EKOSİSTEMLERDEKİ AZOT DEVRİNDE MİKROORGANİZMALARIN YERİ

A. Üsame TAMER - Nurettin ŞAHİN - Işık İPEK - Erbil KALMIŞ
Celal Bayar Ünv. Fen. Edb. Fak. Biyoloji Böl. MANİSA

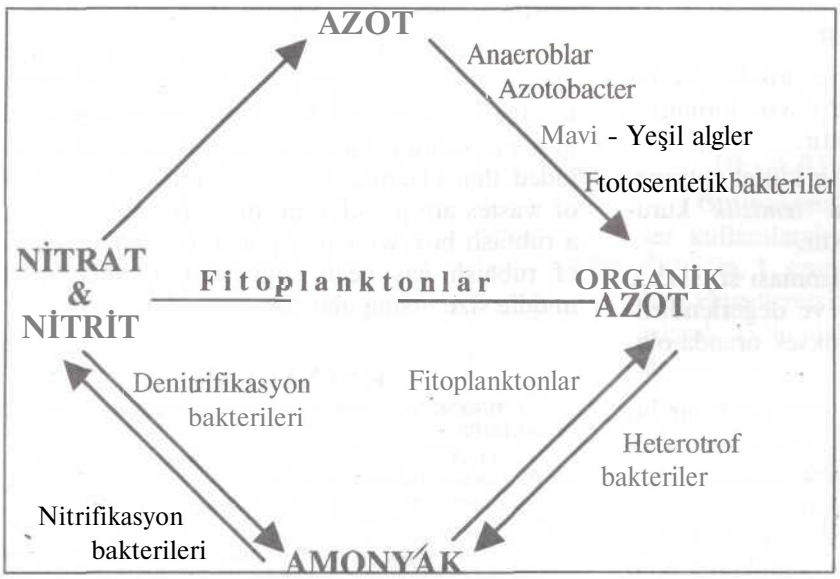
Anahtar Kelimeler: Azot Devri, Mikroorganizma, Rhizobium, Azotobacter

ÖZET

*Aminoasit, protein, nukleik asit, ATP, klorofil gibi hayati önemi olan azotlu moleküllerin oluşabilmesi için tabiatta, büyük bölümünde çeşitli mikroorganizmaların görev aldığı bir azot devrinin varlığı şarttır. Mikroorganizmaların çevresel isteklerininde önem kazandığı bu döngü, azot **redüksiyonu** (Denitrifikasyon,Amonifikasyon), azot fiksasyonu, ve azot **oksidasyonu** (Nitrifikasyon) olmak üzere üç temel aşamada gerçekleşir. Her aşamada görevli çok çeşitli mikroorganizma grupları bulunmaktadır.*

GİRİŞ

Tabiattaki canlılar, cansız çevre etmenleriyle karşılıklı madde alış verişine dayanan, israfı reddeden, azami tasarruf prensibine uygun ve mükemmel bir ahenk içerisinde işleyen dinamik bir sistem oluştururlar. Bu sisteme ekosistem denir. İnsanda bu sistemin canlı bir parçasıdır. Bu sistem içinde gerçekleşen en önemli olaylardan biri de azot devridir. Havanın gaz halindeki serbest azotunu kombine azot haline dönüştürebilen organizmalar yalnızca prokaryotik organizmalardır. Çeşitli bakteriler (*Clostridium, Pseudomonas, Aerobacter, Achromobacter, Azotobacter, Rhizobium v.d*), bazı mavi - yeşil algler (*Nostoc, Phormidium, Anabaena*) havanın serbest azotunu inorganik nitratlara dönüştürebilirler. Millbank (1969, 1970) gibi bazı araştırıcıların çalışmalarında azot fikse eden bazı maya ve yüksek fungusları göz ardı etmesine rağmen (1), bazı kaynaklarda *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Cephalosporium* sp. gibi funguslar ile *Astinomycetes*'lerin azot fikse edebildiği bildirilmiştir (2,3). Dünyada mevcut toplam azot miktarı 386 x 10^{16} kg. olarak tahmin edilmektedir(4). Bu miktarın korunmasında mikroorganizmaların rolü büyüktür. Ekosistemlerde mikrobiyal azot döngüsünün şeması (Şekil 1)'de verilmiştir.



Şekil-1: **Mikrobiyal Azot** Döngüsü(5).

AZOT DEVRİNDEKİ MİKROORGANİZMALAR

Ekolojik sistemlerde kendileri çok küçük fakat hizmetleri çok büyük olan mikroorganizmalar çeşitli aşamalarla azot döngüsünü sağlarlar. Bunlar, azot fiksasyonu (simbiyotik, asimbiyotik), azot oksidasyonu (nitrifiksayon), azot redüksiyonu (denitrifikasyon, amonifikasyon) dur.

I) Simbiyotik Azot Fiksasyonu

Bu işlemde üzerinde en çok çalışılmış; mikroorganizma Leguminosae üyeleri ile simbiyotik bir ilişki içerisindeki Rhizobium sp. bakterileridir. Dünyada yılda simbiyotik yolla tespit edilen azot miktarı yaklaşık 110 milyon ton olarak tahmin edilmektedir(6). Ekosistemdeki bu işbirliğinin verimliliği leguminos-rhizobium ortaklığı için gerekli fosfor, kükürt gibi elementlerin yeterliliği pH, sıcaklık, oksijen gibi faktörlere bağlıdır(7). Bunun dışında çiçekli bitkilerin birçok familyasına dağılmış bitki türleriyle ortaklık teşkil eden bir Actinomycetes üyesi *Frankia*

IV) Denitirifikasyon

Bazı anaerobik bakterilerin etkisi ile nitrat ve nitritin mikrobiyal redüksiyonu sonucu azot oksitler aracılığı ile moleküler azot oluşumu denitrifikasyondur. Bu süreç bir solunumu andırdığından nitrat solunumu diye adlandırılır. Şekerler, asetik asit, etanol ve metanol gibi çeşitli organik maddeler denitrifikasyonda elektron verici olarak davranabilmektedirler. Denitrifikasyon iki aşamada gerçekleşir.

I. $NO_3^- + 1/3\ CH_3OH \longrightarrow NO_2^- + 1/3\ CO_2 + 2/3 H_2O$

II. $NO_2^- + 1/2 CH_3OH \longrightarrow 1/2 N_2 + 1/2 CO_2 + 1/2 H_2O + OH^-$

$NO_3^- + 5/6 CH_3OH \longrightarrow 1/2 N_2 + 5/6 CO_2 + 7/6 H_2O + OH^-$

Denitrifikasyonda fakültatif anaerob bakteriler büyük rol oynar. Bunlar arasında *Thiobacillus denitrificans* ve *Clostridium* sp. sayılabilir(2).

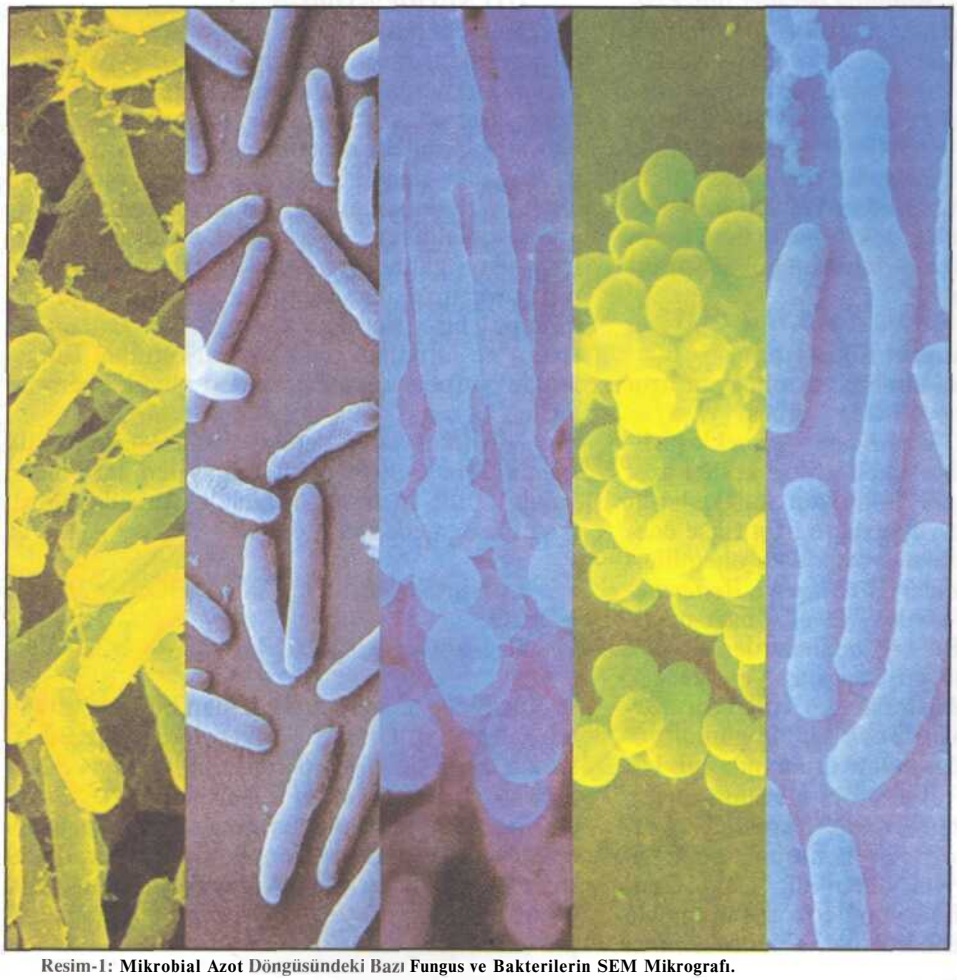
V) Amonifikasyon

Organik azotlu bileşikler çeşitli heterotrofik mikroorganizmalar tarafından disimilasyona uğratılmaktadır. Aerobik olarak gerçekleşen bu parçalanmada amonyak açığa çıkmaktadır. Son ürünler CO_2, H_2S, organik asitler ve merkaptanlardır(3). Sucul ekosistemlerde amonifikasyon mekanizmasında çürükçül bakteri ve funguslar önemlidir. Bu işlemde de; *Proteus* sp. ve *Micrococcus ureae* önemlidir(2). Durgun sularda organik madde oluşumuna yardımcı nitratamonifikasyonunu da *Bacillus* sp. ve *Escherichia coli* yapabilmektedir(13).

DÖNGÜYÜ ETKİLEYEN EKOLOJİK FAKTÖRLER

Çeşitli ekolojik faktörler azot çevrimini büyük ölçüde etkiler. Burada mikroorganizmanın habitatının fiziksel ve kimyasal karakteristikleri önemlidir. Bunların başlıcaları; a) Organik ve İnorganik Bileşikler, b) pH, c) Sıcaklık, d) Oksijen'dir.

a) Organik ve İnorganik Bileşikler



Resim-1: Mikrobial Azot Döngüsündeki Bazı Fungus ve Bakterilerin SEM Mikrografı.

Azot çevrimindeki mikroorganizmalar amonyağı, nitratı bazende diğer azotlu bileşikleri kullanma yeteneğindedirler. Özellikle amonyum tuzları öncelikli olarak moleküler azottan daha çok kullanılır. Dolayısıyla ortamdaki üre, amonyum, nitrat gibi organik bileşikler azot fiksasyonunu inhibe eder. Örneğin *Nitrobacter* kendi ortamında bulunabilecek çok az miktarda bile amonyaktan rahatsız olmakta ve onun zararlı etkilerine dayanamamaktadır(14). Bir çok inorganik madde mikroorganizmaların gelişimi için gereklidir. Fakat bunların yalnızca bir kaçı, özellikle azot metabolizması

içinde yer alır. Bunların başlıcaları; Mo, Ca, Fe, Co'dır.

b) pH

pH, mikroorganizma miktarını etkileyen bir faktördür. Örneğin; Azotobacter karakteristik olarak yüksek pH'a duyarlıdır. Ekolojik araştırmalar, bakteriyal genusların geniş ölçüde yayılım göstermesine rağmen pek çok toprakta hiç ya da önemsiz miktarda olmaları, direkt olarak pH ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Kural olarak mikroorganizmalar için optimum pH= 6'dır. Fakat *Beijerinckia* gibi bazı bakteriler pH=3-9 gibi pH konsantrasyonlarına da toleranslıdır(3).

c) **Sıcaklık**

Sıcaklıkta azot metabolizmasını etkilemektedir. Düşük sıcaklıkta aktivite çok daha azdır. Genelde sıcaklığın mezofil aralıkta olması gereklidir. Nitrifikasyon için bu 30 °C, denitrifikasyon için 25 °C, amonifikasyon için 30-35 °C'dir. Elbe gölünde yapılan bir araştırmada 25 °C'nin altındaki sıcaklık ve kış periyodunda amonifikasyonun çok yavaş olduğu, bu dönemde bu işi çürükçül bakterilerin yaptığı tespit edilmiştir(13).

d) Oksijen

Özellikle denitrifikasyonda fakültatif anaerob bakteriler çevrim için oksijen kullanırlar. Yüzeysel deniz ortamlarında azot fiksasyonu su ve sedimentte, açık denizlerde ise yalnızca suda olmaktadır. Bunun sebebi nitrifikasyon için gerekli oksijenin sedimentte bulunmasıdır(13). Azot fiksasyonunda rol alan enzim *"Nitrogenase"* enzimidir. Bu enzim oksijene karşı çok duyarlıdır. Hatta saf bir enzimle yapılan laboratuvar çalışmalarında enzimin oksijenden zarar gördüğü saptanmıştır. Buna karşın asimbiyotik azot fiksasyonu aerobik şartlarda gerçekleşir. Hatta fiksasyonu yapan organizmalardan biri olan *Azotobacter* türleri aerobik mikroorganizmalardır. Bunun net bir açıklaması henüz yapılamamakla birlikte çeşitli hipotezler geliştirilmiştir. Aerobik mikroorganizmaların hepsinde oksijeni yakalayan sınırlı miktarda alıcılar vardır. Hücre içine alınan oksijen bu sınırlı miktardaki alıcılarla taşınarak kullanılır.(3,8)

SONUÇ

İnsanlar tüm doğal döngülerde olduğu gibi, doğadaki azot devrini de etkilemektedir. Bu etkinin en tipik örneği, havadaki azotun yapay gübre elde etmek amacıyla tespit edilmesidir. Günümüzde yapay gübre sanayi ve kullanımı çok gelişmiş olup, insanlar tarafından tespit edilmiş azot miktarı doğal biyolojik tesbit oranına yaklaşmış bulunmaktadır. İnsanların azot döngüsündeki diğer bir etkisini de sanayide ve araçlarda kullanılan akaryakıttan çıkan nitrit oksitler oluşturur. Nitrit oksitler özellikle büyük kentlerin atmosfer kirliliğinde önemli etkiye sahip gazlardan biridir(15).

Ekosistemler, yüksek miktardaki endüstriyel ve evsel atıkların verilmesi ve atıklarda da yüksek miktarda azot bileşikleri bulunması sonucu her geçen gün kirlenmektedir. Bu kirlilik de döngüde çok önemli role sahip mikroorganizmaların habitatlarını etkileyerek azot çevrimindeki dengeyi bozmaktadır.

SUMMARY

The Importance of Microorganisms in the Nitrogen Cycle in Ecocystem

Some kinds of molecules, such as; protein, ATP, chlorophyll, aminoacid and nucleic acid contain nitrogen. A nitrogen cycle in which the microorganisms have functions in most part of the process is essential in nature to form these molecules which have vital importance.

KAYNAKLAR

1. Rose, A,H., Tempest, D, W.: 1974 A Microbial Pyhsiology. Vol.XI Academic Press. London 2-4
2. Frobisher, M.: 1969 Fundamentals of Microbiology. W.B. Saunders Comp, Philedelphia - London - Toronto. 536-537.
3. Alexander, M.: 1979 Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons Inc. Second Ed. New York. 287-305.
4. Stevenson, F.J.: 1982 Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy, 22 (American Society of Agronomy, Madison WI).
5. Wood Ferguson, E.J.: 1974 Marine Microbial Ecology. Chapman & Hall L.T.D. London. 108-113.
6. Vance, C.P., Heichel, G.L., Phillips, D.A.: 1988 Nodulation and Symbiotic Dinitrogen Fixation. In *"Alfaalfa and alfaalfa Improvement"* (Ed. A.A. Hanson, D.K. Barnes R.R Hill).229-257 (Agronomy No:29, USA).
7. Simpson, J.R.: 1987 Nitrogen Nutrition of Pastures. In *"Temperatepastures their production, use and managment"* (Ed. J.L. Wheler, C.J. Pearson, G.E. Robards) 143-154. (Australian Wool Corp. Tech. Publ., CSIRO Australia).
8. Dommergues, Y, Dreyfus, B., Hoang Gia Diem et E. Duhoux.: 1985 Fixation de I'azote et agriculture tropicale. LA RECHERCHE. No: 162 Jan. Vol. 16:22-31
9. Öner, M.: 1986 Genel Mikrobiyoloji. Ege Ünv. Fen Fak. Kitaplar Serisi No: 94, İzmir. 328-330
10. Gökkuş, A., Koç, A.: 1993 Mer'a Ekosistemlerinde Azot Döngüsü. Ekoloji Çevre Dergisi, (2), 7:3-9
11. Rose, A, H., Tempest, D, W.: 1972 A Microbial Physiology. Vol. VIII Academic Press. London. 60-65
12. Currin, A.C., Paerl, W,H., Suba, K,G., Alberte, S,R.: 1990 Immunofluorencence detection and characterization of N2-fixing microorganisms from aquatic environments. American Society of Limnology and Oceanography, Inc. 35 (1): 59-71
13. Rheinheimer, G.: 1971 Aguatic Microbiology. John Wiley & Sons, London-N.Y-Sydney-Toronto. 128-135
14. Öner, M.: 1987 Mkrobial Ekoloji. Ege Ünv. Fen Fak. Kitaplar Serisi No: 100, İzmir. 168-172.
15. Kocataş, A.: 1992 Ekoloji Çevre Bilim. Ege Ünv. Matbaası, İzmir. 327-330.