalışmalara kadar uzanan derişimler göstermektedir (Bamstedt ve diğ., 2000). Hem avcı hem de avın belirleyicilerinin kullanıldığı çift etiketleme metodu in situ zooplankton omnivorluğu verilerini verir (Roman&Ruble, 1981; Roman&Gauzens, 1997). Bu metot, hem seçici beslenme hakkında detaylı bir bilgi vermemekte hem de alg üzerine otlama sadece gündüz hesaplanabilmektedir (Roman&Ruble, 1981). Birçok zooplankton türünün en yüksek otlama aktivitesini gece boyunca gerçekleştirdiği düşünüldüğünde, bu teknik ile özellikle büyük boyutlu alg türleri ve mikrozooplankton üzerindeki otlama hızında belirgin bir eksik hesaplama söz konusudur. Bu nedenle doğal planktonun günlük otlamasının hesabında kullanılan metotların 24 saatlik bir periyotta uygulanması gereklidir (Nejstgaard ve diğ., 2001).

Şişe inkübasyonlarında uzaklaştırılan partikül materyalin analizi son zamanlarda non pigment taksanın direk tüketim hızının hesabında tek uygun metottur (Bamstedt ve diğ., 2000). Şişe inkübasyonlarındaki problem ise av süspansiyonlarının birçok farklı trofik seviyelerden olmasıdır. Bu da doğal planktonun daha düşük belirlenmesine ya da bazı durumlarda mesozooplankton otlama hesaplamalarının negatif olmasına neden olmaktadır. Ancak negatif otlama verileri imkânsızdır. Bu durumlar genellikle ihmal edilir ya da eğer nutrient etkisi ile açıklanamaz ise o av üzerinde düşük otlama hızı bulunduğu şeklinde kabul edilir (Nejstgaard ve diğ., 2001). Denemelerde, nutrient ilave edilmemiş örneklerde nutrient sınırlaması gözlenmez ise, fazla seyreltilen örneklerde nutrient sınırlaması yerine algin adaptasyon fazından üstel

faza geçemediğini söylemek daha doğrudur. Bunun yanında, nutrient ilavesi yapılmamış örneklerde değer yüksek ise, ilave edilen nutrient inhiye edici etki yaratabilir. Zooplankton sayısının artması ile oluşan hayvan yoğunluğu, stres faktörünün oluşmasına neden olmaktadır. Bu stres faktörü net büyüme hızı ile seyrelme arasındaki ilişkinin durmasına yol açmaktadır. Bu da, hayvan yoğunluğunda artış ile bağlantılı olarak hayvanın metabolik faaliyetlerinin hiperbolik olarak azalması ile açıklanabilir (Büyüksık&Koray, 1989).

Ege Denizi'nde Gökova Körfezi'nde yapılan bir çalışmada (Büyüksık ve diğ., 2001) çok düşük mesozooplankton otlama hızları oligotrofik bir besinsel yapıyı ortaya koymaktadır. Oligotrofik sistemlerde mikrobiyal çevrim daha önemli hale gelmektedir. İzmir Körfezi'nde de mesozooplankton otlamasının ancak yılın %20'sinde etkin olması mikrobiyal çevrimin daha önemli olabileceğini göstermektedir. Mesozooplanktonun yeterince bol olduğu eutrofik bölgelerde ilkbahar ve sonbahar aylarında 3 litrelik hacimlerde haftalık örneklemler ile bu yöntem uygulanabilir görülmektedir.

Kaynakça

- Bamstedt, U., D.J. Gifeord, X. Irigoien, A. Atkinson, M. Roman. 2000. Feeding. In: Haris R, Wiebe P., Lenz J., Skjoldal H. R., Huntley M. (eds) ICES zooplankton methodology manual. Academic Pres, London, 297-399.
- Büyüksık, B., H.A. Benli, G.T. İçemer, H.G. Aydın, and E. Erduran. 2001. Phytoplankton growth and some factors which effect the growth rate in Gökova Bay. (in Turkish), IV. National Ecology and Environmental Congress, 5-8 October 2001, Bodrum.
- Büyüksık, B., T. Koray. 1989. A comparison of ammonia excretion rates in different artemia strains. Journal of Faculty of Science Ege University Series B. Vol. 11. Nr. 2.
- Frost, B.W. 1972. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus Pacificus*. Limnol. Oceanogr. Vol. 17, No. 6, p. 805-815.
- Gallegos, C.L. 1989. Microzooplankton grazing on phytoplankton in the Rhade River, Maryland: non linear feeding kinetics. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol.57: 23-33.
- Gallegos, C.L., W.N. Vant. 1996. Microzooplankton grazing of phytoplankton in Manukau Harbour, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, Vol.30:423-434.
- Gaul, W., A.N. Antia. 2001. Taxon-specific growth and selective microzooplankton grazing of phytoplankton in the northeast Atlantic. Journal of Marine Systems, 30: 241-261.
- Landry, M.R., R.P. Hassett. 1982. Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. Mar. Biol. 67: 283-288.
- Leising, A., W., R. Horner, J.J. Pierson, J. Postel, and C. Halsband-Lenk. 2005. The balance between microzooplankton grazing and phytoplankton growth in a highly productive estuarine fjord. Progress in Oceanography 67 (2005) 366-383.
- Nejstgaard, J.C., L.J. Naustvoll, and A. Sazhin. 2001. Correcting for underestimation of microzooplankton grazing in bottle incubation experiments with mesozooplankton. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol.221: 59-75.
- Roman, M.R., A. L. Gauzens. 1997. Copepod grazing in the equatorial Pacific. Limnol. Oceanogr., 42(4), 1997, 623-634.
- Roman, M.R., P.A. Ruble. 1981. A method to determine in situ zooplankton grazing rates on natural particle assemblages. Mar. Biol. 65: 303-309
- Strom, S.L., N.A. Welschmeyer. 1991. Pigment-specific rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing in the oceanic Subarctic Pacific. Limnol. Oceanogr., 36: 50-63.