

Derleme/Review

Tarımsal Kaynaklı Nitrat (NO₃⁻) Kirliliği Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi

Bedriye BİLİR^{1*}

¹Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şırnak

*Sorumlu yazar: *bbilir@sirnak.edu.tr*

Gönderme Tarihi:20/04/2022

Kabul Tarihi:22/11/2022

ÖZET

Azotlu (N) gübreler bitkisel üretimde yüksek verim elde etmek için kullanılan en önemli tarımsal girdilerdendir. Topraklarda azot, organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Bitkiler, azotun inorganik formu olan nitrat (NO₃⁻) ve amonyumdan (NH₄⁺) yararlanmaktadır. Nitrat, kil mineralleri tarafından adsorbe edilmediği için toprakta hareketliliği amonyuma göre yaklaşık altı kat daha fazladır bu yüzden topraktan kayıpları oldukça önemlidir. Tarımsal uygulamalar sonucu oluşan nitrat kirliliği gün geçtikçe daha dikkat çekici boyutlara ulaşmış ve artık küresel bir problem haline gelmiştir. Nitratın topraklardan uzaklaşması; mevsimler, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve iklim değişikliği gibi birçok faktöre bağlıdır. Nitrat kayıplarının azaltılması ve kirlilik sorununun en aza indirilmesi tarımsal sistemlerin uygun şekilde yönetilmesi ile sağlanabilir. Bu ise azotlu gübrelerin doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru şekilde uygulanması ile kısacası dengeli bir gübreleme programıyla sağlanabilir. Bu çalışmada, tarımsal kaynaklı nitrat kaybının önemi ve bu kayıplar üzerine çevre faktörlerinin etkisi özetlenmiştir.

Anahtar Kelime: Azot; Nitrat Kirliliği; Azotlu Gübreleme

The Effect of Environmental Factors on Agricultural Nitrate (NO₃⁻) Pollution

ABSTRACT

Nitrogen (N) fertilizers are one of the most important agricultural inputs used to achieve high yields in vegetative production. Nitrogen in soils is present in organic and inorganic forms. Plants benefit from nitrate (NO₃⁻) and ammonium (NH₄⁺), the inorganic forms of nitrogen. Since nitrate is not adsorbed by clay minerals, its mobility within the soil is about six times greater than ammonium, so its loss from the soil is quite important. Nitrate pollution as a result of agricultural applications has reached more remarkable levels day by day and has become a global problem. The removal of nitrate from the soil depends on many factors such as seasons, soil characteristics, vegetation, and climate change. Reducing nitrate losses and minimizing pollution problems can be achieved by properly managing agricultural systems. This can be achieved by applying nitrogen fertilizers in the right amount, at the right time, and correctly, in short, through a balanced fertilization program. In this study, the importance of agricultural nitrate loss and the effect of environmental factors on these losses are summarized.

Keywords: Nitrogen; Nitrate Pollution; Nitrogen Fertilization

1.GİRİŞ

Azot, bitkilerin tüm yaşamları boyunca ihtiyaç duydukları en önemli bitki besin maddesidir. Azot eksikliği atmosferdeki N₂'u fikse eden baklagiller dışında hem doğada hem de tarımsal alanlarda bitkinin büyümesini oldukça sınırlandırmaktadır. Topraklarda mevcut bulunan organik/inorganik azot yetiştirilecek olan bitkinin azot ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Gittikçe büyüyen dünya nüfusuyla birlikte artan beslenme ihtiyacını karşılamak amacıyla bitkisel üretimde yüksek verim sağlanmalıdır. Bu nedenle azotlu gübre kullanımının artırılması kaçınılmaz bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu yüzden, ekosistemde doğal azot döngüsüne tarımsal faaliyetlerden kaynaklı önemli ölçüde azotun ilave olduğunu söylemek mümkündür. Ekosistemde azot farklı süreç ve reaksiyonlarla birçok değişik forma dönüşmektedir. Azotun topraktaki mevcudiyeti; N-kazanımları, N-kayıpları ve N-dönüşümü ile değerlendirilebilir. Tarımsal sistemde azot atmosferik birikim, N bağlayan baklagiller, kimyasal gübre uygulamaları, hayvan gübresi ile tarımsal ürün artıkları ve organik N mineralizasyonu ile toprağa katılmaktadır (Laegreid ve ark., 1999; Sanchez, 2019). Diğer yandan azot bitki tarafından alınarak, volatilizasyon ve denitrifikasyon olayları, NH₄⁺ fiksasyonu, yıkanma ve erozyonla topraktan uzaklaşmaktadır. Azotun dönüşümü ise immobilizasyon, mineralizasyon ve nitrifikasyon olayları ile gerçekleşmektedir (Garcia ve ark., 2012; Johnson ve ark., 2005).

Ekosistemde azot kayıpları ile;

- 1) Yeraltı ve yüzey sularında nitrat miktarı artmakta (Lee ve Choi, 2010; Pasten-Zapata ve ark., 2014),
- 2) Ötrofikasyon sonucu kara ve su ekosisteminde biyoçeşitlilik azalmakta (Smith ve Schindler, 2009),
- 3) Azot volatilizasyonu ile atmosferde azot oksit içerikli sera gazlarının konsantrasyonu artmakta ve sera gazı oluşumu ile çevresel sorunlara neden olmaktadır (Laegreid ve ark., 1999). Azotlu gübrenin bilinçsiz ve fazla kullanımının ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı bitki besin elementi olması yanı sıra kirletici olarakta sıklıkla anılmaktadır.

Azot, noksanlığı bitkiler tarafından en çok hissedilen ve kimyasal gübre olarak en fazla uygulanan besin elementlerinin başında gelmektedir. Topraklardaki azotun ana kaynağı organik maddedir fakat ülkemizdeki tarım topraklarının büyük bir çoğunluğu organik madde içeriği 'az' sınıfında yer almaktadır (Taban ve ark., 2013). Bu sebeple azot toprağa her yıl ilave edilmesi gereken bir bitki besin elementi olduğu için kullanılan kimyasal gübreler içerisinde en büyük

payı azotlu gübreler almaktadır (Polat ve ark., 2013). 2013 yılında dünya genelinde tüketilen toplam N-P-K gübreleri içerisinde % 47.90'lık payla azotlu gübreler birinci sırada yer almaktadır (FAO, 2016). Aynı zamanda 2020 yılında ülkemizde tüketilen toplam gübre miktarı içerisinde % 67'sini azotlu gübreler oluşturmaktadır (Anonim, 2022).

Gübrelerdeki besin elementleri genellikle bitkiler tarafından kolay alınabilir formdadır. Fakat, azot optimum koşullar sağlansa bile bitkiler tarafından asla tamamı kullanılmaz (Scherer, 2005). Uygulanan azotun bir kısmı bitkiler tarafından alınırken geriye kalan kısmı bitki artıkları ile organik azot formunda toprakta kalır. Toprakta kalan azot meydana gelen bazı doğal süreçlerle kaybolma eğilimindedir. Uygulanan gübre ile alınan azot miktarı gübre çeşidi, bitki türü, uygulama zamanı, iklim ve toprak özellikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Azotun bazı organik formları (üre, aminoasit vb.) suda çözünerek kaybolabilir fakat bu miktar çok düşük olduğu için yeterince araştırılmamış bunun yerine nitratın yıkanarak uzaklaştırılmasına odaklanılmıştır (Laegreid ve ark., 1999). Ayrıca nitratın toprak profilindeki hareketi amonyumun yaklaşık altı katı olduğu için yıkanma ile kayıpları oldukça önemlidir (Dinnes ve ark., 2002).

Tarımsal alanlarda en büyük zorluk azot kullanım etkinliğini (NUE) ve verimi artırmakla birlikte azot kayıplarını minimuma indirmek ve kayıpların istenmeyen sonuçlarını azaltmaktır. Son yıllarda artan azotlu gübre kullanımının yeraltı suları ve atmosfer kirliliğine ciddi miktarlarda katkıda bulunmasında bu durumun ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Fosil yakıtların kullanımı ve kimyasal gübre uygulamaları gibi insan faaliyetlerinden kaynaklı toprağa azotun girdi miktarı ortalama $93.6 \text{ Tg N yıl}^{-1}$ olarak yaklaşık iki katına çıktığı rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2019; Schlesinger, 2009).

Azotlu gübrelemenin yapıldığı alanlarda inorganik azotun % 0.5-2'si denitrifikasyon, % 10-18'i volatilizasyon ve % 10-20 ise yıkanma ile kaybolarak ekosistemde çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Smil, 1999; Bouwman ve ark., 2002; Hoben ve ark., 2011; Pan ve ark., 2016).

2. TARIMSAL KAYNAKLI NİTRAT KİRLİLİĞİ

Tarım alanlarında azot genel olarak nitrat formunda yıkanır. Çünkü nitrat toprakta adsorbe edilmez ve suda çözünür olduğu için toprak profili boyunca hızla yukarıdan aşağı doğru yıkanır. Bu yıkanma ciddi ekolojik sorunlara neden olduğu için dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Bu sorunların başında ise içme suyu kaynaklarındaki nitrat miktarlarının artışı gelmektedir. ABD ve Avrupa'da yeraltı sularında nitrat konsantrasyonu 2 mg L^{-1} den daha azken zamanla giderek arttığı rapor edilmiştir (Coyne ve Frye, 2005). Türk Standardı TS-266'da içme

sularında nitrat konsantrasyonu için sınır değeri 50 mg L⁻¹ olarak belirlenmiştir (Anonim, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde Çevre Koruma Ajansı (EPA) içme sularında nitratın sınır değerini 45 mg L⁻¹ olarak bildirmiştir (Hu ve ark., 2000). Nitrat yıkanması özellikle azotlu gübre ve organik atıkların yüksek miktarlarda uygulandığı gelişmiş ülkelerde daha büyük sorun haline gelmektedir. Avrupa'da tarım alanlarındaki yer altı sularının yaklaşık %22'sinde nitrat içeriğinin 50 mg L⁻¹'nin üstünde olduğu belirlenmiştir (McKenna, 1998).

Topraklarda bulunan nitratın yıkanması; uygulanan azotun kaynağı ve miktarı, toprak sıcaklığı, yağışların miktarı ile birlikte mevsimlere göre dağılımı, toprak amenajmanı, toprak organik madde içeriği, toprak tekstürü ve ürün yönetim sistemleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Smith ve Cassel, 1991). Bununla beraber tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü topraklardan yıkanan nitratın önemli miktarları doğrudan uygulanan gübreyle birlikte organik materyallerin mineralizasyon hızı ve miktarında bağlıdır. Özellikle bahçe bitkilerinin yetiştirildiği topraklarda fazla miktarlarda azot artıkları kalabilir (bazı Brassicas türlerinden sonra >300 kg N ha⁻¹) (Rahn ve ark.,1996).

Topraklarda uygun nem ve sıcaklıkta amonyumdan nitrifikasyon olayı ile nitrat kolayca oluşmasına rağmen amonyum gibi topraklarda adsorbe olmamaktadır (Tisdale ve ark., 1993).

Genel olarak topraklarda katyonların bağlanma kapasitesi anyonlardan yüksek olmasına rağmen bazı anyonlarında bağlanma kapasiteleri bulunmaktadır. Fakat fosfat ve sülfat gibi diğer anyonlar nitratın bağlanmasını sınırlandırmaktadır. Bu yüzden, nitratın bitkiler tarafından alınandan daha fazlası yağış ve sulama suyu ile yıkanarak kaybolmaktadır (Laegreid ve ark., 1999).

Nitratın topraktan yıkanması;

- 1) Yağışlar veya sulama ile topraklara ulaşan su miktarının evapotranspirasyonla kaybolan sudan daha fazla olduğunda,
- 2) Toprakların nitrat seviyeleri organik azot mineralizasyonu (hayvan gübresi uygulanması ile) veya fazla gübrelemeden dolayı aşırı miktarda yükselmesi koşullarında meydana gelmektedir (Lord ve Anthony, 2000).

3. NİTRAT KİRLİLİĞİNE ÇEVRE FAKTÖRLERİNİN ETKİSİ

3.1. Mevsimler

Mevsim değişimleri ile drenaj durumu nitratın yıkanmasını etkileyen çevresel faktörlerden biridir. Hava sıcaklıklarının düşmesiyle bitkilerin azot alımlarının azalması ve

drenajın fazla olması nedeniyle nitratin en fazla yıkandığı mevsimler sonbahar, kış başı ve yaz sonu olarak belirlenmiştir (Wild ve Cameron, 1980; Lloyd ve ark., 2011).

Mevsimsel ve zamansal nitrat hareketi ve yıkanması aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Yaz ayları evapotranspirasyon miktarı genellikle yağış miktarını geçer ve nitrat kayıpları minimumdur. Fakat gübre uygulamaları yoğun yağışlı döneme denk gelirse nitrat kayıpları meydana gelir. Ancak tropikal iklim bölgelerinde yaz mevsiminde meydana gelen muson yağmurları ile nitrat yıkanması kış aylarından daha fazla olmaktadır.
- Kurak geçen yaz mevsimi ürünün azot alımını sınırlayabilir ve toprakta nitratin birikmesine neden olabilir buda nitratin sonbahar-kış aylarındaki yağışlarla yıkanmaya duyarlı hale gelmesine neden olur.
- Hasat öncesi gübre uygulamasından arta kalan veya yaz/sonbahar mevsimlerinin sonunda mineralizasyonundan kazanılan azot, sonbahar yağışları ile birlikte toprağın nem düzeyinin tarla kapasitesine gelmesiyle nitrat yıkanmaya başlamaktadır. Bununla birlikte sonbaharda ekimi yapılan ürünlerin tohum yatağına uygulanan azot gübresi yıkanmaya karşı çok hassastır. Bu yüzden sonbaharda uygulanan azotlu gübrenin azot kullanım etkinliği (NUE) yaz aylarına göre düşüktür.
- Kış aylarında ise yağış evapotranspirasyondan daha fazla olduğu için toprak profilinde bulunan nitrat daha kolay yıkanmaktadır.
- İlkbaharda ise uygulanan azotlu gübre, uygulamanın yoğun yağışla aynı zamana denk gelmesi veya nitratin ürün tarafından alımının hızlı olmaması durumunda yıkanmaya karşı hassastır (Powlson, 1988; Addiscott, 1996; Simmelsgaard, 1999; Chambers ve ark., 2000; Cameron ve ark., 2013).

Ilıman iklimlerde yıkanan nitratin ana kaynağının özellikle büyüme mevsimi dışındaki toprak organik maddesinin mineralizasyonunda önemli katkısı olduğu ileri sürülmüştür (Addiscott ve ark., 1991; Addiscot, 1996). Gübreler genellikle bitkinin azot alımının hızlı olduğu ve toprağın çoğunlukla kuru olduğu ilkbahar ve yaz aylarında uygulanır. Azotlu veya nitratlı gübre uygulamasından sonraki ilk 3 hafta içinde yoğun yağış veya sulama varsa uygulanan azotlu gübrelerden nitrat yıkanması meydana gelmektedir (Addiscott, 1996; Powlson, 1997).

3.2. Toprak Özellikleri

Toprakların; tekstür, hidrolik iletkenlik, su içeriği, gözeneklilik ve katyon değişim kapasitesi toprağın yıkanma potansiyelini belirleyen özellikleridir (Vachaud ve Chen, 2002).

Bu özelliklerin yanı sıra yüksek pH'ya sahip bazik topraklarda nitrat iyonunun toprak taneciklerine bağlanması çok az veya zayıf olduğu için sızan su ile derine hareketi oldukça kolaydır. Topraktaki su ve nitrat hareketinin kolaylığı, toprak yapısına ve gözenekliliğine bağlıdır. Yoğun yağışlar ile genellikle nitrat iyonu killi topraklara göre kumlu topraklarda daha derine taşınmaktadır (Laegreid ve ark., 1999). Aynı zamanda ıslanma-kuruma döngüsünde bitki kökleri ve toprak canlılarının hareketleri ile oluşan makro gözeneklerle nitrat toprak profilinde daha derinlere doğru yıkanmaktadır (Silva ve ark.,2000).

Yetiştirilen bitkilerin topraktaki su hareketi üzerine etkisi oldukça önemlidir. Bitki kökleri çözülmüş besin maddesi ile suyu alır ve yapraklardan terleme yoluyla suyu atmosfere verir. Su ayrıca toprak yüzeyinden buharlaşma ile kaybedilir. Bitki ve toprak yüzeyinde meydana gelen evapotranspirasyon genellikle büyüme mevsiminde nitratın yıkanmasını önlemektedir. Bitki kökleri suyun kapilar hareketi ile toprağın daha derin katmanlarındaki nitrat iyonunu toprak yüzeyine yakın bölgeye taşıyabilir (Kuhlmann ve ark., 1989).

Drenajı iyi olan topraklarda nitratın yıkanarak kaybolması drenajı iyi olmayan topraklara göre daha fazla olmasıyla birlikte drenajı iyi olmayan topraklarda denitrifikasyonla azot kaybı daha fazla olmaktadır. Yıkanan nitrat su ile birlikte topraktan drenaj kanallarına ve yeraltı sularına kadar ulaşmaktadır.

3.3. Bitki Örtüsü

Nitratın topraklardan yıkanması bitki örtüsünden de etkilenmektedir. Nadasa bırakılan arazilerde bitkiyle kaplı olan arazilere göre daha fazla nitrat yıkanması meydana gelmektedir. Toprak organik maddesinin mineralizasyonu ile azot üretilir fakat bitkinin olmadığı alanlarda azot ve su kullanımı olmamaktadır. Aynı zamanda toprak işlemenin yapılmamasıda makro gözenek oluşumunu desteklediği için su daha kolay hareket eder ve fazla miktarlarda nitrat kaybı meydana gelmektedir. Bu kayıpları azaltmak amacıyla kışlık bir ürün veya ara ürünlerin yetiştirilmesi oldukça önemlidir (Laegreid ve ark., 1999).

Bitkilerin kök sistemleri nitrat yıkanmasında önemli bir role sahiptir. Bitki kök uzunluğu ve kökün yüzey alanı bitki besin elementi alımını etkileyen önemli iki parametredir (Thorup-Kristen, 2001). Otlak veya mera alanlarında bitkiler yoğun bir kök sistemine sahip olduğu için nitrat alımı yüksektir (Laegreid ve ark., 1999). Bu yüzden otlak alanlarından nitrat yıkanması çok azdır. Fakat bu otlaklarda otlayan hayvanların katı ve sıvı gübreleri otlak veya mera alanlarında zamanla artmaktadır. Bu alanların işlenmesiyle organik bileşikler hızla ayrışmakta ve mineralizasyon olayı ile fazla miktarda azotlu bileşikler serbestlenmektedir. Addiscott ve

ark. (1991) yaptıkları çalışmada bu tür alanların işlenmeye başlandığı ilk yıllarda yıkanarak kaybolan nitrat miktarının sonraki yıllara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkilerin sahip olduğu derin ve kapsamlı kök sistemi, azotu verimli bir şekilde kullanmasını ve yıkanma riskini en aza indirmesini sağlar. Bazı sebzeler sığ köklere ve yüksek azot talebine sahipken karnabahar gibi bazı bitkiler ise az miktarda azota ihtiyaç duyarlar. Bu ürünler tarafından alınmayan azot hasat sonunda bitki artıkları ile toprağa ilave olur (Kuhlmann ve Engels, 1989). Bu nedenle sebze üretiminin yapıldığı alanlarda nitrat yıkanması önemli konulardandır. Bununla birlikte buğday ve kolza gibi ürünler, topraktaki çözünür azotu etkin bir şekilde tüketen derin ve geniş kök sistemlerine sahiptir.

Bahçe bitkilerinden özellikle sebzeler su tutma kapasitesinin düşük, geçirgenliğin ise yüksek veya orta derece olan kumlu veya tınlı topraklarda yetiştirilmektedir. Bu nedenle yapılan sulama ile nitratin yıkanma riski daha da artmaktadır. Sulamanın doğru yönetilmesi ile nitratin yıkanması en aza indirilecek olmasına rağmen hasat sonrası toprak profilinde biriken nitrat yine yıkanarak kaybolmaya maruz kalacaktır (Cameira ve Mato, 2017). Yapılan araştırmalarda nitrat kayıpları eylül ayında kumlu bir topraktan hasat edilen lahanada 207 kg ha⁻¹, kasım ayında tınlı bir topraktan hasat edilen brokoli ile 282 kg ha⁻¹ ve yine kasım ayında kumlu bir topraktan hasat edilen karnabahardan 293 kg ha⁻¹'a kadar ulaştığı bildirilmiştir (Goulding, 2000; Vázquez ve ark., 2006; Mitchell ve ark., 2001; Woli ve ark., 2016).

3.4. İklim Değişikliği

İklim değişikliği, tarımsal ürünlerin büyümesini kontrol eden temel toprak süreçlerini değiştirerek nitrat yıkanmasına katkıda bulunan önemli bir faktördür (MAFF, 2000). İklim değişikliği nedeniyle atmosferde artan CO₂ konsantrasyonu ile birlikte bitkilerin daha fazla fotosentez yapması sonucu ek gübre uygulamalarına gerek duyulabilir (Saif ve ark., 2016).

Değişen yağış ve sıcaklığın nitrat yıkanması üzerine hem olumlu hem de olumsuz etkisi olduğunu söylemek mümkündür. Toprakta var olan organik azotun mineralizasyon olayını yöneten faktörler; organik madde yapısı ve miktarı, sıcaklık, nem, pH ve mikroorganizmalardır. Leiros ve ark. (1999)'a göre artan sıcaklıklarla birlikte topraktaki organik madde azalmakta ve bununla birlikte toprağın hidrolik iletkenliği olumsuz etkilenmektedir. Mineralizasyon ve nitrifikasyon olayları doğrudan sıcaklıkla ilgili olmasına rağmen dolaylı olarak yağışlada ilişkilidir (Emmett ve ark., 2004). Toprakların çok kuru ya da suya doymuş olduğu durumlarda meydana gelecek olan mikroorganizma ve enzim aktiviteleri olumsuz etkilenmektedir (Sardans ve ark., 2008). Bununla birlikte yaz mevsimi boyunca

toprak nemindeki değişiklikler bitkiler tarafından nitrat alımını etkilemektedir (Ineson ve ark., 1998). Aynı zamanda yağış ve sızma arasındaki doğrusal ilişki nitratın yıkanma mekanizması üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sonuç olarak, iklim değişikliğinin topraktaki azot mineralizasyonunu arttırdığını ve böylece nitratın birikimine katkıda bulunarak yer altı sularında nitrat konsantrasyonunu yükselttiğini söylemek mümkündür.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretimde azot kayıpları çok yönlü bir problemdir ve çözümünün tek bir yolla sağlanması mümkün değildir. Azot kayıplarını minimuma indirmek ve bitki tarafından kullanımını artırmak için gübre, toprak ve sulama faktörleri göz önünde bulundurularak yeni tarımsal yönetim sistemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Kimyasal ve hayvansal gübre kaynaklı azot kayıplarını en aza indirmek için öncelikli olarak azot kayıp yolları ile birlikte bunları kontrol eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Tarımsal uygulamalar sonucu meydana gelen azot kayıplarını azaltabilmek için alınabilecek önlemlerin en başında; yetiştirilecek ürünün ekonomik optimum azot dozu belirlenerek ihtiyacına ve gelişme aşamasına göre azot uygulaması ayarlanmalı, uygun görüldüğü takdirde kayıpları azaltabilmek için uygulanacak miktar 2 veya 3'e bölünmelidir. Böylece hem ürün verimi artırılmış hem de azot kayıpları minimuma indirilerek etkili bir gübreleme programı geliştirilmiş olacaktır. Bu uygulama sonucunda azot kullanım etkinliğinin de artması beklenmektedir. Yağışın fazla olduğu bölgelerde nitratın yıkanarak kaybının önlenmesi amacıyla yavaş serbestlenen azotlu gübrelerin kullanılması önerilebilir. Ancak bu tür gübrelerde azot salınımının bitkinin ihtiyacı olduğu zamana denk gelecek şekilde uygulanması önemlidir. Geleneksel yöntemlerle toprağın aşırı işlenmesi de azot kayıplarını artırmaktadır. Geleneksel yöntemlerin dezavantajlarından kaçınmak amacıyla minimum toprak işleme yöntemleri benimsenebilir. Bununla birlikte azotlu gübrelerin toprak yüzeyine uygulanmasından kaçınılmalı kayıpları minimuma indiren ve kullanımı maksimuma çıkaran yöntemler belirlenmeli, kış aylarında nitratın yıkanmasını azaltmak amacıyla toprak yüzeyleri bitki ile kaplı tutulmalı, yetiştirilen ürünün büyüme mevsimi dışında ve hasata yakın zamanlarında azotlu gübre uygulamalarından kaçınılmalı, azot kullanımının diğer besin elementleri eksiklikleri tarafından engellenmemesi amacıyla yetiştirilme dönemi boyunca noksan olan tüm besin elementlerinin temini ile dengeli beslenme sağlanmalı, kontrolsüz ve aşırı hayvan gübresi kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir. Bitkisel üretim döneminde nitratın yıkanmasını azaltabilmek için sulama yöntemleri geliştirilmeli ve değiştirilmelidir. Yetiştirilecek ürüne göre sulama programları yapılmalı ve kısıtlı sulama yöntemleri tercih edilmelidir. Aynı zamanda yeraltı veya yüzey sularının nitrat

konsantrasyonunun tehlike arz ettiği bölgelerde nitrat yıkanmasını azaltmak için yeni tarımsal programlar geliştirilmelidir.

5. KAYNAKÇA

- Addiscott, T. M., Whitmore, A. P., & Powlson, D. S. (1991). Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem, *CAB International*, (s 176).
- Addiscott, T. (1996). Fertilisers and nitrate leaching. In: Issues in Environmental Science and Technology 5: *Agricultural Chemicals and the Environment*, (s 128).
- Anonim, (2019). İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm> (Alıntılama Tarihi:18.11.2022)
- Anonim, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 15.01.2022).
- Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M., & Batjes, N. H. (2002). Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochem. Cycles*, 16(4),13.
- Cameron, K. C., Di, H. J., & Moir, J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals Applied Biology*, 162, 145-173.
- Cameira, M. R., & Mota, M. (2017). Nitrogen Related Diffuse Pollution from Horticulture Production—Mitigation Practices and Assessment Strategies. *Horticulturae*, 3, 25.
- Chambers, B. J., Smith, K. A., & Pain, B. F. (2000). Strategies and encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use and Management*, 16, 157-161.
- Coyne, M. S., & Frye, W. W. (2005). Nitrogen in Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, (s 613).
- Dinnes, D. L., Di, K., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., & Cambardella, C.A. (2002). Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile drained Mid-Western soils. *Agronomy Journal*, 94, 153-171.
- Emmett, B. A., Beier, C., Estiarte, M., Tietema, A., Kristensen, H. L., Williams, D., Penuelas, J., Schmidt, I., & Sowerby, A. (2004). The response of soil processes to climate change: results from manipulation studies of shrub lands across an environmental gradient. *Ecosystems*, 7, 625-637.
- FAO, (2016). Fertilizer requirements in 2015-2030, ss.25, Roma.
- Garcia-Garizabal, I., Causape, J., & Abrahao, R. (2012). Nitrate contamination and its relationship with flood irrigation management. *Journal of Hydrology*, 15-22.
- Goulding, K. (2000). Nitrate leaching from arable and horticultural land. *Soil Use and Management*, 16, 145-151.
- Hu, Q., Westerhoff, P., & Vermaas, W. (2000). Removal of nitrate from groundwater by cyanobacteria: Quantitative assessment of factors influencing nitrate uptake. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 133-139.
- Hoben, J. P., Gehl, R. J., Millar, N., Grace, P. R., & Robertson, G. P. (2011). Nonlinear nitrous oxide (N₂O) response to nitrogen fertilizer in on-farm corn crops of the US Midwest. *Global Change Biology*, 17, 1140-1152.
- Johnson, C., Albrecht, G., Ketterings, Q., Beckman, J., & Stockin, K. (2005). Nitrogen Basics The Nitrogen Cycle. Cornell University, *Agronomy Fact Sheet Series*, 2, 1-2.
- Ineson, P., Benham, D. G., Poskitt, J., Harrison, A. F., Taylor, K., & Woods, C. (1998) Effects of climate change on nitrogen dynamics in upland soils. 2. A soil warming study. *Global Change Biology*, 4, 153-161.
- Kuhlmann, H. & Engels, T. (1989). Nitrogen utilisation in relation to N-fertilisation. Proceedings No.287 *International Fertiliser Society*, 28-42.

- Laegreid, M., Bockman, O.C., & Kaarstad, E.O. (1999). Agriculture, Fertilizers and the Environment. *European Journal of Soil Science*, 51(3), 541-549.
- Lee, I. G., & Choi, S. H. (2010). Geochemical characteristics and nitrates contamination of shallow groundwater in the Ogcheon area. *Economic and Environmental Geology*, 43, 43-52.
- Leiros, M.C., Trasar-Cepeda, C., Seoane, S., Gil-Sotres, F. (1999) Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture. *Soil Biol Biochemistry*, 31, 327-335.
- Lloyd, D., Soldat, D.J., Stier, J.C. (2011). Low-temperature Nitrogen Uptake and Use of Three Cool-season Turfgrasses under Controlled Environments. *HortScience*, 46(11), 5.
- Liu, D. N., Guo, X. D., & Xiao, B. W. (2019). What causes growth of global greenhouse gas emissions? Evidence from 40 countries. *Science of the Total Environment*, 661, 750-766.
- Lord, E. I. & Anthony, S. G. (2000). MAGPIE: A modelling framework for evaluating nitrate losses to national and catchment scales. *Soil Use and Management*, 15, 201-207.
- MAFF, (2000). Fertilizer recommendations for arable and horticultural crops, RB209. Revised 2000. MAFF Publications, London.
- McKenna, P. (1998). Report on the Commission Reports on the Implementation of Council Directive 91/676/EEC. Committee on the Environment, Public Health and Consumer Protection (A4-0284/98), EC, Brussels.
- Mitchell, R., Webb, J., & Harrison, R. (2001). Crop residues can affect N leaching over at least two winters. *European Journal of Agronomy*, 15, 17-29.
- Pan, B.B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y.Q., & Chen, D.L. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture Ecosystem Environment*, 232, 283-289.
- Pasten-Zapata, E., Ledesma-Ruiz, R., Harter, T., Ramirez, A. I., Mahlknecht, J. (2014). Assesment of sources and fate of nitrate in shallow groundwater of an agricultural area by using a multi-tracer approach, *Science of the Total Environment*, 855-865.
- Polat, H., Güngör, İ., & Koca, C. (2013). Türkiye’de kullanılan azotlu gübrelerin standart ve yönetmeliklerle uyumluluğu üzerine bir araştırma. *Toprak-Su Dergisi*, 2(2), 102-111.
- Powlson, D. S. (1988). Measuring and minimising losses of fertiliser nitrogen in arable agriculture. *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*, 231-245.
- Powlson, D. S. (1997). Integrating Agricultural Nutrient Management with Environmental Objectives Current State and Futura Prospects. Proceedings No:402. International Fertilizer Society, York, UK, S:1-44.
- Rahn, C. R., Paterson, C. D., Willison, T. W., & Lillywhite, R. (1996). The fate of nitrogen from brassica crop residues in intensive cropping rotations. In: Proceedings of COST814 Conference on 'Nitrogen supply and nitrogen fixation of crops for cool wet climates'. Tromso, Norway, European Commission, Brussels, S: 219-226.
- Saif, S., Ullah, S., & Dahlawi, S. (2016). Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture, Nitrate Leaching and Mitigation Strategies. *Soil Science: Agricultural and Environmental Perspectives*, 132-153.
- Sardans, J., Penuelas, J., Prieto, P., & Estiarte, M. (2008). Drought and warming induced changes in P and K concentration and accumulation in plant biomass and soil in a Mediterranean shrubland. *Plant Soil*, 306, 261-271.
- Sanchez, P. A. (2019). Nitrogen. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. 326-369.
- Scherer, H. W. (2005). Fertilizers and Fertilization. *Encyclopedia Of Soils In The Environment*, 20-26.
- Schlesinger, W. H. (2009). On the fate of anthropogenic nitrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 203-208.

- Smil, V. (1999). Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles*, 13, 647-662.
- Smith, S. J. & Cassel, D. K. (1991). Estimating nitrate leaching in soil materials. Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability. *Soil Science Society of America*, (s 677).
- Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201-207.
- Simmelsgaard, S. E. (1999). The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. *Soil Use and Management*, 14, 30-36.
- Silva, S., Kendall, C., Wilkison, D., Ziegler, A., Chang, C., & Avanzino, R. (2000). A new method for collection of nitrate from fresh water and the analysis of nitrogen and oxygen isotope ratios. *Journal of Hydrology*, 228, 22-36.
- Taban, S., Turan, M. A., & Katkat, A. V. (2013). Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10(1), 9-13.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Halvin, J. L. (1993). Soil Fertility and Fertilisers. (s 684).
- Thorup-Kristensen, K. (2001). Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? *Plant Soil*, 30, 185-195.
- Vázquez, N., Pardo, A., Suso, M. L., & Quemada, M. (2006). Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 112, 313-323.
- Vachaud, G. & Chen, T. (2002). Sensitivity of computed values of water balance and nitrate leaching to within soil- class variability of transport parameters. *Journal Hydrology*, 264, 87-100.
- Wild, A. & Cameron, K. (1980) Nitrate leaching through soils and environmental considerations with special reference to recent work in the United Kingdom. *Proceedings of the meeting on soil nitrogen as fertilizer or pollutant*, 289–306.
- Woli, P., Hoogenboom, G., & Alva, A. (2016). Simulation of potato yield, nitrate leaching, and profit margins as influenced by irrigation and nitrogen management in different soils and production regions. *Agricultural Water Management*, 171, 120-130.

Bilir, B. (2023). Tarımsal Kaynaklı Nitrat (NO₃⁻) Kirliliği Üzerine Çevre Faktörlerinin Etkisi. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 13-23.

Bilir, B. (2023). The Effect of Environmental Factors on Agricultural Nitrate (NO₃⁻) Pollution. *Sirnak University Journal Of Science*, 3(2), 13-23.