

Journal of Biological Sciences and Health



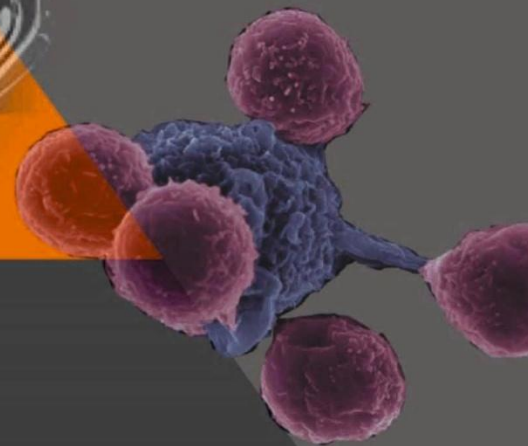
J
O
B
I
S
H



ISSN: 2980-3918

www.jobish.com.tr

Open Access Journal



Year: 2024

Volume: 2

Issue: 2





Journal of Biological Sciences and Health



www.jobish.com.tr :: Open Access Journal

ISSN: 2980-3918

Year: 2024

Volume: 2

Issue: 2

İmtiyaz Sahibi / Owner

Doç. Dr. Mücahit EROĞLU

Editörler / Editors

Doç. Dr. Arzu ÖNEL

Doç. Dr. Mücahit EROĞLU

Dil Editörü / Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Asiye ULUĞ

Teknik Editör / Technical Editor

Feramuz KARACA

Uluslararası Editörler Kurulu / International Editorial Board

<i>Prof. Dr. Arif PARMAKSIZ</i>	<i>Harran Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Atilla OCAK</i>	<i>Osmangazi Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Bülent ÜNVER</i>	<i>Cumhuriyet Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Emre BİRHANLI</i>	<i>İnönü Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Eyüp BAĞCI</i>	<i>Fırat Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. İbrahim ŞEKER</i>	<i>Fırat Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Mehmet Zülfü YILDIZ</i>	<i>Adıyaman Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Muhammed ATAMANALP</i>	<i>Atatürk Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Muzaffer ALKAN</i>	<i>Kafkas Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN</i>	<i>Fırat Üniversitesi</i>
<i>Prof. Dr. Serap PARLAR KILINÇ</i>	<i>İnönü Üniversitesi</i>
<i>Doç. Dr. Engin DOĞANTEKİN</i>	<i>Sağlık Bilimleri Üniversitesi</i>
<i>Doç. Dr. Kubilay YILDIRIM</i>	<i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
<i>Doç. Dr. Saniye TÜRK ÇULHA</i>	<i>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi</i>
<i>Doç. Dr. Yasin TİRE</i>	<i>Konya Şehir Hastanesi</i>
<i>Doç. Dr. Yılmaz UĞUR</i>	<i>İnönü Üniversitesi</i>
<i>Dr. Bircan TAŞKIRAN</i>	<i>Çankırı Üniversitesi</i>
<i>Dr. Çiğdem KANSU</i>	<i>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi</i>
<i>Dr. Emel ÇAKMAK</i>	<i>Aksaray Üniversitesi</i>
<i>Dr. Emrah ÇELİK</i>	<i>Iğdır Üniversitesi</i>
<i>Dr. Fang-Lin KUO</i>	<i>Taiwan National Health Research Institutes</i>
<i>Dr. Feray ÇAĞIRAN YILMAZ</i>	<i>Dicle Üniversitesi</i>
<i>Dr. Funda ÖZDEMİR DEĞİRMENÇİ</i>	<i>Ahi Evran Üniversitesi</i>
<i>Dr. Gabriel-Ionut PLAVAN</i>	<i>Alexandru Ioan Cuza&quot; University of Iasi</i>
<i>Dr. Kanwal KHALID</i>	<i>Pakistan</i>
<i>Dr. King ERWARD</i>	<i>Medical University Lahore, Pakistan</i>
<i>Dr. Mehdi DAVARI</i>	<i>Leibniz Üniversitesi</i>
<i>Dr. Maciej KARPOWICZ</i>	<i>University of Bialystock</i>
<i>Dr. Mojtaba RAEISI</i>	<i>Golestan University</i>
<i>Dr. Rzgar Farooq RASHID</i>	<i>Knowledge University</i>
<i>Dr. Shabnam FARZALI</i>	<i>Fırat Üniversitesi</i>
<i>Dr. Ömerhan DÜRRANİ</i>	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>

Derleme Makalesi

Doğal Sularda Azot ve Önemi

Tuba KARAOSMANOđLU, Metin ÇAđLAR

Review Article

Nitrogen and Its Importance in Natural Waters

Tuba KARAOSMANOđLU, Metin ÇAđLAR

Doğal Sularda Azot ve Önemi

Tuba KARAOSMANOĞLU¹
Metin ÇAĞLAR²


Özet: Azot, mikroorganizmaların büyümesi için gerekli bir elementtir. Azot ara besin elementlerinden biridir. Bitki yapısına katılır ve dolaylı olarak insan ve hayvan yaşamında makro besin elementi olarak önemli bir role sahiptir. Azot bitkilerin gelişiminde en çok ihtiyaç duyulan elementtir çünkü bitki yapısında klorofil, nükleik asit, amino asit, protein ve amid gibi organik bileşiklerin yapısına katılmaktadır. Azotun az miktarda bulunmasının, bitki büyümesini sınırlandırıcı etkisi vardır. Azot ayrıca proteinlerin sentezi için temel yapı taşıdır ayrıca atık suların biyolojik arıtımında azot dengesinin bilinmesi gereklidir. Örneğin, suyun azot miktarı az ise arıtım için dışarıdan ilave gerekebilir. Genellikle sularda azot, esas itibarıyla proteinli maddelere bağlı olarak bulunur. Bu maddelerin ayrışması ile azot, amonyağa dönüşür. Suyun kirlilik derecesi, amonyak miktarı ile ölçülür. Azot ve azotlu maddeler, su kalitesinin değerlendirilmesinde büyük bir öneme sahiptir. İçme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında fikir verilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Doğal su, Azot, Su kalitesi, Bitki besini.

Nitrogen and Its Importance in Natural Waters

Abstract: Nitrogen is an essential element for the growth of microorganisms. Nitrogen is one of the intermediate nutrients. It participates to the plant structure and indirectly has an important role as a macronutrient in human and animal life. Nitrogen is the most needed element in the development of plants because it participates in the structure of organic compounds such as chlorophyll, nucleic acid, amino acid, protein and amide in the plant structure. Low levels of nitrogen have a limiting effect on plant growth. Nitrogen is also the basic element for the synthesis of proteins also it is necessary to know the nitrogen balance in the biological treatment of wastewater. For example, if the nitrogen content of the water is low, external addition may be required for treatment. Generally, nitrogen is found in waters mainly due to proteinaceous substances. With the decomposition of these substances, nitrogen turns into ammonia. The pollution of water is measured by the amount of ammonia. Nitrogen and nitrogenous substances are of great importance in the evaluation of water quality. By measuring various organic and inorganic nitrogenous compounds contained in drinking and utility waters, surface waters and polluted water can give an idea about the quality of the water.

Keywords: Natural water, Nitrogen, Water quality, Nutrient element.

¹Corresponding author: Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Elazığ, Türkiye; tuba.karaosmanoglu@tarimorman.gov.tr;  0009-0001-0040-3673

²Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ, Türkiye; mcaglar@firat.edu.tr;  0000-0002-0442-2281

GİRİŞ

Azot tüm canlılarda bulunan karbon ve oksijen gibi yaşam için gerekli temel elementlerden olup, aminoasitler ve aminoasitlerin birleşmesiyle oluşan proteinlerin (polipeptitlerin) yapısına girmektedir. Ayrıca kalıtım görevi yapan nükleik asitler (DNA ve RNA), hormon ve vitaminler gibi organik moleküllerin yapısında da bulunur. Bu özelliği ile azot deniz ve tatlı sulardaki biyolojik büyüme ve gelişmenin temel düzenleyicilerindedir (Akın ve Akın, 2007).

Canlı hücreler kuru ağırlıklarının %5'i kadar azot ihtiva ederler. Çeşitli azot bileşiklerinin su ortamındaki mevcudiyeti akuatik hayvan ve bitkilerin besinsel değerini, çeşidini ve popülasyon yoğunluklarını etkilemektedir. Azot özellikle az miktarda bulunduğu bitki büyümesini sınırlandırıcı kimyasal faktör özelliği kazanmaktadır (Gökalp ve Çakmak, 2013).

Deniz ve iç yüzey sularında yaşayan planktonik formlar sudaki mevcut azotlu bileşikler, özellikle nitrat seviyelerinden direkt olarak etkilenir. Planktonik formlar tarafından sudan alınan nitratlar önce amino gruplarına dönüştürülerek aminoasit ve protein sentezinde kullanılır (Grau, 1996).

DOĞAL SULARDA AZOT

Doğal Sulardaki Azot Formları

Azot göllerde en yaygın olarak azot gazı (N_2) şeklinde moleküler halde bulunur. Çünkü azot gazı ancak moleküler azotu vücutlarında tespit edebilme yeteneğine sahip çok az organizma (bakteri ve mavi-yeşil algler) tarafından direkt olarak kullanılabilir. Ayrıca göllerin yüzey suları %80'e yakın oranda azot gazı ihtiva eden atmosferle sürekli temas halindedir. Azot gazının sudaki çözünürlüğü oksijene oranla daha az olmasına rağmen, azot gazı atmosferde daha fazla kısmi basınca sahip olduğundan suda hacimce oksijenden daha fazla bulunur (Gökalp ve Çakmak, 2013).

Sudaki azot gazı, su sıcaklığında görülen değişimlerden kaynaklanan birtakım varyasyon gösterirken, mevsimlere ve derinliğe bağlı olarak bir değişim göstermez. Sedimentler içerisinde gerçekleşen denitrifikasyon olayı sayesinde önemli miktarlarda azot gazı üretilmiş olur. Ötrofik göllerde azotun yüzey sularına taşınması, sedimentler üzerinde anoksik çürümeler neticesinde ortaya çıkan metan (CH_4) gazı kabarcıkları sayesinde kolaylaşır. Şöyle ki, azot gazı sedimentler üzerinden ayrılıp su sütunları içinden yükselirken metan kabarcıkları içine girer ve yukarı tabakalara taşınır (Kadlec ve Knight, 1996).

Azot bileşikleri volkan püskürmeleri, dipteki organik materyallerin bozulması ve içsular ve denizlere akan atık sular vasıtasıyla sularda miktarca artar. Drenaj havzasına ait vejetasyonda ortaya yangınlar, seller ve diğer doğal faktörler sebebiyle meydana gelen değişiklikler genellikle akarsulardaki (ve sonradan bu akarsuların döküldüğü göllerdeki) nitrat miktarının artmasına neden olur. Hafif erozyon ve toprağın ekimi için sürülmesi gibi çevresel tahribatlar dahi amonyak ve fosfattan çok nitratın açığa çıkmasına yol açmaktadır. Azot fiksetme yeteneğine sahip bakterilerin (Bacteriophyta) ve mavi-yeşil alglerin (Cyanophyta) su ortamında bulunmaları da ortamdaki azotun artmasına neden olan diğer bir biyolojik faktördür. Dolayısıyla azot fiksasyonu bazı göllerde bitkilerin gelişmesi için önemli bir azot kaynağıdır (Akın ve Akın, 2007; Grau, 1996). Doğal sular içindeki nitrat konsantrasyonu su kaynaklarının yakınlarındaki tarım alanlarıyla yakından ilgilidir. Nitrat iyonları (NO_3^-) topraktan kolayca ayrılma özelliğine sahiptir ve doğal drenaj sistemleri ile kolayca toprağın alt kısımlarına geçer. Bu durum toprak partikülleri tarafından tutulan fosfat ve amonyum iyonlarının yapısına ters bir durumdur (Kadlec ve Knight, 1996).

Bazı büyük barajların derin kısımlarında suyun azot gazına olan aşırı doygunluğu, bu derinliklerde çok miktarda azot gazı kabarcıklarının ortaya çıkmasına yol açar. Bu azot gazı kabarcıkları, bu bölgede yaşayan balıkların kanına geçtiğinde yüksek sayıda balık ölümlerine sebebiyet verebilirler. Bu olay oksijen tüpünden uzun süre nefes aldıktan sonra hızlı bir şekilde yüzey basıncına dönen dalgıçlarda görülen 'vurgun' olayına benzer. Bunun yanı sıra Amonyum (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), Üre ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) ve çözülmüş organik bileşikler gibi bileşik formlar halinde bulunursa da sudaki miktarları oldukça düşüktür (Akın ve Akın, 2007; Gökalp ve Çakmak, 2013).

Tüm azotlu bileşikler arasında nitrat, en önemlisidir. Nitrat ve nitritler çeşitli akuatik organizmalar tarafından kullanılmaya en elverişli azotlu bileşiklerdir. Nitrat yokluğu olduğu durumlarda ise amonyak, nitrit ve organik azot bileşiklerini bazı organizmalar azot kaynağı olarak kullanabilir. Ancak nitrat hem deniz hem de tatlı sulardaki fitoplanktonik ve diğer algler için en önemli azot kaynağını teşkil eder ve nitratın algler tarafından kullanılması için hücre materyali içine alınmasından önce nitratın amonyağa çevrilmesini gerektirir (Muslu, 1996). Bundan anlaşılacağı üzere azotun amonyak formu şeklinde hücre içine alınması organizma için bir avantaj olacaktır. Gerçekten yeterli miktarda bulunduğu zaman hayvanların atık bir metabolik ürünü olan amonyak, akuatik bitkilerin büyümesi için nitrate tercih edilir (Yetik, 2008). Çünkü nitratın bitkiler tarafından doğrudan kullanılması 'nitrat redüktaz' enziminin mevcudiyetinin yanısıra ek bir enerjiye ihtiyaç gösterir. Ancak amonyağın akuatik bitki ve hayvanlar için toksik olabileceği asla unutulmamalıdır. Özellikle yüksek pH seviyelerinde amonyum hidroksit (NH_4OH) halinde buldukları zaman toksik etkileri daha da artmaktadır (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

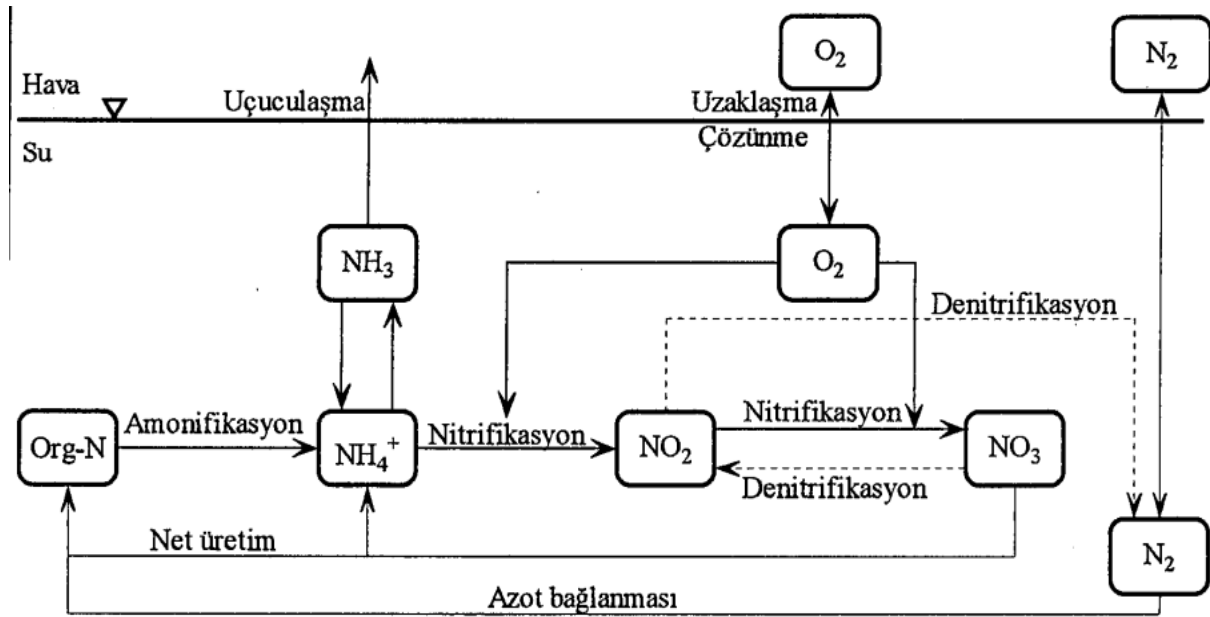
Bu konuyla ilgili olarak yapılan kültür çalışmaları akuatik organizmaların amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) nitrate oranla daha çok tercih ettiklerini göstermesine rağmen hem denizlerde hem de tatlı sularda nitrat, amonyağa oranla çok daha fazla miktarda bulunur. Akuatik bitkilerin buldukları ekosistemdeki büyümeleri mevcut nitrat ve amonyağı veya her ikisini vücutları içine alma yeteneklerine bağlı olarak değişecektir. Akuatik organizmaların, özellikle planktonik alglerin gelişmeleri için sudaki azot formlarını kullanmaları, sulardaki azot miktarını azaltan başlıca etkidir.

Deniz ve içsulardaki azotlu bileşiklerin konsantrasyonu, genellikle düzenli mevsimsel değişim gösterirler. İlkbahar ve yazın gerçekleşen alg bloomlarının sebep olduğu biyolojik kullanımdan dolayı, bu mevsimlerde sulardaki azot konsantrasyonunda bir azalma söz konusudur. Sonbahar ve kışın ise sedimentler üzerinde toplanan ölü organik materyallerin bakteri faaliyetleri sonucunda parçalanmaları ile sedimentlerden azot salınması, doğal sulara ulaşan akıntıların beraberinde getirdikleri azotlu bileşikler ve göllerde hipolimnionda gerçekleşen azot yenilenmesinden dolayı sulardaki nitrat, bazen de amonyak konsantrasyonlarında bir artış gerçekleşir (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

Doğal Sulardaki Azot Dolaşımı

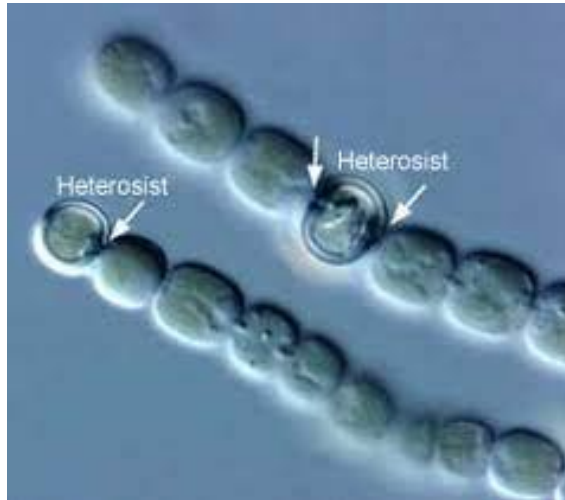
Büyük ölçüde bakteri faaliyetlerine bağlı olan doğadaki azot döngüsü sürekli gerçekleşir ve hiçbir şey yok olmaz. Azot dolaşımı, atmosferdeki moleküler azotun biyokimyasal yoldan yoğunlaştırılmasıyla (metabolizma) başlar ve azotlu bileşiklerin parçalanmasıyla sona erer (Şekil 1).

Akuatik ekosistemlerde bakteri, mantar ve bitkiler için mevcut olan azot formları, karasal ekosistemlerde olduğu gibi nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+)'dur. Canlılar için bu denli önemli olan azotun sulardaki dönüşümü oldukça karışıktır. Şekil 1'den de görüldüğü üzere azot dönüşümünün gerçekleşebilmesi için oksijenin akuatik ekosistemdeki varlığı oldukça önemlidir (Çelebioğlu, 1980).



Şekil 1. Yüzeysel sularda azot döngüsü (Göncü, 2001).

Azot bileşiklerinin elementer azota dönüşümü (denitrifikasyon), nitrifikasyon ve azot fiksasyonu gibi şekil değişiklikleri anoksik şartlara ihtiyaç gösteren ve pek çok enzimin karıştığı kimyasal olaylardır. Buna karşılık mavi-yeşil alglerin özelleşmiş hücreleri olan ve azot fiksasyonunda rol oynadığı kabul edilen heterosistler gibi hücreler yukarıda bahsedilen azota ait form değişikliğinin oksijen varlığında gerçekleşmesine müsaade etmektedir (Şekil 2). Azotun bakteriyel oksidasyonunda ve redüksiyonunda alglerin ve litoral bölgedeki su bitkilerinin de rolü vardır. Bu bitkiler, fotosentezi gerçekleştirerek ortaya oksijen vermek suretiyle azotun bakteriyel oksidasyonuna yardım ederler. Sulardaki azot dolaşımında ise, hayvanların etkisi azdır.



Şekil 2. Mavi yeşil alglerdeki heterosistler (Taş ve Taş, 2015).

Göllerde moleküler azotun (N_2) mavi-yeşil algler ve bakteriler tarafından tutulması miktar olarak azdır. Ancak belirli şartlar altında trofogenik bölgedeki inorganik azot bileşiklerinin aşırı derecede azalmasıyla moleküler azot miktarı artabilir (Çelebioğlu, 1980).

Tutulmuş azot, nitratlar veya amonyum bileşimleri halinde asimile edilmiş azot, organik azot bileşimleri içerisinde canlı organizmaların hücreleri içinde ve organların yapısında yer alır. Organik

azotun büyük bir kısmı fotosentez ve bakteri hücrelerinde gelişen biyolojik olaylara karışır ve bu canlıların ölümünde azot, organik bileşimlerinden ayrılarak (deaminasyon, amonifikasyon) yeniden serbest hale geçer. Aerobik ortamda amonyum büyük ölçüde okside olarak nitratlara dönüşür. Birçok bakteri bu oluşumda hidrojen bağlayabilmek için, oksijen yerine nitrit veya nitratları kullanırlar. Bu da son azot olarak doğaya döner (Schlegel, 1986).

Tatlı sularda azot dolaşımı geniş çapta incelenmiş bir konu olmasına rağmen, sedimentlerde bakteriler aracılığıyla oluşan asimilasyon değerleri tam ve sayısal olarak bilinmemektedir. Birçok göllerdeki azot dolaşımı, suların organik ve inorganik azotlu bileşiklerle kirlenmesi sonucu değişiklikler gösterir. Başka bir deyişle azot dolaşım dinamiği diğer besin maddelerinin dolaşım dinamiği ile karışır. Azotun mevsimlere bağlı dağılımı ise göllere ve bölgelere göre değişiklikler gösterir (Yetik, 2008).

Azot Fiksasyonu

Yalnızca bazı bakteriler (örn: Azotobakter) ve mavi-yeşil alg türleri tarafından gerçekleştirilen azot fiksasyonu 'azot gazının (N_2) bir enzim vasıtasıyla (NH_4^+) amonyum transformasyonu' şeklinde tanımlanır. Bakteri ve mavi-yeşil algler moleküler azotu bu şekilde indirgeyerek protein sentezinde kullanırlar (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

Göllerin hepsinde gerçekleşebilecek bir olay olmamakla beraber, bazı durumlarda kullanılabilir azot kaynağı olması açısından azot fiksasyonu oldukça önemlidir. Bu olay aynı zamanda göl ötrofikasyonunu hızlandırıcı özelliktedir.

Fotosentetik mavi-yeşil alglerden Aphanizomenon, Anabaena, Gleotrichia, Nodularia ve Nostoc göllerde ve akarsularda azot fiksasyonu gerçekleştiren mavi-yeşil alg türlerini ihtiva eden genoslardır (Şekil 3) (Çelebioğlu, 1980).



Şekil 3. Aphanizomenon, Anabaena, Gleotrichia, Nodularia cinslerine ait örnekler (URL-1).

Oldukça Ötrofik özellik gösteren göllerde azot fiksasyonu, başlıca azot kaynağını teşkil ederken, bu olay oligotrofik göllerin azot zenginliğinde çok küçük bir rol oynar. Bu proses sayesinde bazı algler popülasyonlarını sularda uzun süre muhafaza etme imkânı bulurlar. Örneğin: Azot fiksedici mavi-yeşil bir alg olan Aphanizomenon, bu yeteneği sayesinde ilkbahar mevsimindeki popülasyonunu yaz ortalarına kadar devam ettirme imkânı bulur (Horne ve Goldman, 1972). Araştırmacılar azot fiksasyonu

gerçekleşmediği takdirde, bu alge ait ilkbahar popülasyonunun bahar mevsiminin sonunda yok olduğunu tespit etmişlerdir. Kış aylarında biriken nitrat, bahar aylarında bitkiler tarafından tüketildiği zaman Aphanizomenon popülasyonunun gölde sona ermesi azot fiksasyonunun gerçekleşmediği zamanlarda bu algin popülasyonunu devam ettiremediğinin açık bir göstergesidir (Schlegel, 1986).

Denitrifikasyon

Nitrifikasyonun yalnızca çözülmüş oksijen varlığında gerçekleşmesine karşın, anoksik koşullar oluştuğunda nötrale yakın pH seviyelerinde denitrifikasyon olayı gerçekleşir. Pek çok fakültatif anoksik bakterinin nitratı azot gazı haline redukte etmesi olayına 'denitrifikasyon' denir. Bu reaksiyon, anoksik hipolimnion veya göl çamurları içerisinde düşük oksijen seviyelerinde gerçekleşen solunum esnasında, bakterilerin nitrat formlarına elektron vermesini sağlar (Çelebioğlu, 1980).

Denitrifikasyon, bazı göllerin sedimentleri ve hipolimnion tabakasında, düşük oksijen seviyelerinde gerçekleşir ve bazı durumlarda göllerin azot miktarı bakımından oldukça önemlidir. Oksijenin ortamdaki tamamen kaybolduğu sulardaki nitrat kaybı, bu sulardaki denitrifikasyon veya diğer biyolojik transformasyonlarla telafi edilir (Schlegel, 1986).

Denitrifikasyon gerçekleştiren organizmaların çoğunluğu için optimum sıcaklık 17 °C'dir. Daha düşük sıcaklık derecelerinde bakterilerin denitrifikasyon aktivitesi büyük ölçüde azalmaktadır. Denitrifikasyon, yukarıda da bahsedildiği üzere okside olmuş azot iyonlarının (NO_3^- N, NO_2^- N) bakteriyel metabolizma tarafından moleküler azota (N_2) dönüşmesidir. Azotun diğer bir formu olan amonyağı moleküler azota indirgeyen bakteri veya benzeri bir organizmanın bugüne kadar tespit edilmemiş olması oldukça ilginçtir (Crab vd., 2007).

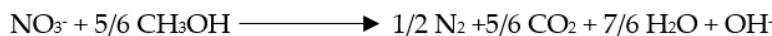
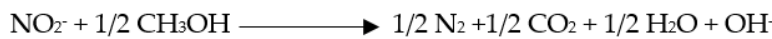
Denitrifikasyon sırasında nitrat, nitrite daha sonra azotoksitler aracılığıyla moleküler azota indirgenir (NO_3^- - NO_2^- - NO_2^- - N_2) ve olay 'nitrat solunumu' diye de adlandırılır. Birçok fakültatif bakteri türleri, anoksik koşullar altında nitrat solunumu gerçekleştirebilir. Bir başka deyişle, nitratları ve nitritleri bir hidrojen veya elektron alıcısı olarak kullanabilirler. Denitrifikasyon olayını gerçekleştirebilecek enzimlerin ancak oksijenin ortamdaki kaybolması durumunda ortaya çıkmasından dolayı, olayın gerçekleşmesi belirli bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987).

Aşağıda metanol ile gösterildiği gibi denitrifikasyon iki aşamada gerçekleşir.

Aşama 1.



Aşama 2.



Yukarıda görüldüğü üzere, 1 mol nitratın azota indirgenebilmesi için 5/6 mol metanol gerekmektedir. Yapılan araştırmalar, denitrifikasyon olayı esnasında nitratı nitrite indirgeyen bakteri türlerinin nitriti moleküler azota indirgeyen bakterilerden çok daha fazla sayıda olduğunu göstermiştir.

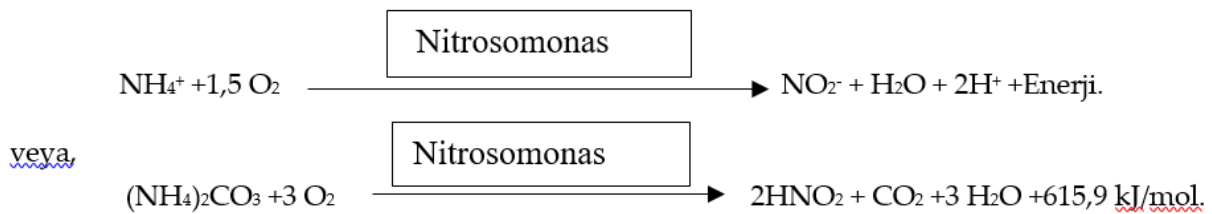
Nitrifikasyon

Amonyum tuzları ve nitratlar canlıların metabolik artıkları ve ölü vücutlarından sağlanan organik azot bileşiklerinin parçalanması yoluyla sularda sürekli yenilenirler. Azotlu organik bileşik olan proteinlerin parçalanması olayına 'amonifikasyon' denir. Bu olay, sularda hem anaerobik hem de aerobik ortamlarda gerçekleşir. Amonifikasyon olayı sayesinde proteinler proteolitik enzimler vasıtasıyla önce polipeptitlere ve dipeptitlere, peptidan enzimleri vasıtasıyla da aminoasitlere kadar parçalanır. Aminoasitlerin parçalanması sonucunda, amonyak (NH_3) oluşur ve sularda amonyum

karbonat $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ halinde bulunur; anaerobik koşullarda ise protein moleküllerinin ancak bir kısmı amonyağa dönüşür. Hayvanlar tarafından boşaltım ürünü olarak suya verilen üre $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ azot bakterileri tarafından hidrolitik transaminasyon ile NH_3 ve CO_2 'e dönüştürülür (Crab vd., 2007).

Amonyaklaşma süreci içinde yukarıdaki şekilde oluşan amonyum karbonat ve amonyum iyonları (NH_4^+) bir yandan bitki besin maddesi olarak tüketilirken diğer taraftan da oksijenli ortamlarda belirli bakteriler tarafından nitrit ve daha sonra da nitrata yükseltgenirler. Azot döngüsü sırasında nitrifikasyon reaksiyonları büyük önem taşır. Nitrifikasyon gerek ototrof gerekse de heterotrof bakteriler tarafından gerçekleştirilebilir (Crab vd., 2007).

Nitrifikasyon ototrof iki bakteri genusuna ait türler tarafından gerçekleştirilir ve iki kademelidir. Birinci kademede nitrit bakterileri diye isimlendirdiğimiz Nitrosomonas gurubu bakterinin amonyumu nitrite dönüştürmesi 'nitritasyon' olarak tanımlanır. Şöyle ki;



Nitrosomonas bakterileri, organik karbondan yoksun su ortamlarında yaşarlar. Bu nedenle amonyak oksidasyonu ancak karbonlu madde oksidasyonunun tamamlanmış olduğu ortamlarda gerçekleşir (Uslu ve Türkman, 1987).

Nitrat bakterileri diye isimlendirilen Nitrobakter grubunun ise nitriti nitrata dönüştürmesi 'nitratasyon' olarak tanımlanır.



Nitrobakter türleri de Nitrosomonas türleri gibi organik karbonun bulunmadığı ortamlarda yaşayabilmektedir. Ayrıca bu bakteriler, amonyum tuzlarının bulunduğu koşullarda da yaşayamadığından, sulardaki amonyum azotu nitrite dönüşmeden faaliyete geçememektedir. Nitritasyon ve Nitratasyon olaylarının ikisine birden nitrifikasyon denilmekte ve bu olay yalnızca çözünmüş oksijen varlığında gerçekleşebilmektedir. Anoksik koşullar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen vericilerinin bulunması halinde ise denitrifikasyon mümkün olmaktadır (Unat, 1985).

Çözünmüş Organik Azot

Bütün doğal sular bazı çözünmüş organik azot ihtiva etmelerine rağmen ötrofik sular çözünmüş organik azot bakımından oligotrofik sulardan daha zengin bulunmuştur (Crab vd., 2007).

Sulardaki çözünmüş organik azot, üre gibi $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ basit nutrientler, sudaki rolleri hakkında şu an için çok az şey bilinen büyük, karmaşık moleküllere kadar olan bileşikler temsil etmektedir (Uslu ve Türkman, 1987). Bunlardan üre, oldukça yaygın bir hayvansal boşaltım ürünü olup fitoplanktonik formların gelişmesi için mükemmel bir azot kaynağını teşkil eder (Crab vd., 2007).

Üre ya bakteriler tarafından çok hızlı bir şekilde ya da pek çok doğal suda mevcut olan ekstrasellüler enzim 'ürez' tarafından amonyağa çevrilerek fitoplanktonik algler için hale gelir. Bazı bitkiler

tarafından salınan amino şekerleri gibi basit çözünmüş azotlu organik bileşikleri de (üre gibi) hem enerji hem de azot kaynağı olarak kullanılabilir (Unat, 1985).

Enerji sağlamak amacıyla organik bileşiklerin enerji sağlamak amacıyla dışarıdan alınmasına heterotrofi denir. Sulardaki alglerin çoğunluğu ve diğer akuatik bitkiler heterotrof beslenme özelliğine sahip olmadığından çözünmüş organik azot göllerdeki enerji akışı içerisinde küçük bir role sahiptir. Çözünmüş organik azotun önemli olan rolü, kimyasal bir değiştirici olarak pek çok metalin iyonik durumunu değiştirmesidir (Unat, 1985).

Azotun metal iyonları ile kompleks bileşikler oluşturma yeteneği, azotun genellikle amin (-NH₂) gurubu şeklinde bulunduğu çözünmüş organik azot tarafından artırılır. Sularda çok yüksek miktarda çözünmüş azot fiksedenden mavi-yeşil alglerin gelişmesi için son derece önemli ve gereklidir. Bu belki de jelat yapma durumları çözünmüş organik azot gibi organik bileşiklere bağlı bulunan, muhtelif metallere oynadıkları toksik ve gelişmeyi teşvik edici rolleri yüzünden olduğu düşünülmektedir (Özçelik, 1985).

Amonyak (NH₃), Amonyum (NH₄⁺) ve Amonyum Hidroksit (NH₄OH)

Akuatik ekosistemlerdeki amonyak yüksek kimyasal enerjisinden dolayı nitrattan göre daha çok reaktif olduğu gibi toksik oluşu ve devinim özelliği ile de nitrattan ayrılır. Amonyanın nitrattan farklı olan diğer bir özelliği de toprak tarafından tutulmasıdır. Suların herhangi bir zamandaki amonyak miktarı; hayvanların boşaltım oranı, boşaltım ürünlerinin bitkiler tarafından alınması ve bakteriyel oksidasyonu arasındaki dengeye bağlıdır. Epilimniondaki amonyak miktarı, zooplanktonik organizma ve balıkların vertikal migrasyonuna bağlı olarak da değişir. Çünkü balıklar fitoplankton metabolizmasını artıran amonyağı boşaltım ürünü (üre) olarak ortama verirler (Unat, 1985).

Hücre içine alınan amonyağın, hücre içerisindeki metabolizmada kullanılabilmesi için hücresel enzimlere ihtiyaç vardır. Bazı ketoasitlerin, redüktif aminasyon ile aminoasitlere dönüşümü ve daha sonra amidlerin oluşturulması için ikinci bir aminasyon ve sonuçtaki karbomoly fosfat üretimi amonyağın hücre içerisinde kullanılmasında gerçekleşen ana olaylardır (Özçelik, 1985).

Amonyanın, akuatik bitki ve hayvanlar üzerindeki toksik etkisi oldukça önemlidir. Gaz amonyak, su içinde kolayca çözünerek aşağıda formüle edildiği gibi amonyum (NH₄⁺) ve hidroksil (OH) guruplarına ayrılan amonyum hidroksiti (NH₄OH) oluşturur (Kurt vd., 1987; Nuhoğlu, 1996).



Amonyum, suda ya iyon halinde (NH₄⁺) ya da hidroksit (NH₄OH) şeklinde bulunur. NH₄OH sudaki canlılar, özellikle balıklar için çok zehirlidir. Amonyumun bu iki formunun sudaki bulunuş oranları pH ve sıcaklık etkisi ile bileşiğin ayrışma dinamiğine bağlıdır (Samsunlu, 1992).

Amonyum ve amonyum hidroksit heterotrofik bakterilerin etkisiyle ya direkt olarak proteinlerin (bitkisel-hayvansal) ya da diğer azotlu organik maddelerin parçalanması sonucu sularda oluşur. Sudaki amonyum iyonlarının bir kısmı, akuatik hayvan dışkısından kaynaklansa da bu miktar organik (bakteriyel) parçalanma sonucu oluşan amonyum miktarından daha azdır. Oluşan amonyum iyonları, gelişmelerinde kullanılmak üzere fitoplankton canlıları ve diğer akuatik bitkiler tarafından hızlı bir şekilde alınır (Samsunlu, 1992; Okmen ve Algur, 2000). Amonyum, çözünmüş organik madde yönünden zengin göllerde koloidal maddelerce çok fazla absorbe edilir. Ayrıca bitkiler için iyi bir azot kaynağıdır. Başta algler ve makrofitler olmak üzere birçok bitki pH'ı alkali seviyede olan sularda amonyumdan faydalanırken diğerleri nitratlardan yararlanır.

SONUÇ

Azot, mikroorganizmaların büyümesi için gerekli bir elementtir. Azot ara besin elementlerinden biridir. Bitki yapısına katılır ve dolaylı olarak insan ve hayvan yaşamında makro besin elementi olarak önemli bir role sahiptir. Azot bitkilerin gelişiminde en çok ihtiyaç duyulan elementtir çünkü bitki yapısında klorofil, nükleik asit, amino asit, protein ve amid gibi organik bileşiklerin yapısına katılmaktadır (Müftüoğlu ve Demirer, 1998). Azot, proteinlerin sentezi için temel yapı taşı olduğundan, atıksuların biyolojik arıtımında azot konsantrasyonunu bilinmesi gereklidir. Suyun azot miktarı az ise, arıtım için dışarıdan azot ilavesi gerekebilir. Eğer, yüzeysel sulara verilen atıksu deşarjları nedeniyle oluşan alg ve yosunların kontrolü istenirse, alıcı ortamlara verilmeden önce, azotun uzaklaştırılması veya miktarının azaltılması gereklidir. Genellikle atıksularda azot, esas itibariyle proteinli maddelere ve üreye bağlı olarak bulunur. Bu maddelerin ayrışması ile azot, amonyağa dönüşür. Atık suyun kirlilik derecesi, amonyak miktarı ile ölçülür. Deniz ve iç suların yüzey sularında yaşayan planktonik formlar sudaki mevcut azotlu bileşikler, özellikle nitrat seviyeleri tarafından direkt olarak etkilenir. Planktonik formlar tarafından sudan alınan nitratlar önce amino gruplarına dönüştürülür ve sonuçta aminoasit ve protein sentezinde kullanılır. Yeraltı sularında nitratın görülmesinin en büyük nedeni bu sulara yağmur ve sulama suları ile nitrat gübrelerinin taşınmasıdır. Nitrit bileşiği son derece kararsız bir azot formu olup, ortamda nitrifikasyon veya denitrifikasyon reaksiyonlarının gerçekleşmekte olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, azot ve azotlu maddeler, su kalitesinin değerlendirilmesinde büyük bir öneme sahiptir. İçme ve kullanma suları ile yüzeysel suların ve kirlenmiş su kütlelerinin içerdiği çeşitli organik ve inorganik azotlu bileşikler ölçülerek, suyun kalitesi hakkında fikir verilebilirler.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Akın, M., & Akın, G. (2007). Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47, 105-118.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1-4), 1-14.
- Çelebioğlu, İ. (1980). *Toprak mikrobiyolojisi ders notları*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Gökalp, Z., & Çakmak, B. (2013, Mart). *Doğal arıtma sistemlerinde karşılaşılan problemler ve çözüm öneriler*. 3. Uluslararası Bursa Su Kongresi ve Sergisi, Bursa, Türkiye.
- Göncü, S. (2001). *Seydi Suyu’nda azot ve fosfor döngüsünün modellenmesi* [Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi].
- Grau, P. (1996). Low cost waste water treatment. *Water Science and Technology*, 33(8), 39-46.
- Horne, A. J., & Goldman, C. R. (1972). Nitrogen fixation in clear lake, California. I. seasonal variation and the role of heterocysts. *Limnology and Oceanography*, 17(5), 678-692.
- Kadlec, H. R., & Knight, R. L. (1996). *Treatment Wetlands*. Lewis Publisher.
- Kurt, M., Dunn, I. J., & Bourne, J. R. (1987). Biological denitrification of drinking water using autotrophic organism with hydrogen in a fluidized bed biofilm reactor. *Biotech and Bioeng.*, 29, 493-501.
- Muslu, Y. (1996). *Atıksuların arıtılması*. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.

- Müftüoğlu, N. M., & Demirer, T. (1998). Toprakta azot bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 175-185.
- Nuhoğlu, A. (1996). *Çapraz akışlı membran bioreaktörde denitrifikasyon prosesi* [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Okmen, G., & Algur, O. F. (2000). Farklı karbon kaynaklarının ve C/N oranlarının mikrobiyal denitrifikasyon üzerine etkileri. *Turk J Biol.*, 24, 533-542.
- Özçelik, S. (1985). *Genel mikrobiyoloji*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1.
- Samsunlu, A. (1992). Control of nitrogen sources and principles of treatment. *NATO ASI Series G 30*, 435- 444.
- Schlegel, H. G. (1986). *General microbiology* (6th ed.). Cambridge University Press.
- Taş, B., & Taş, F. (2015). *Mavi-yeşil alglerin (Cyanobacteria) evolusyonu ve stromatolitler*. Biyoloji Eğitiminde Evrim Sempozyumu, Malatya, Türkiye.
- Unat, EK. (1985). *Temel Mikrobiyoloji*. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. No:52. İstanbul.
- URL-1. Mavi-yeşil alglere örnekler. <https://utex.org/collections/all?page=38>
- Uslu, O., & Türkman, A. (1987). *Su kirliliği ve kontrolü*. T. C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi.
- Yetik, S. (2008). *Atık suların yapay sulak alanlarda arıtımının incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi].

How to cite this article/Bu makaleye atıf için:

Karaosmanođlu, T., & Çađlar, M. (2024). Doğal sularda azot ve önemi. *J Biol Sci Health*, 2(2), 14-23.