

Bitkisel Üretimde Azot Alım Etkinliği ve Reaktif Azotun Çevre Üzerine Olumsuz Etkileri

Muhammet Karashaşin
 Karabük Üniversitesi Eskipazar Myo, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü

Özet

Tarımsal üretimde toprağa uygulanan azotun bitkiler tarafından alınan miktarı üretim yönetim uygulamaları ve ürün çeşitlerine göre değişmekle birlikte ancak yarısı kadardır. Bitkiler tarafından kullanılmayan bu miktar ciddi ekonomik kayıp oluşturmakla birlikte önemli çevre ve sağlık problemlerine neden olmaktadır. Bu çalışma ile bitkisel üretimde azot alım etkinliğinin düşüklüğü ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkilerine dikkat çekilerek azot alım etkinliğini artırmaya ve reaktif azotun çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik daha önce yapılmış olan çalışmalar ışığında çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Azot Alım Etkinliği, Reaktif Azot, Çevre

Nitrogen Uptake Efficiency in Plant Production and Negative Effects of Reactive Nitrogen on Environment

Muhammet Karashaşin
 Karabük University, Eskipazar Vocational School, Plant and Animal Production Division

Abstract

In agricultural production the amount of plant uptake of applied nitrogen to soil varies according to production management practices and crop species however it is only half. The amount which cannot be used by plants create serious economic losses and causes significant environmental and health problems. The aim of this study is to take attention to lowness of nitrogen uptake efficiency in plant production and negative effects of reactive nitrogen on environment and offers resolution advisory to increase nitrogen uptake efficiency and to reduce the negative effects of reactive nitrogen on environment in the light of earlier studies that are conducted.

Keywords: Nitrogen Uptake Efficiency, Reactive Nitrogen, Environment

1. Giriş

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek; tarım alanlarının daha etkin kullanımı, ileri tarım teknolojilerinin yaygınlaştırılması, genetik çalışmalar, sulama ve dengeli gübreleme ile birlikte verim artışı sağlayarak mümkün olacaktır [1]. 2013 yılında dünya genelinde 183.4 milyon ton kimyasal gübre kullanımı ve bunun ekonomik değerinin 59.2 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir. Bu miktarın %60'ını azotlu gübreler oluşturmaktadır [2, 3]. Azot bitkisel üretimde noksanlığı en çok görülen aynı zamanda en çok ihtiyaç duyulan ve verimi arttırıcı en önemli bitki besin elementidir [4]. Azot alım etkinliği, üretim yönetim

uygulamaları ve ürün çeşitlerine göre değişmekle birlikte dünya ortalaması %50 civarındadır. Alınamayan azotun ekonomik değeri yıllık 17.7 milyar dolara karşılık gelmektedir [5, 6].

Bitki tarafından kullanılmayan bu miktar, biyolojik azot fiksasyonu yapan mikroorganizmaları öldürmekte, yağış ve sulama suyu ile birlikte taşınarak su kaynaklarında ötrofikasyon, yer altı içme sularında nitrat birikimi, denitrifikasyonla gaz haline geçerek asit yağmurları, sera etkisi ile global ısınma ve ozon tabakasının incilmesi gibi potansiyel çevre kirliliği unsurlarını oluşturmaktadır [7]. Yüksek nitrat içerikli içme suyu ve gıda ile insan vücuduna giren nitrat, önce nitrite dönüşür daha sonra sekonder

*Sorumlu yazar: Karabük Üniversitesi Eskipazar Myo, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karabük, Türkiye
 E-mail: mkarashin@karabuk.edu.tr, Tel: +903708182838, Fax: +903708182899

aminlerle reaksiyona girerek nitrozamin bileşiklerini oluştururlar. Bu bileşikler de toksik, teratojenik, mutajenik ve kanserojenik olarak bilinmektedir [8].

Ülkemizin 2012 yılı kimyasal gübre tüketimi 5.3 milyon ton olurken ithalat oranı %39 olarak gerçekleşmiştir [9]. Toplam gübre tüketimimiz içerisinde azotlu gübrelerin oranı %65'leri bulmaktadır. Azotlu gübre ithalatına yüksek miktarlarda döviz ödenmekte ve üretiminde de çok miktarda fosil yakıt kullanılmaktadır. Uygulanan azotlu gübrelerin bitkiler tarafından alınan miktarının düşük olması bu sınırlı kaynakların kullanımındaki baskıları artırmaktadır. Azot alım etkinliğinin düşük olması üretici ve tüketiciler için daha yüksek maliyet anlamına gelmekte ve rekabet edilebilirliği düşürmektedir. Toprak bitki sisteminde azot kayıpları bitkilerden gaz salınımı, nitrifikasyon, denitrifikasyon, yüzey akışı, buharlaşma ve kök bölgesi altına inerek yıkanma şeklinde olmaktadır. Artan dünya nüfusunu yeterince besleyecek düzeyde bitkisel üretim yapmak için gerekli azotlu gübre miktarını ve bu gübrelerin çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturduğu olumsuz etkileri azaltmanın yolu azot alım etkinliğinin artırılmasından geçmektedir.

2. Bitkisel Üretimde Azot Alım Etkinliği

Azot alım etkinliği; toprakta bulunan yararlı azotun bitki tarafından alınan miktarına oranıdır. Azot bitkisel üretimi artırmada önemli role sahiptir ve birçok durumda büyümeyi sınırlayıcı faktör olarak kabul edilir. Azot alım etkinliğinin ise artan azot dozlarının artışına paralel olarak düştüğü tespit edilmiştir [10, 11]. Aşırı azot uygulamalarında bitkinin maksimum doygunluk derecesine ulaştıktan sonra kalan azotun yıkanacağından dolayı aşırı azot kullanmanın verimi artırmayacağı düşünülmektedir [12, 13]. Ayrıca, optimum azot dozunun üzerinde, bitkinin gübreden aldığı azot oranı azalır ve bitkinin ihtiyacının üzerindeki uygulamalarda, nitrat azotunun yıkanmayla azot kayıplarını artırdığı ve bitkilerin azottan yaranma oranını düşürdüğü bildirilmiştir [14]. Tavsiye edilen miktardan fazla uygulanan azot zayıf agronomik yönetimle biraraya geldiğinde yüzey ve yeraltı suyu nitrat potansiyelini artırmaktadır. Azotlu gübre kullanımını azaltabilecek önemli bir yönetim şekli, etkili kök bölgesindeki mineral azot miktarını gübrelemede göz önünde bulundurmalıdır. Bitkinin topraktan azot alımı; ekim zamanına, topraktaki mineral azota, özellikle de nitrate ve büyüme döneminde organik maddeden mineralize olan azota bağlıdır [15]. Azot kullanım etkinliğini geliştirmede ve bitkinin ihtiyacı olan azotu bünyesinde toplanmasında, optimum azot dozu kritik önem taşımaktadır. Gübrelemede

uygulanacak azot miktarının, doğrudan doğruya yetiştirilen bitkinin azot ihtiyacı ile ilgili olduğu, dolaylı olarak azot alım randımanı ile ilgili olduğu, gübreleme öncesinde mineralizasyon ve artık azot nedenleriyle toprakta bulunan azot miktarının göz önüne alınmasının zorunlu olduğu belirtilmiştir [16]. Maksimum azot kullanımı için minimum azot uygulanması gerektiğini, bitkinin azot alımını ve kullanımını hava sıcaklığının ve neminin sınırladığını, yüksek sıcaklık ve nemde azot alımının daha yüksek olduğunu tespit etmiştir [17]. Dengesiz gübre kullanımı antagonistik etki oluşturarak azot alım etkinliğini azaltmaktadır. Büyüme dönemi başlarında olan potasyum eksikliği azot alım etkinliğini azaltmaktadır [18]. Kükürt uygulaması ile azot alım etkinliği artış göstermekte ve topraktan azot yıkanması önenebilmektedir [19]. Gübreleme yapmadan önce toprakta mevcut bulunan besin elementi miktarının bilinmesi doğru ve dengeli bir gübre uygulaması için oldukça önemli olmasının yanı sıra bitki besin elementlerinin kullanım etkinliğinin artırılması, çevresel risklerin ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından da oldukça gereklidir [20]. Yavaş salımlı uzun süre etkili gübrelerin geliştirilmesi ile yıkanma ve buharlaşma ile meydana gelen gübre kayıpları azalacak ve ekimle birlikte uygulanan gübrelerin tohumu verdiği zararlar azalacaktır. Böylece gübre alım etkinliği artmış olacaktır. Mısır bitkisinde erken gelişme döneminde yeterli gübreleme yapılmazsa gübre alım ve kullanım etkinliğinin düştüğü bildirilmiştir. Mısırın olgunlaşma döneminde bitki tarafından alınan toplam azotun %73'ü tanede birikmektedir. Tanede biriken azotun yarısı ise yaprak ve saplardan taşınmaktadır. Bu nedenle gelişme dönemi başlarında yetersiz azot uygulaması verimi ve azot alım etkinliğini oldukça sınırlayacaktır [21]. Daha uzun gelişme dönemlerinde azot alım etkinliği artmaktadır. Uzun vejetatif döneme sahip çeşitler daha iyi gelişmiş kök sistemine sahip oldukları için daha çok azot alımına olanak sağlamakta ve azot alım etkinliği yüksek olmaktadır. Azot alım etkinliğinin en yüksek olduğu zaman bitkinin tam yapraklı olduğu dönemdir. Azot alımını belirleyen komponentlerin çoğunluğunun önemli genetik varyasyon gösterdiği, çiçeklenmede azot verilmediği durumlarda çiçeklenme sonrası azot alımının, toplam dane azot gereksiniminin ancak %12'si ile %18'ini oluşturduğunu ve ekimden önce verilen azot dozunun artırılmasının çiçeklenme sonrası azot alımını artırmadığı, yazlık buğday çeşitlerinde maksimum net nitrat alım oranının çiçeklenmeye kadar artıp sonra aniden düştüğü bildirilmiştir [22]. Azot alım etkinliğinin artırılması için azotlu gübre uygulama metodu, gübre uygulama zamanı ve bitkinin dönemsel azot ihtiyacı dikkate alınmalıdır.

Gübre dozu ile beraber sulama programı da azotun yıkanmasında önemli bir etkidir. Sulama yönetimi ile etkili kök bölgesinden azot alımı büyük oranda artırılabilir. Su tutma kapasitesi zayıf topraklarda aşırı sulama, bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından tamamen alınmasından önce taşınmasını teşvik eder [23]. Düşük su tutma kapasiteli kumlu topraklarda salma sulama yapılırsa uygulanan aşırı su sebebiyle yıkanma ile azot kaybı kaçınılmazdır [24]. Su tutma kapasitesi düşük topraklarda azot yıkanmasını minimize etmek için hassas sulama programı uygulanmalıdır. Sulama programı ne zaman ve ne kadar sulama yapılacağı belirlenmesidir. Sulamanın başlangıcı tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki faydalı suyun %10-50'sinin tüketildiği zamandır. Sulama miktarı ise etkili kök bölgesini tarla kapasitesine getirecek kadar suyun hesap edilerek verilmesidir. Marul üretiminde iyi yönetilmiş sulama uygulamaları ile azot alım etkinliği artırılmıştır. Su kısıntısı ise verimi ve azot alım etkinliğini sınırlamıştır. Tam sulamada azot alım etkinliği %77 olurken kısıntılı sulamada %48'e düşmüştür [25]. İyi sulama ve bakım ile düşük azot uygulamasından maksimum azot kullanım etkinliği elde edilebileceği bildirilmiştir [26]. Azot alımı toprakta suyun varlığı ile ilgili olarak önemli ölçüde değişmektedir. Toprakta azot ve suyun birlikte bulunması ile optimum verim alınabilmektedir. Yeterli suyun bulunmadığı topraklara azot uygulanırsa ozmotik basınçla bitki öz suyu gübre tarafından kullanılmakta ve bitkiler ölmektedir. Aşırı sulama yapıldığı zaman ise uygulanmış olan azot bitki kök bölgesinden fazla su ile birlikte yıkanmaktadır [27].

Toplam uygulanan azotlu gübrelerin yaklaşık olarak sadece %50'si bitkiler tarafından alınabilmektedir. Gelişmiş sulama ve gübreleme yönetimi uygulamaları ile gübre alım etkinliğinin artırılması böylece çevre üzerine olan olumsuz etkilerin en aza indirilmesi kaçınılmazdır. İyi yönetilen sulama ve gübreleme programları ile azot alım etkinliği artırılmakta ve ticari üretimde çevreye olan etkiler minimize edilmektedir. Bu nedenle hem azot yıkanmasını hem de ekonomik olarak azotlu gübre kaybını önlemek açısından, sulama ve gübreleme programlarının iyileştirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Azot kayıplarını azaltmak için azotlu gübrenin bölünerek uygulanması önerilmektedir. Azot, uygun yönetilmediği zaman kök bölgesinden aşağıya doğru yıkanmayla kayba uğramaktadır. Sebze üretimi üzerine yapılan çalışmalarda dinamik fertigasyon uygulamalarının azot kullanım etkinliğinde önemli artış sağladığı görülmüştür. Dinamik fertigasyon yaklaşımında su ve bitki besin elementleri bitki kuru madde üretimi ve kök hacmine göre günlük hesap edilerek belirlenmektedir [25]. Bitkinin ihtiyacı olduğu

zaman, ihtiyacı kadar gübre uygulanırsa gübre alım etkinliği artacak çevre üzerindeki olumsuz etkileri azalacaktır. Toprak analizleri ve uzun yıllar ortalamasından elde edilen bitkilerin besin elementi alım eğrileri dikkate alınarak hazırlanan gübreleme programı ile gübrelerin alım ve kullanım etkinliği artırılabilir.

Bölgesel ve yıllık iklim farklılıkları azot alım etkinliğini değiştirmektedir. Azot alımı iklim şartlarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Farklı ekolojik koşulların, hava sıcaklığının ve neminin, bitkinin azot alımını ve kullanımını etkilediği varsayılmaktadır [10]. Su ve nitrat alımı sıcaklığa bağlıdır ve nitrat alım hızı düşük sıcaklıklarda azalma eğilimindedir. Bitkinin azot alımını ve kullanımını hava sıcaklığının ve neminin sınırladığı, yüksek sıcaklık ve nemde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [17]. Optimum nem ve sıcaklık gelişmeyi teşvik etmekte, çiçeklenme dönemindeki soğuk hava şartları azotun yaprak ve saptardan taneye taşınmasını azaltmakta, topraktan alımı yavaşlatarak yıkanma ve gaz halinde buharlaşma ile kayıpları artırmaktadır. Toprak soğukken azotlu gübre uygulanması kökler inaktif olduğu için düşük azot alım etkinliği ile sonuçlanmaktadır [19].

Bitki türlerinin hatta çeşitlerinin azot kullanım etkinliği farklı olduğu bilinmektedir. Hibrit çeşitlerin, sentetik çeşitlere göre azotu daha iyi kullandığı bildirilmiştir. Özellikle farklı dozlarda kök uzunluğu ve morfolojisinin farklılık gösterdiği ve bunun da azot alımında etkili olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur. Kök gelişmesinin azot alımını etkilediği ve azot uygulaması ile de mısırın kök gelişiminin etkilendiği belirtilmiştir [16]. Azot alımı ilk olarak kök alım kapasitesi, sürgün depo kapasitesi ve bunların büyüme hızı ile ilgilidir. Genel olarak bitki azot alımı köklerdeki çözünmüş karbonhidrat durumuna aynı zamanda sıcaklık, su ve azotun kullanılabilirliği gibi çevresel şartlara bağlıdır. Buğdayın azot alım etkinliği genetik varyasyonla değişiklik göstermektedir. Mısır genotipleri azot alım ve kullanım zamanı açısından farklılık göstermektedir. Genetik farklılık genelde kök morfolojisi ve iyon alımı ya da azotun bitki içerisindeki kullanımından kaynaklanmaktadır. Toprakta azotun fazla olduğu durumlarda alım, büyüme ile ilgili, azotun düşük olduğu koşullarında ise alım, morfolojik ve fizyolojik olarak kök karakteristiklerine bağlıdır [28].

Toprak işlemsiz tarım teknikleri ile bitki atıklarını toprakta bırakmakla buğday üretiminde tane, saman verimi, su kullanım etkinliği, azot alım ve kullanım etkinliği ve toprak organik madde miktarında artış kaydedilmiştir [29]. Bitki kök derinliği nitrat

yıkanması ile ters orantılıdır bu sebeple yüzlek köklü bitkilerden sonra derin köklü bitkileri münavebeye almak azot kullanım etkinliğini artırarak azot yıkanmasını azaltmaktadır. Derin köklü bitkiler biyolojik filtre gibi hareket ederek zemin suyundaki nitrata geri kazanarak nitrat yıkanmasını azaltmaktadır. Özellikle kumlu topraklarda yonca içeren münavebe derin kökleri ve yüksek su kullanım etkinliği sebebiyle yıkanma problemini azaltmaya yönelik etkili bir yaklaşımdır [30].

Çeşitli ekosistemler ve bitkiler için belirlenen azot alım etkinlikleri farklı değerlerde olsa da genelde %50'yi geçmemektedir. Bu değer örneğin hububatlar için %29-42 arasında kaydedilmiştir. Gübre alım etkinliğinin iyileştirilmesi azotlu gübre uygulama metodu, zamanı ve bitkilerin yetiştirme süresince farklı azot ihtiyaçları arasında iyi bir ilişki kurmakla mümkündür. Azot alım randımanı azot dozu, uygulanan azotlu gübrelerin kaynağı, azotlu gübrelerin toprağa uygulama zamanı ve uygulama yöntemi gibi faktörlerle etkilenmektedir [31]. Sıcaklık, toprak ve su durumunun düşük olduğu durumlarda azot kullanımı azalmaktadır [17]. Nitratın yıkanmasını etkileyen bazı faktörler: azot uygulama dozu, zamanı, azot kaynağı ve uygulama yöntemi, nitrifikasyon engelleyicilerin kullanımı, bitki sıklığı ve azotun bitkilerce alımı, suyun profilden süzülmesi ve yıkanmayı etkileyen toprak karakteristikleri, yağışın miktarı, dağılımı ve zamanı veya sulama ile uygulanan su miktarıdır. Toprak bitki sisteminde azot kayıplarını azaltmak dolayısıyla azot alım etkinliğini arttırmak için rotasyon, baklagil bitkilerinin üretim sistemine dahil edilmesi, hibrit veya kültür çeşitlerinin kullanılması, uygun toprak işleme, azot kaynağı olarak amonyumun kullanılması, zamanında ve yaprakdan azotun uygulanması ve uygun sulamanın yapılması uygulanabilecek başlıca yaklaşımlardır [32, 33].

3. Reaktif Azotun Çevre Üzerine Olumsuz Etkileri

Azot dünya atmosferinde en fazla (%78) bulunan element olmasına rağmen canlı organizmaların birçoğu tarafından kullanılamaz formdadır. Yaşam için vazgeçilemez olan bu elementin biyolojik fonksiyonlarda kullanılabilmesi için reaktif azot olarak adlandırılan diğer formlara dönüştürülmesi gerekmektedir. İnsan müdahalesi ile bu reaktif forma dönüşüm oranı önemli oranda artmaktadır. Toprakta yeterince reaktif azot bulunmadığı durumda toprak verimliliği ve tarımsal üretim azalacak, sonuçta insanı yaşatmayı sürdürmek için yeterli gıdayı üretmeyecektir. Reaktif azot hava su ve toprak arasında azot döngüsü olarak bilinen sistem içerisinde kolayca yer

değiştirmektedir. Azot döngüsü: fiksasyon, asimilasyon, mineralizasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyondan oluşmaktadır. Azot fiksasyonu (bağlaması): atmosferde serbest haldeki azot gazının bakteriler tarafından bitkilerin kullanılabilir formuna (amonyuma) dönüştürülmesidir. Asimilasyon: azotun hücre içine alınmasıdır. Mineralizasyon (amonifikasyon): organik azotun inorganik azota (amonyum, amonyak) dönüşümüdür. Nitrifikasyon: amonyumun nitrata dönüştürülmesi işlemidir. Denitrifikasyon: nitratın azot gazına dönüştürülmesidir [34]. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon esnasında atmosfere sera gazı olan nitroz oksit salınımı olmaktadır. Nitrifikasyon bakterileri oksijenli koşullar altında amonyumu nitrite ve nitrata dönüştürürken yan reaksiyon ürünü olarak nitroz oksit meydana gelmektedir. Azot oksitler, atmosferde ozon ve radikallerle hızlı bir şekilde reaksiyona girerek nitriti oluştururlar. Atmosferin en alt tabakasında nitrit ve uçucu organik bileşiklerin güneş ışığı ile reaksiyona girmesiyle troposferik ozon oluşur [35]. Yere yakın atmosferde ozon miktarının yükselmesi solunum yolu hastalıklarına ve bitkilerin zarar görmelerine neden olmakta ayrıca bitkilerin karbondioksit asimilasyonunu %20 oranında azaltmaktadır. Atmosferden yere asit yağışı olarak düşerek, köprü ve diğer yapılarda ciddi korozyon etkisi yapmakta, toprağı asitleştirmekte, istem dışı bitkiler gübrelenmekte doğal olmayan büyüme ve gelişme olmakta, besin dengesi bozulmakta bunun sonucunda ekosistem sağlığı ve canlı çeşitliliği olumsuz etkilenmektedir [36]. Denitrifikasyon bakterileri tarafından ara ürün olarak oluşan nitroz oksit, ozon tabakasının incelmelerini teşvik etmekte ve sera etkisini artırmaktadır. Nitroz oksit küresel iklim değişikliği üzerine olumsuz etkileri kesin olarak bilinen reaktif azot formudur. 1kg karbondioksit gazının küresel ısınmaya etkisi 1 olarak kabul edilirken, aynı miktar diğer sera gazlarından metanın 23, nitroz oksitin 296, kloroflorokarbonun 7300, azot trifloritin 17000, kükürt hekza florürün 22200 olarak kabul edilmektedir [37]. Artan azotlu gübre kullanımı havayı olumsuz etkileyen amonyak ve azot oksit gazlarının çıkışlarına neden olabilmektedir. Ayrıca stratosfere ulaşan azot oksit ve nitroz oksit gazları ise stratosferde yer alan ozonun parçalanmasına neden olmaktadır ve bu da azotlu gübrelerin aşırı kullanımından kaynaklanmaktadır [38].

Reaktif azot topraktan yıkanma ile yeraltı ve yüzey sularını kirleterek insan tüketimi için uygun olmayan hale getirmektedir. Aynı zamanda kıyı ekosisteminde ötrofikasyonu teşvik etmekte bunun sonucunda suda yaşayan bitkiler ve hayvanlar için hayati önem taşıyan oksijenin yetersizliği nedeniyle canlı çeşitliliği azalmaktadır. Dünyanın birçok yerinde nitrat kirliliği su kalitesini etkileyen ana

etken olup, sudaki yüksek nitrat konsantrasyonu çevre ve sağlık açısından risk oluşturmaktadır. Bitkisel üretimde yüksek miktarda azotlu gübre kullanımı yeraltı su kirliliğinin önemli sebeplerindedir. Kirlenici kaynaklar çok çeşitli olup, bunların başında insan faaliyetleri ve aşırı gübreleme gelmektedir. Dere ve nehirlerle karışan su, besin elementi fazlalığına ve dolayısıyla ötrofikasyona neden olmaktadır. Son on yılda tüm dünya çapında kıyı kesimlerde yaygın olarak görülen, suda oksijenin az olması (hipoksia) veya hiç olmaması (anoksia) yönünde, doğal yaşam alanlarında bozunma, besin ağında değişiklik, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve zararlı alglerin çok sık görülmesi ve bu alglerin bulunduğu bölgenin genişliğinin, bulunma süreçlerinin artması kıyıdaki ötrofikasyonun arttığına göstergesidir [39]. Taban sularındaki nitrat konsantrasyonunun artması, global bir risk oluşturmada ve gün geçtikçe de artmaktadır. Genelde su kaynakları için verilen nitrat kirlilik düzeyleri neredeyse evrensel olmuştur. Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği'nin (EC) önerdiği değer 50 mg L^{-1} olarak kaydedilmiştir. Avrupa'da yapılan bir çalışmada tarım alanlarının %22'sinden alınan taban suyu örneklerinde nitrat konsantrasyonu Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suları için belirlenen $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ sınır değeri seviyesini geçmiştir. Benzer şekilde Antalya-Demre yöresinde toprak ve kuyu sularının nitrat içeriklerinin değişiminin incelendiği araştırmada toprakta ve kuyu sularında nitrat değerlerinin dönemsel olarak artış gösterdiği ve kuyu sularının yaklaşık % 45'inin WHO tarafından izin verilen $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ sınır değerini aştığı belirtilmiştir. [38].

Toprak yapısı toprak suyunun hareketini belirlediği için azot yıkanmasını etkilemektedir. Toprak içerisindeki hava boşlukları su ile doyunca yer çekimi kuvveti etkisiyle su aşağı doğru harekete geçer böylece su içerisinde çözülmüş elementlerde taşınmış olur. İnce yapılı topraklar (killi) kaba yapılı (kumlu) topraklara göre su geçirgenlikleri daha düşük olduğu için azot taşınmasına daha az hassastır. Bununla birlikte ince yapılı (killi) topraklar denitrifikasyonla azot kaybına daha yatkındırlar [40]. Aşırı otlama ve tarımsal makine kullanımı mekanik stres neticesinde toprakları sıkıştırmakta böylece toprak porozitesi azalmakta ve su infiltrasyon kapasitesi düşmektedir. Düşük toprak porozitesi denitrifikasyonu artırmakta, düşük infiltrasyon kapasitesi ise azotun yüzey akışı ile yıkanarak su kirliliğine neden olmaktadır. Tuzlanma; suda çözünür tuzların toprakta birikmesiyle oluşmaktadır. Yüksek tuz konsantrasyonu biyolojik azot fiksasyon kapasitesini düşürmektedir. Aynı zamanda bitki gelişimini azaltmakta bu da düşük azot kullanım

etkinliğine yol açarak azotun gazlaşma ve yıkanma ile çevreyi kirlenmesine neden olmaktadır. Toprak organik maddesi düşüklüğü toprağı biyolojik aktivitesini, fiziksel ve kimyasal toprak verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Buda düşük bitki gelişimi, toprakta düşük azot tamponlama ve filtreleme kapasitesi ile sonuçlanarak su ve atmosfere azot kayıplarına yol açmaktadır. Toprakta azot birikimi toprak asidifikasyonuna neden olmakta, bitki gelişimi, toprakta azot taşınımı ve toprak biyoçeşitliliği azalmaktadır [41]. Eğer sulama veya aşırı yağış sonrası toprak havasız kalırsa denitrifikasyon bakterileri tarafından nitrat, nitrik oksit ve nitroz oksite indirgenmekte atmosfere azot gazı salınımı olmaktadır. Yıkanma ile azot kaybı kumlu topraklarda ince tekstürlü topraklara göre daha fazla olmaktadır. Bitki atıklarının yakılması ile de azot kaybı olmaktadır. Yanma esnasında bitki kalıntılarındaki azot; amonyak, nitrik oksit, nitroz oksit ve azot gazı formlarında havaya karışmaktadır [42]. Denitrifikasyon yüksek toprak ısısında ve doymuş topraklarda daha fazla olmaktadır. Nitrat yıkanması nitratın suda çözünerek kök bölgesinden aşağıya doğru yıkanması ile olur. Nemli topraklarda nitrat hareket halindedir ve aşırı yağış veya fazla sulama suyu uygulandığında kök bölgesinden aşağıya doğru taşınır. Yüksek oranda azotlu gübre uygulanması ile azot denitrifikasyonla ve sızarak kaybolmaktadır. Ağır yapılı killi topraklarda düşük havalanmadan kaynaklı yüksek denitrifikasyon sebebiyle azot alım etkinliği azalmaktadır. Yüksek düzeyde azotlu gübrelerin kullanıldığı topraklardaki bitkilerde nitrozamin gibi kanserojen maddeler oluşabilmektedir. Azotlu gübreler fazla miktarda kullanıldıkları zaman mikro organizmalardan solucanlar ve çeşitli toprak kurtçuklarına tahrip edici ve öldürücü etki yapmaktadır. Topraklara aşırı azotlu gübreler verilmesi *Rhizobium sp.* gibi simbiyotik azot fikse eden mikro organizmaların aktivitelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda havanın serbest azotundan faydalanma yolu tıkanmaktadır [38].

Bitkisel üretimde verim artışı sağlayarak gıda güvenliğine olumlu katkıları ile birlikte inorganik azotlu gübreler toplam insan kaynaklı reaktif azotun % 63'ünü oluşturmaktadırlar. Reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkilerini minimize edecek ve bitkisel üretimde karlılığı artıracak en anlamlı yapılması gereken azot alım etkinliğini artırmaktır [25]. Azotlu gübrelerin çevreyi ve içme suyunu kirlenerek potansiyel toksik etki oluşturmasının nedenleri; uygulanan azotlu gübrelerin formu, bitkiler tarafından kullanılan azotun etkinliği, su kaynaklarının kendi hareket ve yapıları, toprakların su kaynakları ile olan ilişkileri ve yöresel iklim koşulları ile sulama yöntemleridir. Azot yıkanmasını azaltmak için gübre uygulamaları ve

sulama zamanlamalarını, sıklıklarını ve dozlarını bitki gelişim dönemlerine ve toprağın hidrolik özelliklerine bağlı olarak önceden planlamak gerekmektedir [43].

4.Sonuç ve Öneriler

Azot alım etkinliğinin düşük olmasının sebepleri; dengesiz oranda, uygun olmayan zamanda ve metotta hızlı çözünebilir azotlu gübrelerin kullanımı, toprak mikro organizmalarının varlığını olumsuz etkileyecek toprak organik maddesinin düşüklüğü, tuzluluk ve çoraklaşma, uygun olmayan sulama metodu ile yetersiz yada aşırı sulama yapılması, geç ekim, düşük ekim sıklığı, yetersiz yabancı ot kontrolü, derin köklü bitkilerin ve baklagillerin münavebeye alınmadan aynı ürün deseninin uzun yıllar yetiştirilmesi, azot kullanım etkinliği yüksek genotipli bitkilerin azlığı olarak özetlenebilir.

Azot kayıplarını minimize etmeye ve azot alım etkinliğini artırmaya yönelik; toprak analizleri ve bitki ihtiyacına göre gübre dozunun belirlenmesi, toprak organik maddesinin artırılması, basınçlı sulama yöntemleri ile bitki kök bölgesi ve tarla kapasitesi dikkate alınarak hazırlanan sulama programı, bitki gelişim dönemleri dikkate alınarak sulama suyu ile birlikte gübre uygulaması, yağışın yeterli olduğu yerlerde bitkinin kullanabileceği yere tek seferde değil bölünerek gübre uygulaması, yavaş salımlı gübrelerin tercih edilmesi, yabancı ot kontrolü, azot alım etkinliği yüksek çeşitlerin tercih edilmesi, baklagillerin ve derin köklü bitkilerin münavebeye alınması, uygun toprak işleme ve ekim zamanı, optimum bitki sıklığı gibi etkili tarımsal yönetim uygulamaları önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] M. Blanco, "Supply of and access to key nutrients NPK for fertilizers for feeding the world in 2050", *Agronomos Etsiaupm. We Engineer Life Food and Environment*, (2011).
 [2] R. Mikkelsen, "The Global Fertilizer Situation: What is going on?", *Tomato Production Meeting, Woodland, California*, (2009).
 [3] FAO, "Current world fertilizer trends and outlook to 2015", *Rome, Italy*, pp.41 (2011).
 [4] B. Kara, "Çukurova Koşullarında Değişik Bitki Sıklıkları ve Farklı Azot Dozlarında Değişik Bitki Sıklıkları ve Farklı Azot Dozlarında Mısırın Verim ve Verim Özellikleri ile Azot Alım ve Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi", *Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi FBE, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana*, (2006).

[5] F. Brentrup and B. Palliere, "Nitrogen use efficiency as an agro-environmental indicator", *Yara International Research Centre*, (2011).
 [6] M. Karashahin, "The effects of different irrigation methods and plant densities on nitrogen and irrigation water use efficiency in silage corn production", *Crop Research-Hisar*. 47(1,2 & 3): 33-39 (2014).
 [7] M.L. Gupta and R. Khosla, "Precision nitrogen management and global nitrogen use efficiency", https://www.ispag.org/.../abstract_1013.docx (accessed May 25, 2014).
 [8] K. Ekici, M. Alışarlı and Y.C. Sancak, "Peynir çeşitlerinde nitrit ve nitrozaminler", *YYÜ. Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2: 71-72 (2008).
 [9] Gübretaş, "Türkiye gübre sanayi 2012 yılı değerlendirmesi", (2013).
 [10] T.E. Staley and H.D. Perry, "Maize silage utilization of fertilizer and soil nitrogen on a Hill-land Ultisol relative to tillage method", *Agronomy Journal*. 87: 835-842 (1995).
 [11] T. Presterl, G. Seitz, M. Landbeck, E.M. Thiemt, W. Schmidt and H.H. Geiger, "Improving nitrogen-use efficiency in european maize: estimation of quantitative genetic parameters", *Crop Sci*. 43:1259-1265 (2003).
 [12] W.E. Jokela and G.W. Randall, "Fate of fertilizer nitrogen an affected by time and rate of application on corn", *Soil Science Society of America Journal*. 61:1695-1703 (1997).
 [13] R.J. Lambert, R.W. Esgar and D.K. Joos, "Factors Affecting the Removal of Soil Nitrogen by Corn Hybrids", *January 24-26. Illinois Fertilizer Conference Proceedings*, (2000).
 [14] F. Karam, O. Mounzer, F. Sarkis and R. Lahoud, "Yield and nitrogen recovery of lettuce under different irrigation regimes", *J. Appl. Hort*. 4(2):70-76 (2002).
 [15] G. Sarımehmetoğlu, "Farklı Sulama Uygulamaları Altında Mısır Çeşitlerinin Sulama Suyu ve Gübre Kullanım Etkinliği", *Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı*. 59 sayfa, Adana, (2007).
 [16] G. Büyük, "Çukurova Koşullarında Mısır Çeşitlerinde Değişik Dönemlerde Uygulanan Farklı Azot Dozlarının Azot Kullanım Etkinliğine, Tane Verimine ve Kaliteye Etkisi" *Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı*. 143 sayfa, Adana, (2006).
 [17] R.C. Muchow, "Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments", *Field Crops Research*. 38(1): 1-13 (1994).
 [18] D.K. Swain, B.C. Bhaskar, P. Krishnan, K.S. Rao, S.K. Nayak and R.N. Dash, "Variation in yield, N uptake and N use efficiency of medium and late duration rice varieties", *Journal of Agricultural Science*. 144: 69-83 (2006).

- [19] L. Brown, D. Scholefield, E.C. Jewkes, N. Preedy, K. Wadge, M. Butler, "The effect of sulphur application on the efficiency of nitrogen use in two contrasting grassland soils", *Journal of Agricultural Science*. 135 (2):131–138 (2000).
- [20] R. Kılıç and K. Korkmaz, "Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri", *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(2): 87-90 (2012).
- [21] D. Plenet and G. Lemaire, "Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration", *Plant Soil*. 216: 65–82 (2000).
- [22] M. Cengiz, "Güncel Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Azot Alım ve Kullanımının Yüksek Sıcaklıktan Etkilenişi", *Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı*. 126 sayfa, Adana, (2007).
- [23] L. Zotarelli, J.M. Scholberg, M.D. Dukes and R. Muñoz-Carpena, "Fertilizer Residence Time Affects Nitrogen Uptake Efficiency and Growth of Sweet Corn", *J. Environ. Qual.* 37: 1271–1278 (2008).
- [24] T.S. Perrin, J.L. Boettinger, D.T. Drost and J.M. Norton, "Decreasing nitrogen leaching from sandy soil with ammonium-loaded clinoptilolite", *J. Environ. Qual.* 27:656-663 (1998).
- [25] A. Battilani, F.L. Plauborg, S. Hansen, F. Dolezal, W. Mazurczyk and Z. Bizik, "Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of fertigated potatoes", *Vth IS on Irrigation of Hort. Crops*, 61-67 (2008).
- [26] R. French, R. Bowling, A. Abbott and M. Stewart, "High Yield Irrigated Corn: Implementing Research and Adapting for Profitable Production", *Great Plains Soil Fertility Conference*. 15: 78-83. Denver, CO, (2014).
- [27] D.L. Martin, D.G. Watts, L.N. Mielke, K.D. Frank and D.E. Eisenhauer, "Evaluation of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate", *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1056-1062 (1982).
- [28] G.H. Khalilzadeh, J. Mozaffari and E. Azizov, "Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen use efficiency in bread wheat landraces (*Triticum aestivum* L.)", *International Journal of AgriScience*. 1(4): 232-243 (2011).
- [29] W. Mohammad, S.M. Shah, S. Shehzadi and S.E. Shah, "Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan", *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 12 (4): 715-727 (2012).
- [30] L. Zhaohui, S. Xiaozong, J. Lihua, et al., "Strategies for Managing Soil Nitrogen to Prevent Nitrate-N Leaching in Intensive Agriculture System", *Soil Health and Land Use Management*. Dr. Maria C. Hernandez Soriano (Ed.), InTech, <http://www.intechopen.com/books/soil-health-and-land-use-management/strategies-for-managing-soil-nitrogen-to-prevent-nitrate-n-leaching-in-intensive-agriculture-system> (accessed June 27, 2014).
- [31] E. Karnez, "Aşağı Seyhan Ovasında Buğday ve Mısır Üretim Alanlarında Azot Bütçesine İlişkin Girdi ve Çıktıların İrdelenmesi", *Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı*. 137 sayfa, Adana, (2010).
- [32] W.R. Raun, J.B. Solie, G.V. Johnson, M.L. Stone, R.W. Mullen, K.W. Freeman, W.E. Thomason and E.V. Lukina, "Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application", *Agron. J.* 94:815–820 (2002).
- [33] A. Das, G.C. Munda and D.P. Patel, "Technological options for improving nutrient and water use efficiency", (2005).
- [34] E. Şahinkaya, "Çevre Mikrobiyolojisi Ders Notları", www.eng.harran.edu.tr/26/Cevre_mikrobiyolojisi_2_erkan_sahinkaya.pdf (accessed June 27, 2014).
- [35] B.K. Varınca, G. Güneş and F. Ertürk, "Hava kirlenmelerinin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine etkileri", www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin020.pdf (accessed May 25, 2014)
- [36] ESA, "The Ecological Society of America. Excess Nitrogen in the U.S. Environment: Trends, Risks, and Solutions," www.esa.org/issues (accessed June 15, 2014).
- [37] Hadley Centre, "Climate change and the greenhouse effect", Department for Environment Food and Rural Affairs, (2005).
- [38] İ. Sönmez, M. Kaplan and S. Sönmez, "Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri", *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*. 25(2):24-34 (2008).
- [39] UNEP and WHRC, "Reactive Nitrogen in the Environment: Too Much or Too Little of a Good Thing", United Nations Environment Programme, Paris, (2007).
- [40] IPNI, "International Plant Nutrient Institute. Nitrogen Notes", www.ipni.net/publications (accessed, June 28, 2014).
- [41] G. Velthof, "Nitrogen as a threat to European soil quality", Cambridge University Press Union. 495-510 (2011).
- [42] J.R. Freney, "Management practices to increase efficiency of fertilizer and animal nitrogen and minimize nitrogen loss to the atmosphere and groundwater", (2013).
- [43] K. Unlu, G. Ozenirler and C. Yurteri, "Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in central Turkey", *European Journal of Soil Science*. 50: 609-620 (1999).

