

Su Ürünleri Dergisi J.Fish.Aquat.Sci.	Cilt No.18/1 Vol.18/1	Özel Sayı Suppl.	25 - 32 25 - 32	İzmir – Bornova 2001 İzmir – Bornova 2001
--	--------------------------	---------------------	--------------------	--

## Sahra Tozlarının Denizlerde Alg Patlamasına Etkisi

A. Cemal Saydam<sup>1</sup> Hamide Zorlu Şenyuva<sup>1</sup> İncigül Polat<sup>1</sup>  
Meltem Conk Dalay<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TÜBİTAK, Atatürk Bul. No:221 Kavaklıdere, 06100, Ankara, Türkiye.

<sup>2</sup> Ege Üniv., Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

**Abstract :** *Effect of Sahra dusts on algal blooms in the sea.* In nature, Iron exists in the form of +3 oxidation state, and this form cannot readily be utilized by the organisms. During the long range transport of desert origin matrix, its biological content may contact with water droplet exists within the cloud and the fungal content became active, releasing oxalate to the surroundings as an osmosolute resulting with the formation of iron oxalate. Subsequent decarboxylation reaction may further release one mol of reduced Iron one mol of Carbon Dioxide and one mol of Carbonyl radical, provided that the solar insolation is adequate to sustain the reaction mechanism at a given latitude. Upon wet precipitation over the ocean surface such depositions enhances various algae populations that may vary with the chemical composition of the receiving body but definitely enhancing the bloom/high concentration of *Emiliania huxleyi*. The particular shell structure of this alga reflects solar radiation at visible wavelength at their detachment stage that takes places week after the wet precipitation and can be detected by various satellite sensors due to their solar light reflection properties. Amongst various applications, the impact of artificially irradiated Saharan dust samples used to study the possible impact on the growth of *Spirulina*, and positive results have been obtained.

**Key Words :** Saharan Dust, Atmospheric Transport, Fungis and Bacterias, Photochemical Reduction, Algae Bloom, Spirulina.

**Özet :** Demir tabiatında +3 oksidasyon halinde bulunur ve bu hali ile organizmalar tarafından anında kullanılamaz. Tabiatın kullanabileceği demir +2 oksidasyon halindedir ancak bu haldeki demir ise çok kararsızdır ve hemen kullanılmak durumundadır. Çöl kökenli tozların içerdiği mantar ve bakteri fraksiyonunun tozun taşınması sürecinde bulut içerisinde su ile temas etmesi sonucunda ortama okzalit çıkarması ve ortamda bulunan kil mineraline yapışması ile demir okzalit bileşiği oluşur. Güneş enerjisinin yeterli seviyede olması halinde demir okzalit dekarboksilasyon reaksiyonu sonucunda ortama bir mol indirgenmiş demir, bir mol karbon dioksit ve bir mol dekarbonil radikali çıkarır. Bu haldeki bulutun gündüz vakti yağışla denize inmesi sonucunda alıcı ortam şartlarına bağlı olarak çeşitli alg patlamalarına yol açar. Özellikle *Emiliania huxleyi* olarak adlandırılan ve tamamen kalsiyum karbonat kabuklardan oluşan algin bir haftalık gelişme süreci sonucunda kalsiyum karbonat içeren kabuklarının ayrışması ve bu dönemde güneş ışığını aşırı derecede yansıtması bu alg patlama alanlarının uydular tarafından da tespit edilmesine olanak tanır. Çeşitli uygulamaların yanı sıra ışınlandırılan Sahra tozlarının etkisi *Spirulina*'nın gelişimine etkisi de incelenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Sahra Tozu, Atmosferik Taşınım, Mantar ve Bakteriler, Fotokimyasal İndirgenme, Alg Patlaması

## Giriş

Çöl kökenli tozların sinoptik ölçekli meteorolojik olaylar sonucunda atmosferde taşınımı, izlenmesi ve örneklenmesi uzun zamandan beri yapılan bir uygulamadır. Yapılan çalışmalar Sahra kökenli tozların özellikle bahar mevsiminde ülkemizi etkilediği ve senelik ortalamasının 20 milyon ton gibi rakamlara ulaşabildiğini göstermiştir (Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay, 1995). Saydam (1996)'da bahsedildiği üzere Sahra kökenli tozların belirli şartlarda alg patlamalarına yol açabildiği öne sürülmüş bu görüş Saydam ve Polat (1999) tarafından da örnekleri ile gösterilmiştir. Gurzoni ve diğ. (1999) bu teori "Cemiliana hypothesis" olarak bir kez daha irdelenmiş bulunmaktadır.

Detayları Saydam ve Şenyuva (2001)'de verilen teori Sahra kökenli tozların belirli şartlarda bulut içerisinde Fe(II) oluşturabildiğini bunun yanı sıra ortama Zn ve Mn da çıkabildiğini ve bu süreçte gündüz vakti oluşan yağışların da deniz yüzeyinde özellikle *Emiliana huxleyi* (*Ehux*) patlamasına yol açtığını göstermiştir. Saydam ve Şenyuva (2001), çöl kökenli tozların bulut içerisinde indirgenmiş demir oluşumu ile sonlanan reaksiyonun en önemli halkasının mantar ve bakterilerin hücresel aktiviteleri sonucunda oluşan okzalot olduğunu göstermişlerdir. Atmosferde varlığı bilinen ve endüstriyel kaynaklara dayandığı varsayılan okzalotun biyolojik kökenli olarak oluşabildiği bilebildiğimiz kadarı ile ilk kez Saydam ve Şenyuva (2001) tarafından ortaya atılmaktadır. Çeşitli uluslararası merkezlerce yürütülen NMC Eta toz modeli çalışmaları ile Sahra kökenli tozların muhtemel taşınım yolları üç gün önceden tahmin edilebilmektedir. Bu denli model çıktılarını <http://icod.org.mt> adresinden ulaşabilmek

mümkündür. Gelişen uzay teknolojisi bu izleme programlarına çok daha değişik boyutlar getirmiş ve toz taşınımının global ölçekte rahatlıkla izlenebilmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde SEAWIFS uydusu toz taşınımının boyutlarını günlük olarak net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu uydu verilerine, [http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs\\_browse.pl](http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl) veya <http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/satellite/seawifs> adresinden ulaşmak mümkündür.

Bilim dünyası toz taşınımını sadece kuru toz olarak algılamış ve izlenmesindeki zorluklar nedeni ile toz bulut ilişkisine gerekli önemi vermemiştir. Bu bildiride Saydam (1996) tarafından ortaya atılan ve daha sonra *Cemiliana hipotezi* olarak adlandırılan yaklaşımın geçerliliği örneklerle gösterilecektir. (Guerzoni ve diğ., 1999) Tabiatla +3 halde bulunan ve hemen kullanılmaya hazır olmayan demir, Sahra kökenli tozların içerisindeki özel mineralojik yapısı ve bulut içerisindeki fotokimyasal indirgenme reaksiyonu sonucunda +2 hale indirgenmekte veya yağışla birlikte yerküreye bu halde inebilmektedir. Bu amaçla yapılan örneklemeler gündüz vakti yağmur suyu içerisinde kullanılabilir demirin varlığını göstermiştir Ozsoy ve Saydam (2001). Kullanılabilir demirin gündüz vakti deniz ortamına inmesi halinde, alıcı ortamın besin tuzu oranlarından bağımsız olarak, alg patlamasına neden olmaktadır. Bu alg patlaması özellikle ortama aşırı miktarda DMSP salabilen ve kalsiyum karbonat kabukları olan (*Ehux*) patlaması şeklinde olmaktadır. Uzun senelerden bu yana yörüngede olan NOAA TIROS serisi uydularda bulunan AVHRR algılayıcıları da *Ehux* patlamalarını optiksel yansıma özellikleri nedeni ile algılayabilmektedir. (Ackleson ve Holligan, 1989) Normalde güneş ışığını yansıtma kapasitesi zayıf

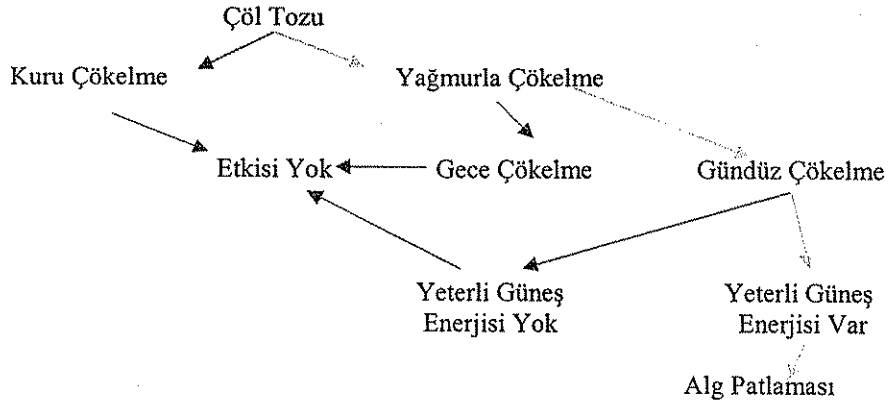
## Sahra Tozlarının Denizlerde Alg Patlamasına Etkisi

olan okyanus yüzeyi *Ehux* patlamaları döneminde, *Ehux*'ı oluşturan ve çapı 1 mikron büyüklükte olan kalsiyum karbonat kabukların güneş ışığını yansıtma nedenine bağlı olarak yansıtma katsayısını %25 arttırabilmektedir (Holligan ve diğ,1993). NOAA AVHRR algılayıcısının görünür dalga boyunda olan 1 ve 2 kanalları, belirli yörüngelerde ve güneş ışığı altında bu yansımayı algılayabilmekte ve *Ehux* patlamalarının alansal dağılımını bu algin 15 günlük hayat evresinde sadece kokolitlerini yaymaya başladığı 6 ve 7 günlerinde takip edilebilmektedir (Balch ve Holligan,1994). Bilim dünyasını günümüze kadar yanıltan olgu da bu gecikme nedeni ile oluşmuş ve deniz bilimciler patlamanın olduğu günün deniz koşullarını patlamanın nedenleri olarak almışlar ve tabiki herhangi bir sonuca ulaşamamışlardır. Dip çamuruna büyük miktarlarda kalsiyum karbonat taşıyabilen bu alg karbon dengesi yanı sıra ortama

saldığı DMSP ile de iklim üzerinde etkili olmaktadır. Deniz ortamından atmosfere çıkan DMSP, DMS, MSA aracılığı ile Sülfatla sonuçlan bu döngü bulut oluşturmaktadır (Holligan ve diğ, 1993; Charlson ve diğ, 1987) . Bulutların Güneş ışığını yansıtma özelliği nedeni ile de dünyanın yansıtma katsayısı artmakta ve iklim üzerinde etkili olmaktadır. Saydam(1996) tarafından ortaya atılan bu ilişki bilim dünyasında ilk kez Türk bilim adamları tarafından ortaya atılmış olup insanlığa iklimlerle oynayabilme olanağını sunmaktadır. Teorinin esası olan ve tabiatın şans olarak birleştirebildiği toz, bulut, ve güneş ışığını uygun zamanda uygun yerde ve istenilen süreçte gerçekleştirebilecek teknolojiye sahibiz.

### 2. Teorinin Tanımlanması:

Cemiliana teorisini şu şekilde ifade edebiliriz.



Şekilden de görüleceği gibi teori yeterli güneş enerjisinin olduğu enlemde toz bulutun birleşmesini ve gündüz vakti yağmurla deniz ortamına inmesini gerektirmektedir. Uydu algılayıcıları ise bu patlamayı tohumlamadan veya yağışın olduğu tarihten 6 ile 7 gün sonra ve eğer

gökyüzünde bulut yoksa algılayabilmektedir.

### 3. Örnekler:

Teoriden hareket ederek yerkürenin herhangi bir yerinde oluşan ve *Ehux* alg patlamasının çöl kökenli tozlarla ilintili

olması gerekmektedir. Kuzey yarım kürenin ve yerkürenin en büyük çölü olan Sahra'ya yakın alanlarda çöl tozunun etkisini beklemek doğal olabilmektedir. Ancak Kanadanın kuzeybatısında Newfoundland adası açıklarında Sahra çölü etkisini beklemek pek te doğal karşılanmamaktadır. Bu bölgede de neredeyse her sene Temmuz ayında Ehux patlaması izlenmektedir. 16 Temmuz 1999, 20 Temmuz 2000 ve yine 20 Temmuz 2001 geçen üç sene içerisinde Sekil 1a,b,c'de gösterildiği üzere neredeyse aynı bölgede uydu aracılığı ile izlenen alg patlamaları oluşumu göstermiştir. Bu alg patlamalarının nedeni halen bilinmemekte ancak aynı bölgede değişik yerlerde oluşmaları çeşitli karasal nedenlere ve akıntılara bağlanabilmektedir. Uyduların alg patlamalarını tesbit edebildikleri bulutsuz ve dolayısı ile güneşli günler bilim dünyasını yanlış yönlendirmekte ve bu oluşumlar ile güneş ışığı arasında bir bağlantı varmış izlenimi vermektedirler. Cemiliana teorisinin geçerli olması için bu patlama tarihlerinden 6 ila 7 gün öncesinde patlama olan alanın üzerinde çöl kökenli tozların gündüz vakti ve yağmurla deniz yüzeyine inmesi gerekmektedir.

Bölgedeki meteorolojik durumu NOAA olanakları kullanarak izlemek mümkün olabilmektedir.

<http://www.arl.noaa.gov/ready.html>

adresinden yerkürenin herhangi bir yerine ait arşiv hava durumunu istenilen bölgeye etki eden hava durumunun kaynaklandığı bölgeyi 10 gün geriye giderek bulabilmeyi hesaplamaya yarayacak programlama yapılabilmektedir.

Örnek olarak bu üç patlamadan en yakın tarihli olan 20 temmuz 2001 patlamasına ve teorisinin geçerliliğine daha detaylı olarak bakalım.

Şekil 1c'de Newfoundland adası kuzeyinde Ehux patlamasının varlığını kanıtlayan Seawifs uydu verisi gösterilmektedir. Şekil 2'de de SEaWIFS uydularının Ehux patlamaları için işlenmiş görüntüsü 20-27 Temmuz 2001 tarihleri aralığını kapsayacak şekilde verilmektedir. Her iki görüntü de bölgede Ehux patlamasının olduğunu kanıtlamaktadır.

Cemiliana teorisinin geçerliliğini koruması için patlamanın görüldüğü bölgede, 20 Temmuz 2001 tarihinden 1 hafta önce gündüz vakti Sahra kökenli tozların, yağmurla deniz ortamına inmesinin kanıtlanması gerekmektedir.

12-15 temmuz 2001 tarihlerinde anılan bölgedeki meteorolojik koşullar Şekil 3'te verilmektedir. Bu Meteogram 20 Temmuzdan tam bir hafta önce anılan bölgede gündüz vakti yağışın varlığını ve rüzgarların güneyli olduğunu kanıtlamaktadır. Yerden 3000, 1500 ve 1000 metre yükseklikteki hava koşullarının anılan bölgeye ulaşmadan önce süpürdükleri izin saptanması amacı ile yapılan on günlük "Backtrajectory" analizleri Şekil 4'te verilmiştir. Yapılan analizler anılan bölgeyi etkileyen hava koşullarının kuzeybatıdan ve güneyden geldiğini kanıtlamaktadır. 1000 mBar seviyesindeki havanın 2-3 Temmuz günlerinde Atlantik üzerinde olduğu görülmektedir. Şekil 5'te de 2 Temmuz gününe ait TOMS uydusunun Aeresol analizi sonucu verilmektedir. Bu şekilde de Sahra kökenli toz kütlesinin Atlantik Okyanusu üzerindeki varlığı net bir şekilde izlenmektedir.

Bir başka deyişle Ehux patlamasının olduğu bölgede, Cemiliana teorisinin tüm gerekleri karşılanmış durumdadır. Bu

## Sahra Tozlarının Denizlerde Alg Patlamasına Etkisi

durum 1999 ve 2000 seneleri için de aynen geçerlidir Saydam (2001).

### 4. Spirulina Uygulaması:

Çöl kökenli kumların denizlerde fitoplankton patlamalarına sebep olduğu gözlemlerle tesbit edilmiştir. Mavi-yeşil alglerden Spirulina, bazik özellikteki sodyum bikarbonat bakımından zengin göllerin karakteristik organizmasıdır ve gerek yüksek protein kompozisyonu gerekse içeriğinde bulunan vitaminler, glikojenler, fikosiyanın,  $\beta$  karoten v.b. diğer kimyasallar nedeni ile insan ve hayvan sağlığı için kullanılan, ekonomik değeri yüksek bir algdir. Bu çalışmada Sahra tozunun *Spirulina platensis*'in gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir. Deney için *Spirulina platensis*'in seçilmesinde, bu algin çeşitli çevresel ve biyokimyasal ortam farklılıklarından nasıl etkilendiğinin çok iyi çalışılmış olması ve

Ege Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (EBİLTEM) 'de özel sektör işbirliği ile üretime yönelik faaliyetlerde bulunulması etken olmuştur. Bir ön çalışma niteliğindeki bu deneme ile ilgili bilgilerde çöl kumunun fitoplankton gelişimine etkisi görülmektedir.

### Materyal ve Yöntem

20 gr Sahra tozu, 1lt çeşme suyuna ilave edildi. Manyetik karıştırıcı ile 1 saat 500 Watt'lık bir halojen ampul ile aydınlatılmak sureti ile karıştırıldı (Şekil. 1). Daha sonra buzlu su içinde soğutularak kültüre ilave edildi. Sahra tozu içeren kültür ortamı, solüsyon a olarak isimlendirildi. Solüsyon b : çeşme suyu, kontrol olarak kullanıldı. Solüsyon c ise Spirulina kültürleri için kullanılan bir sentetik ortam olan Zarrouk ortamı idi.



Şekil 1. Sahra tozu Solüsyonunun (a) hazırlanması.

**pH:** Solüsyon a'nın pH'ı , çalışma başında 7.5 olarak tespit edildi. Solüsyon b 'nin pH'ı 7, Solüsyon c' nin pH'ı ise 8 olarak tesbit edildi. Deney sonunda fotosentez ile artan pH, Solüsyon a ve b'de 11, solüsyon c'de ise 10 olarak bulunmuştur.

**Işıklandırma :** Floresans ışığı ile 24 saat ışıklandırma uygulanmıştır.

**Karışım:** Alg kültürlerinde karışım, bir hava motoru ile sürekli havalandırma yapılarak sağlanmıştır.

**Deney:** 500 ml lik serum şişelerine 100 er ml saf kültür konulmuş ve 100 er ml ortam ilave edilmiştir. 8-13 Haziran arası & gün boyunca Naubauer sayma kamarası

ile filament sayımları yapılarak kaydedilmiştir. 14 Haziran'da kültürlere 200 er ml daha ortam ilavesi yapılmış ve aynı şekilde 19 Haziran'a kadar takip edilmiştir.

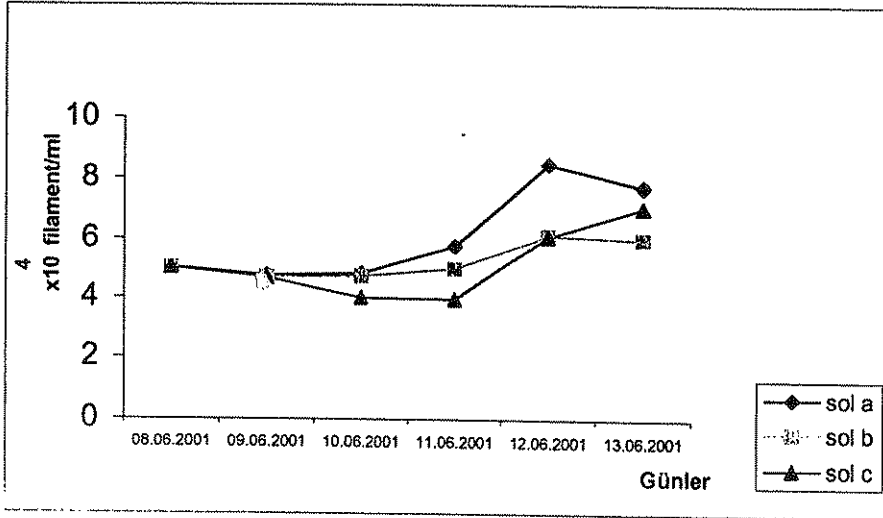
**Bulgular:** Deney sonucunda her iki periodda da Solüsyon a daha iyi üreme göstermiştir.

Solüsyon a: Çeşme suyuyla hazırlanmış Sahra kumu

Solüsyon b: Çeşme suyu

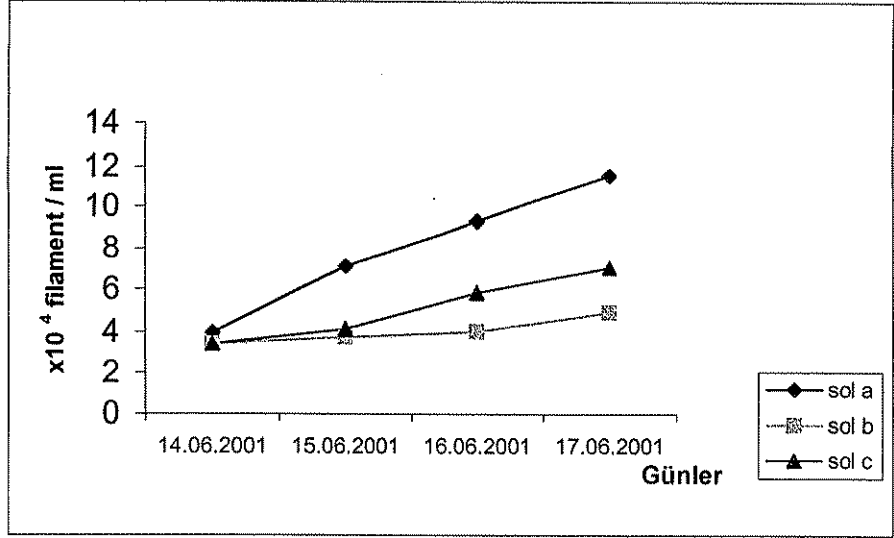
Solüsyon c: Çeşme suyuna hazırlanmış Zarrouk.

Kültürlerin başlangıç hacmi: 200'er ml.



Şekil 2. 3 Farklı ortamın ilk dönem grafikleri

### Sahra Tozlarının Denizlerde Alg Patlamasına Etkisi



Şekil 3. 3 Farklı ortamın ikinci dönem grafikleri

14 Haziranda kültürlerden 100 ml alındı, üzerlerine 100 ml daha daha kendi ortamlarından ilave edildi.

#### Sonuç

Sahra tozlarının içerdiği özel mineralojik bakteriyolojik yapı nedeni ile sahradan kalkan tozların güneş enerjisinin yeterli olduğu bölgelerde bulut içerisinde fotokimyasal indirgenme sonucunda ortama Fe(II) çıkarması esasına dayanan Cemiliana teorisi global anlamda geçerliliği olan bir yaklaşımdır. High Nutrient Low Chlorophyll HNLC bölgelerinde görülen alg eksikliğinin

denize yapay olarak demir eklenmesi ile giderilebildiği ve denizlerde aşırı alg patlamasına yol açtığı defalarca kanıtlanmış bir olgudur. Laboratuvar ölçeklerinde de çeşitli alglerin yetiştirilmesinde de aynı başarılı sonuçların elde edilmiş olması, güneş enerjisinin yeterli olduğu bölgelerde bulut içerisine Sahra kökenli tozların yapay olarak uçaklar ile serpilmesi ve sonuçta Fe(II) açısından zenginleşmiş olan yağışın denizlere inmesi sonucu alg patlamasına ve dolayısı ile balık üretimine olumlu katkılarda bulunabileceğini göstermektedir.

### Kaynakça

- Ackleson, S. G. and Holligan, P. M., 1989. AVHRR Observations of a Gulf of Maine Coccolithophore bloom. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, 473-474.
- Balch, W. M., and Holligan, P. M. 1994, Response of water-leaving radiance to particulate calcite and chlorophyll a concentrations: A model for Gulf of Maine coccolithophore blooms, *J Geophys. Res.* 99:7483-7499.
- Charlson, R. J., Lovelock, J. E., Andreae, M. O. and Warren, S., 1987. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate. *Nature*, 326, 655-661.
- Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B., Loye-Pilot, M. D., Measures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., Rossini, P., Saydam, C., Soudine, A and Ziveri, P The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44, 147-190 (1999)
- Holligan, P.M., Fernandez, E., Aiken, J., Balch, W.M., Boyd, P., Burkill, P.H., Finch, M., Groom B. S., Gillan, M., Muller, K., Purdie, A. D., Robinson, C., Trees, C. C., Turner, M. S. & Paul van der Wal., 1993. A biogeochemical study of the coccolithophore, *Emiliana huxleyi*, in the North Atlantic. *Global Biogeochemical Cycles*. 7, 879-900.
- Kubilay, N and C. Saydam. Trace elements in atmospheric particulate over the Eastern Mediterranean; concentrations, sources, and temporal variability. *Atmospheric Environment*, 29, 2289-2300, (1995).
- Saydam, A. C. \_Can we predict harmful algae bloom? *Harmful Algae Newsletter*, 15: 5-9. UNESCO/IOC., (1996)
- Saydam A.C. Coccolithophore blooms, are they triggered by wet desert dust deposition ? Submitted to *Geophysical Research Letters*. 15 Sep 2001
- Saydam, A. C and Polat, I. The impact of Saharan dust on the occurrence of algae bloom. *Proceeding of EUROTRAC Symposium98*. pp 656-663 Eds: Borrell, P. M. and Borrell, P. WITpress, Southampton. (1999)
- Saydam, A.C and Şenyuva H.Z. 2001. Deserts: can they be the potential suppliers of bioavailable iron?