



Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

Hayriye İbrikçi^{1*} Mahmut Çetin² Hande Sağır¹ Mert Uçan²
M. Said Gölpınar² Ebru Karnez³

Özet

Drenaj sularının kalitesi, içeriğine ve çeşitli faktörlere bağlı olarak sınıflandırılmakta ve zaman içerisinde değişkenlik göstermektedir. Tarımsal faaliyetlerin yoğunluğuna bağlı olarak, drenaj suyuna karışan tuz ve nitrat (NO_3) konsantrasyonu, su kirliliğinin ve yeniden kullanım olasılığının belirlenmesinde önemli birer kriterdir. Nitrat konsantrasyonu, toprağa uygulanan azotlu (N) gübre miktarına, toprak yapısına, uygulanan sulama suyu ve yağış miktarına bağlı olarak yıl içerisinde değişkenlik göstermektedir. Aşağı Seyhan Ovası, Akarsu Sulama Sahasında (9495.0 ha) 2014 hidrolojik yılında (HY) drenajdan alınan su örneklerinde nitrat konsantrasyonları ölçülmüştür. Drenaj suyundaki nitrat konsantrasyonu Şubat ayında 35.2 mg L^{-1} 'ye ulaşmıştır, ancak yaz aylarında daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sahasında 2014 hidrolojik yılında hektardan 28.7 kg 'lık azot yıkanması olmuştur. Söz konusu yılın kurak olmasına rağmen, bu denli bir yıkanmanın olması ciddi bir sorundur. Bitki deseninin, yağışın ve alana giren su miktarının, drenaj suyunda nitrat konsantrasyonunu belirlemede önemli birer kriter oldukları belirlenmiştir. Drenaj sularındaki bu konsantrasyon değişimlerinin yıl içerisinde izlenmesi, gerek uygun gübreleme programları, gerekse çevre sağlığı açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Drenaj suyu, nitrat konsantrasyonu, zamansal değişim, bitki deseni

Monitoring the Nitrate Concentrations in Drainage in Irrigated Akarsu Irrigation District

Abstract

Drainage water quality could be classified based on its solute content and various influencing factors, and it varies in time. Nitrate (NO_3) and salt concentrations leached to the drainage water, as a result of the intensive agriculture, are important criteria in determination of the water quality. Nitrate concentration of drainage water is function of applied nitrogen (N) fertilizers rate, soil type, amount of irrigation water rainfall, and changes during the hydrological year. The experiment was carried out in Lower Seyhan Plain, Akarsu Irrigation District (9495.0 ha) during 2014 hydrological years (HY). The water samples were collected in different dates, and analyzed for nitrate concentrations. Nitrate concentration was 35.2 mg L^{-1} in Feb., highest concentrations were recorded in irrigation season (summer months). There was $28.7 \text{ kg N ha}^{-1}$ N movement to drainage in a hydrological year. Cropping pattern, rainfall and water supply to the study area became important criteria in determining the nitrate concentration in groundwater. Monitoring the concentrations during the HY is important for establishment of suitable fertilization programs and also environmental health.

Key words: groundwater, nitrate concentrations, temporal variability, cropping pattern

Giriş

Su kaynakları farklı düzeylerdeki nitrat kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Dünyanın birçok yerinde nitrat kirliliği su kalitesini etkileyen ana

etken olup, sudaki yüksek nitrat konsantrasyonu çevre ve sağlık açısından risk oluşturmaktadır (Andraski ve Bundy, 2002).

¹ Çukurova Univ. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

² Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

³ Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dekanlığı, Döner Sermaye İşletmesi, Adana

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

Kirlenici nedenler çok çeşitli olup, bunların başında insan faaliyetleri ve aşırı gübreleme gelmektedir (McLay ve ark., 2001; Cepuder ve Shukla, 2002). Tarım alanlarındaki aşırı azot uygulamaları, yeraltı ve taban sularında artan nitrat konsantrasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır (Andraski ve ark., 2000; Byre ve ark., 2001; Mahvi ve ark., 2005). Sulardaki nitrat konsantrasyonunun artması, global bir risk oluşturmakta ve gün geçtikçe de artmaktadır. Son yıllarda yarı-kurak bölgelerde, taban suyu nitrat konsantrasyonunun arttığı kaydedilmiştir (Aranibar ve ark., 2003; Walvoord ve ark., 2003). Ancak, nitratin topraktan yıkanmasında birçok faktörün etkili olduğu ve bunların tam olarak hesaplanmasında zorluklar olduğu rapor edilmektedir (DeVries ve Simmers, 2002; Walvoord ve ark., 2003; Schwiede, 2007). Bu çalışmalarda, nitrat kirliliğinin yersel dağılımlarının etkileri de ayrıca vurgulanmaktadır (Stadler ve ark., 2008). Yarı kurak bölgelerde, su ile doymun olmayan katmandaki yüksek nitrat konsantrasyonunun zamanla taban suyuna ve drenaja karışabileceği ve bunun hali hazırdaki arazi kullanımından etkilenebileceği; ancak, taban suyu kalitesini etkilemesinin de onlarca yıl alabileceği belirtilmektedir (Stadler ve ark., 2008).

Drenaj hacmi ve nitrat kayıplarının aynı zamanda yıllık yağış miktarının yanında, evotranspirasyona ve kış sıcaklıklarına göre dağılımına da bağlı olduğu görülmektedir. Yüzey altı drenajı, sonbahar sonu, kış mevsimi ve ilkbaharın başlarında öncelikle toprağın kış boyunca donmadığı coğrafi alanlarda gerçekleşmektedir (Kladivko ve ark., 1991, 1999, 2004; Drury ve ark., 1993; Fenelon ve Moore, 1998). İngiltere de yapılan 8 yıllık bir çalışmada, yüzey altı drenaj ile yıllık nitrat kayıplarının %84'ünün baklagil bitkilerin sonbaharda ekimi ve bahar aylarında N' lu gübre uygulaması arasında gerçekleştiğini göstermektedir (Goss ve ark., 1988). Yine, yüzey altı drenajı yoluyla nitrat kayıplarının %45 ila 85'inin bitkilerin az büyüdüğü bahar ve güz dönemlerinde gerçekleştiği görülmüştür (Bjorneberg ve ark., 1996).

Drenaj suyu ile nitrat-N taşınımı, drene olan suyun miktarına ve taşınan suyun nitrat konsantrasyonuna bağlıdır. Bir yıl boyunca

drenaj sularının nitrat-N konsantrasyonu yaklaşık olarak sabit seyrettiğinde, her bir yetiştirme sisteminin kendi karakteristiğine göre, yüzey altı sularına yıkanan yıllık nitrat-N konsantrasyonu öncelikle sızan su hacmine bağlıdır (Bolton ve ark., 1970; Letey ve ark., 1977; Goss ve ark., 1998; Tomer ve ark., 2003). Ürün deseni, taban suyu nitrat konsantrasyonunu etkileyen faktörlerden biridir. Bitki tarafından kullanılmayan nitrat-N'nin kurak dönemlerde yıkanmanın gerçekleşmeyip kök bölgesinde birikmesi ve yağışlı dönemde yıkanımın gerçekleşmesi sonucu konsantrasyon değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Dolayısıyla nitrat-N konsantrasyon ve kayıpları büyük oranda kurak ve yağışlı olan zamanlarda yetişen ürün desenine ve iklimsel değişimlere de bağlıdır (Logan ve ark., 1994; Randall, 1998). Bu etkiler, hem nehir kenarlarında, hem de tarımsal alanlarda görülmektedir.

Tarım alanlarından aşırı nitrat-azotunun taban suyunun yanısıra, yüzey ve drenaj sularına yıkanması da çevresel sorun yaratmaktadır (Cepuder ve ark., 2005; Schilling ve Wolter, 2007). Dere ve nehirlerle karışan su, besin elementi fazlalığına ve dolayısıyla ötrofikasyona neden olmaktadır (Addiscot ve ark., 1991; Rabalais ve ark., 1996; Dodds ve Welch, 2000).

Gübrelemenin fazla olması, toprak bünyesi, sulama koşulları ve sulama suyu nitrat konsantrasyonuna bağlı olarak, drenaj sularında ölçülen NO_3^- konsantrasyonu da oldukça yüksek olabilmektedir (Isidoro ve ark., 2006). Uygulanan azotlu gübrenin %30'a varan bir bölümü drenaja karışmaktadır.

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 (TSE, 1997; WHO, 1998). Ancak, TSE ve EC kritik düzeyi 25 mg L^{-1} olarak vermektedir. Avrupa'da yapılan bir çalışmada tarım alanlarının %22'sinden alınan taban suyu örneklerinde nitrat konsantrasyonu Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suları için

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

belirlenen 50 mg NO_3^- L⁻¹ sınır değeri seviyesini geçmiştir (Laegreid ve ark., 1999).

Su kaynaklarında yıkanmadan kaynaklanan azot konsantrasyonu genelde yerleşim alanlarında, tarımın ve gübre kullanımının yoğun olduğu alanlarda daha fazla olmaktadır (Nas ve Bertkay, 2006; Ju ve ark., 2006). İntensif tarım alanlarında da örneğin Ju ve ark. (2006)'nın bildirdiği gibi bitki deseni önemli olup, seralarda sebze yetiştirilen alanlardaki taban ve kuyu sularındaki nitrat konsantrasyonu artış göstermektedir. Üretilen bitki ne olursa olsun, N girdisi genelde bitkinin gereksindiğinden daha fazla bulunmuştur. Toprak profilindeki nitratın varlığı ve serbest su hareketinin fazlalığı yıkanmanın birinci koşuludur. Sulama suyunun fazlalığı ve aşırı yağışlar nitratın profildeki hareketini kolaylaştırmaktadır (Ju ve ark., 2003).

Dolayısıyla, yoğun tarım ve buna bağlı olarak gübreleme yapılan sulanabilir alanlarda drenaj suyundaki NO_3^- konsantrasyonunu zamansal olarak izlemek ve bunu ürün deseni ile ilişkilendirmek gerek tarımsal, gerekse çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Çukurova bölgesinde 2,130.00 da'lık Aşağı Seyhan Ovasında (ASO) yer almakta olup, toplam alanı 9,495 ha olan Akarsu sulama alt havzasında gerçekleştirilmiştir. Akarsu sahası Adana'nın güney-doğusunda ve Ceyhan Nehri'nin hemen batısında uzanmaktadır (Şekil 1). Bölge, ortalama 630 mm yağış ve ortalama 18.7 °C sıcaklık değerleri ile tipik Akdeniz iklimine sahiptir.

Bölgenin ürün deseni, 2006-2011 verilerine göre yaklaşık olarak %47 yaygınlıkta 1. ve 2. ürün mısır (toplamın yaklaşık %80'i de 1. ürün olarak gerçekleşmektedir), %25 hububatlar, %19 narenciye ve %6 pamuk olarak gerçekleşmiştir. Özellikle, hastalık ve zararlıların çokluğu, sulama sorunları, düşük tane verimi gibi nedenlerle 2. ürün mısırdan 1. ürüne belirgin bir kayış olmuştur. Dolayısıyla, 1. ürün mısır son yıllarda bölgenin ve havzanın en yaygın bitkisi olmuştur.

Yaygın Toprak Serileri

Çalışma alanında tanımlanmış toprak serilerinin dağılımları Şekil 2'de verilmiştir. Bölgede sulamanın yönetimi ve kontrolü için oluşturulmuş, Akarsu Sulama Birliğinin sahasındaki en yaygın toprak serileri Arıklı (%30), İncirlik (%27) ve Yenice (%14) serileridir. Bu üç toprak serisi tüm çalışma alanının %71'ini kaplamaktadır. Yayılımı en az olan toprak serileri ise; İsmailiye (%0.9), Gölyaka (%0.5) ve İnnaplı (%0.4) serileridir (Dinç ve ark., 1995).

Bitki Deseni

2014 yılına ait bitki deseni, proje araştırmacılarının yürütmekte oldukları IRAFLUT projesi kullanılarak belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Narenciye alanları, çalışma alanının doğusunda kalırken, kışlık bitki olan buğdayın dağılımı tüm alanda yaygın olarak gerçekleşmiştir.

Drenaj Kanalları ve Drenaj Suyu Örnekleme

Bölgenin sulama uygulamaları göz önünde bulundurularak, 1 Ekim ile izleyen yılın 30 Eylül tarihleri arasındaki süre "Hidrolojik yıl" olarak tanımlanmıştır. 1 Ekim – 1 Nisan tarihleri arasındaki süre, sulama dışı sezon (NIS) olarak, 1 Nisan – 30 Eylül tarihleri arasındaki sezon da sulama sezonu (IS) olarak adlandırılmıştır.

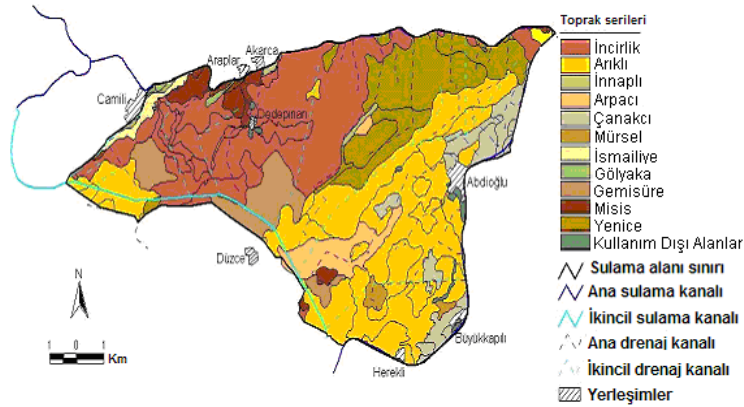
Çalışma alanına sulama ve drenaj kanalları ile giren (L3, L6, L7, L9; L2, L11) ve çıkan (L5, L4) su debilerinin ve miktarlarının ölçülmesi için 2006-2010 QUALIWATER projesi kapsamında sulama kanalları üzerine beş adet, drenaj kanalları üzerine üç adet akım gözlem istasyonu (AGİ) tesis edilmiştir (Şekil 3). Limnigrafların yer aldığı akım gözlem istasyonları ile saatlik olarak su debisi ve miktarı ölçülüp giren ve çıkan akımlar belirlenmiştir. Akım gözlem istasyonlarında, ölçülen su derinliklerinin debiye dönüştürülebilmesi için $Q=f(h)$ ilişkileri muline (debi ölçer) ile ölçümler yapılarak (Çetin ve ark., 2008) elde edilmiştir.

Drenaj suyu örnekleme, alanda yer alan ana çıkış drenaj kanalı (L3) üzerine tesis edilmiş otomatik örnekleyici (Şekil 3) yardımı ile (her gün saat 15.00'da) günlük olarak 350 ml su

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu



Şekil 2. Çalışma alanının toprak serileri

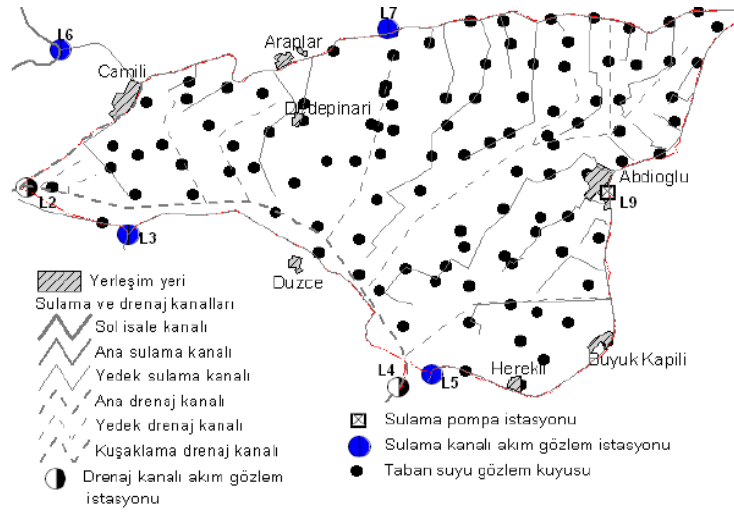
örneği alınmıştır. Alanda iki adet, L2 ve L11'nolu drenaj kanalları, su giriş noktası olup, sulama amaçlı kullanılmaktadır. L2 ve L11'nolu kanallarda yapılan su örnekleme 14 günde bir gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı drenaj çıkış noktası olan L4 noktasında günlük olarak alınan örnekler analiz edilmiş (Standart Methods, 1998) ve nitrat konsantrasyonları ortalama aylık mg L^{-1} olarak değerlendirilmiştir. Aylık ortalama konsantrasyonların, yıl içerisindeki değişimleri incelenmiştir.

Yöntem

Su Analizleri

Su örnekleme zamanları, otomatik örnekleycilere bağlı olarak belirlenmiştir. Otomatik örnekleyciler 14 gün boyunca örnekleme yapılmak üzere programlanmışlardır. Arazi zamanları da otomatik örnekleyci zamanına bağlı olarak belirlenmiş olup, her 14. günde bir araziye çıkılmıştır. Otomatik örnekleycide muhafaza edilmiş örnekler arazi şişelerine aktarılmışlar, otomatik örnekleycinin bulunmadığı örnekleme noktalarında ise

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi



Şekil 3. Sulama (L3, L5, L6, L7, L9), drenaj kanalları (L2, L4, L11) üzerinde tesis edilen akım

usulüne uygun bir şekilde su örneği alınımı gerçekleştirilmiştir. Alınan her bir örnek, analize hazırlanmak üzere laboratuara getirilip olası karışıklığı önlemek için önce laboratuvar kayıt defterine kaydedilmiş, huni yardımı ile mavi bant filtre kâğıdından geçirilerek temiz plastik şişelere süzülmüştür. Süzüm işleminin ardından, ya hemen nitrat analizleri yapılmış, ya da daha sonra analizi yapılmak üzere soğuk odada (+4 °C) bekletilmişlerdir. Su örneklerinde NO_3^- analizleri Standard Methods (1998) yöntemine göre yapılmış ve konsantrasyon değerleri mg L^{-1} olarak kaydedilmiştir.

Drenaj Sularında $\text{NO}_3\text{-N}$ Hesaplamaları

Örnekleme günlük olarak gerçekleştirilen drenaj sularında ölçülen NO_3 konsantrasyonları ve sürekli olarak limnigraflar ile kayıt altında tutulan drenaj suyu debi değerleri verilen formüllere göre yükü hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. Bulunan NO_3 yük değeri, 0.225 sayısı ile çarpılarak $\text{NO}_3\text{-N}$ 'na dönüştürülmüştür. Tarımsal ve çevre araştırmalarında azot kirliliğinin boyutunun incelenabilirliği için $\text{NO}_3\text{-N}$ 'nu yük olarak hesaplamak önemlidir.

Denklem 1

$$L_{\text{NO}_3, j} = 0.001 \left[\frac{Q_{oj} C_{oj} - Q_{inj} C_{inj}}{A} \right], \quad j = 1, 365$$

Denklem 1'de günlük $\text{kg NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ (L_{NO_3} ($\text{kg ha}^{-1} \text{ gün}^{-1}$)) yükü hesaplanmaktadır. Denklemde verilen Q_{oj} , Q_{inj} , çalışma alanına (ha) giren ve çıkan günlük drenaj miktarını (m^3); C, drenaj suyu konsantrasyon değerlerini (mg L^{-1}) ifade etmektedir.

Denklem 2

$$L_{\text{NO}_3, s} = \sum_{j=1}^t L_{\text{NO}_3, j}$$

Drenaj sularında ölçülen günlük NO_3 yükleri, sulamalı dönem ve yağışların görüldüğü sulamasız dönem olarak verilen denklem yardımı ile hesaplanarak, yük $\text{kg NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ olarak ifade edilmektedir. Denklem 2'de L_{NO_3} , hidrolojik yıl (t:365) boyunca t gün uzunluğundaki yağış ve sulama sezonlarına bağlı olarak dönemsel NO_3 yükleri hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analizler

Proje süresince elde edilen verilerin istatistiksel analizleri paket bilgisayar programları kullanılarak yapılmıştır. Verilerde özellikle dağılım ve gruplama analizleri yapılmıştır.

Bulgular

Gübre Uygulamaları

Bölge çiftçileri ile yapılan gübreleme anketi çalışmalarına göre, çeşitli bitkilere uygulanan gübre dozları 60 ile 340 kg N ha^{-1} arasında

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

değişim göstermiştir (Çizelge 1). Bu dozların çoğu, yapılan gübre önerilerinin çok üzerindedir. Örneğin, bölgenin başlıca bitkileri olan buğdaya ve mısıra uygulanan doz önerilen N dozundan çok fazladır. Kaldı ki, gübre uygulamalarındaki bu fazlalık taban ve drenaj sularına yıkanma ile kendini göstermektedir.

Çizelge 1. Geleneksel çiftçi gübre uygulamaları

Bitkiler	Uygulanan gübre miktarları, kg N ha ⁻¹
Buğday	195
1. Ürün Mısır	340
2. Ürün Mısır	325
Narenciye	180
Pamuk	235
Kavun-Karpuz	130
Sebzeler	110
Diğerleri	60

Çalışma alanının bitki deseni incelendiğinde, buğday ve kısmen de 1. ürün mısırın dışındaki çoğu bitkiler, sulamaya bağlı olarak genelde yaz mevsiminde yetişmektedir. Dolayısıyla, buradaki en büyük etken yazlık bitkilerin sulama suyuna bağlı olarak verilen azotu kullanmaları; sıcaklığa ve evapotranspirasyona bağlı olarak da aşağı doğru fazla su hareketinin olmamasıdır. Yaz dönemi bitkileri uygulanan azotlu gübreleri fazlasıyla topraktan alabilmektedirler (Isidoro ve ark., 2006). Narenciyeye uygulanan N ise, bölge çiftçilerinin tercihi olarak genelde damla sulama ile yılın belli zamanlarında periyodik olarak verilmektedir. Kaldı ki, narenciye bölgelerinde en fazla yıkanma yine kış yağışlarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Damla sulama ile gerçekleşecek olan yıkanma çok fazla olmayıp yalnız kök bölgesinde kalacaktır.

Rutin olarak yapılacak toprak ve bitki analizleri ile çiftçi eğitimleri, uygulanacak gübre dozunun belirlenmesinde ve kullanıcılar tarafından kabul görmesinde çok etkili olacaktır (Karnez, 2010).

Çizelge 2. 2014 hidrolojik yılında drenaj suyu miktarları ve nitrat konsantrasyonları

Aylar	Drenaj suyu (mm)	Drenaj_NO ₃ konsantrasyonu (mg L ⁻¹)	Drenaj NO ₃ -N yükü (kg N ha ⁻¹)
Ekim	71.0	13.0	2.12
Kasım	4.9	10.0	0.97
Aralık	55.0	12.0	1.50
Ocak	39.8	20.1	1.80
Şubat	21.7	35.2	1.75
Mart	36.3	25.0	2.08
Nisan	70.2	16.5	2.62
Mayıs	86.9	28.1	5.52
Haziran	76.8	19.5	3.38
Temmuz	97.0	15.3	3.35
Ağustos	77.1	12.3	2.14
Eylül	66.4	10.1	1.52
Toplam	741.0		28.7

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

Drenaj Suyunda Nitrat Konsantrasyonu ve Yüğü

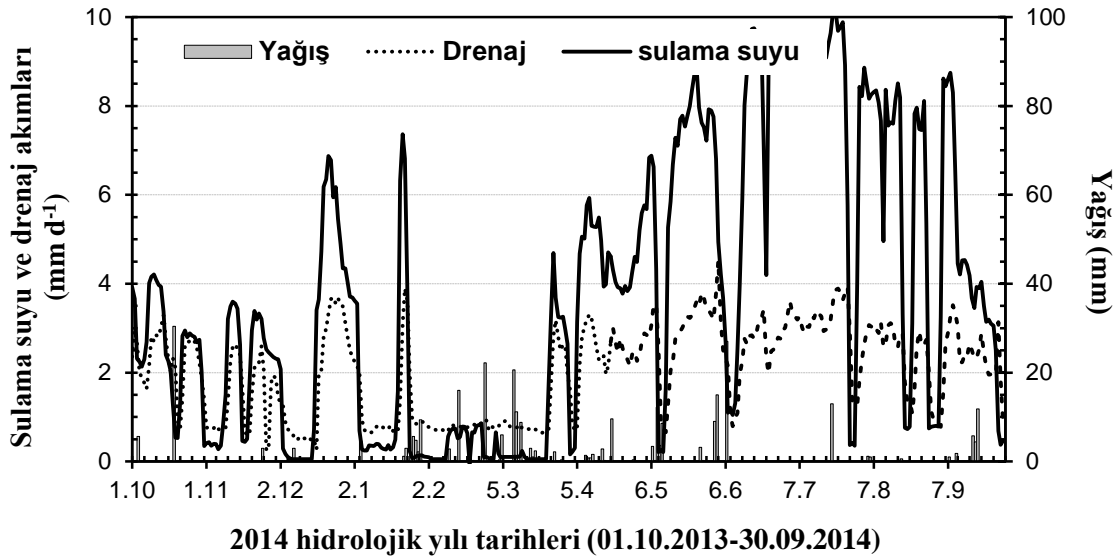
2014 hidrolojik yılına ait aylık ortalama drenaj suyu ve nitrat konsantrasyon değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Aylık ortalama drenaj suyu miktarları sulama mevsimi dışında kalan Kasım – Mart ayları arasında 4.9 – 55.0 mm arasında değişmiştir. Kış aylarında yağışın fazla olmasına rağmen, drenaj suyu miktarı düşük kalmıştır. Özellikle Ekim ayı, genelde sulama mevsimi dışı olmasına rağmen drenaj suyu miktarı yaz aylarına benzerlik göstermiştir. 2014 yılının kurak geçmesi nedeniyle Ekim ayında da sulamaya gerek duyulmuştur. Nisan ile Eylül ayları arasında drenaja karışan su miktarı aylık ortalama 66.4 ile 97.0 mm arasında değişmiş olup, Temmuz ayı drenajın en yüksek olduğu ay olarak kaydedilmiştir. Yıl içerisindeki toplam drenaj suyu miktarı 741 mm olup, yıllık sulama suyu ve yağışın toplamının yarısına yakın olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca, drenaj sularındaki nitrat konsantrasyon ve yüklerinin tartışılması açısından Akarsu sulama havzasına giren sulama suyu ve yağış değerleri farklı bir çalışmadan alınarak aylık drenaj sularına karşı grafiklenmiştir (Şekil 4). Hidrolojik yıla ait toplam sulama suyu 1389.3 mm olarak kaydedilmiştir. Uzun yıllara ait yıllık ortalama yağış miktarından ayrıcalıklı olarak 2014 yılı toplam yağış miktarı 321 mm

olarak rapor edilmiştir. Uzun yıllar içerisinde değerlendirildiğinde bu düzey bölge için oldukça düşük kalmış ve tüm N yıkanma dinamiklerini etkilemiştir (Ibrıkci ve ark., 2015).

Hem yağışlı dönemde hem de sulama mevsimi süresince çalışma alanına giren sulama suyu ile çıkan drenaj suyu miktarları zamansal seyirlerinde bir paralellik göstermektedirler. Sulama suyu arttıkça, drenaj suyu miktarı da artış göstermiştir. Çalışma alanındaki su hareketlerinde 2014 yılında yağışın çok etkili olmadığı görülmektedir. Yaz aylarındaki drenaj suyu miktarı sulama suyu miktarının çok altında kalmıştır. Dolayısıyla, sıcak ve kuru havanın etkisi ile beraber bitkiler tarafından da fazla su kullanımı drenaj olarak kayıpları azaltmıştır.

Aylık ortalama NO_3 konsantrasyonları tüm hidrolojik yıl için 10.0 ile 35.2 $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. En yüksek NO_3 konsantrasyonları Şubat ve Mart gibi kış ayları ile (35.2 ve 25.0 mg L^{-1}), sulama mevsiminde olan Mayıs ayında en yüksek (28.1 mg L^{-1}) bulunmuştur (Çizelge 2). Çukurova Bölgesinde Kasım-Aralık aylarında ekimi yapılan buğdaya uygulanan taban gübresi ile birinci üst gübre uygulamasından sonra toprakta bulunan azot henüz bitki tarafından alınmadan drenaja yıkanmıştır. Aynı zamanda, kış aylarında



Şekil 4. Sulama (I), drenaj (Q) ve yağış (P) sularının zamansal değişimi

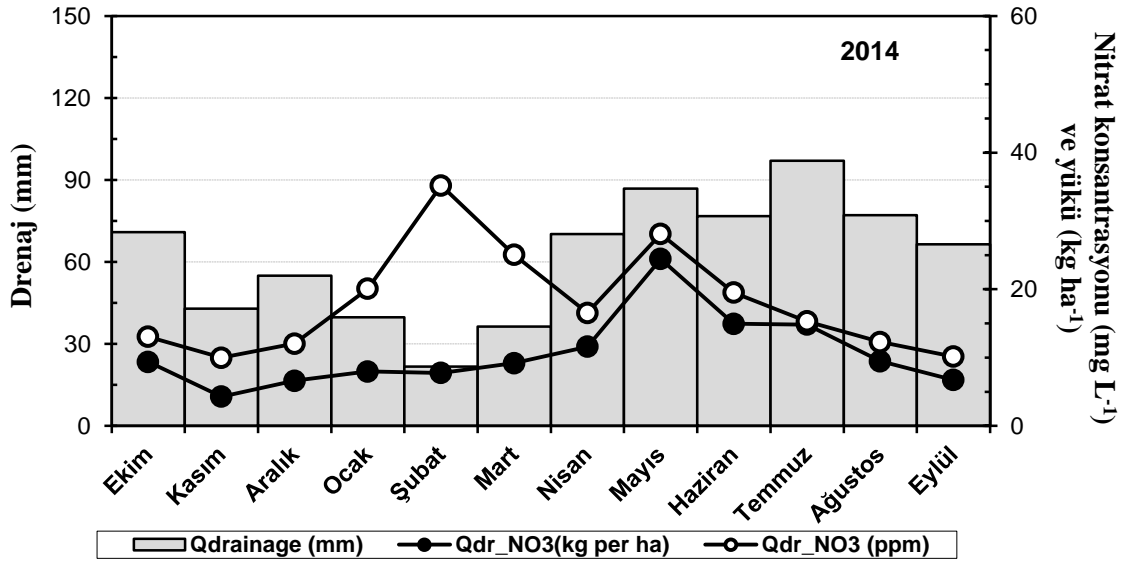
Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

drenajın az olmasından dolayı da konsantrasyonda bir yükselme olabilmektedir. Sulama mevsiminde ise, fazla miktardaki drenaj sularının yarattığı seyrelmeden dolayı konsantrasyon değerleri düşük çıkmıştır. Öte yandan, birinci ve ikinci ürün mısıra, soya, pamuk ve birçok lokal sebzelere uygulanan N'lu gübrelerden drenaja N yıkanması beklenirken, konsantrasyonun düşük çıkması aynı zamanda bitkiler tarafından alıma ve N'un drenaja kadar yıkanamaması nedeni ile de ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, söz konusu olan bu konsantrasyon değerleri kritik kirletici düzeylerin altında kalmıştır (WHO, 1998).

Nitrat konsantrasyonu ile yük değerlerinin dağılımı arasında yakın bir benzerlik vardır (Şekil 5). Kışlık bitkilere fazla gübre uygulaması Aralık-Nisan arasında sulardaki konsantrasyonu yükseltmiş, ancak, su debisi

sulama mevsimi dışında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, sulama suyu drenaja azot yıkanmasında önemli bir etken olmaktadır. 2014 yılına ait 28.7 kg'lık toplam azot yük miktarı, diğer yılların yük değerleri ile karşılaştırıldığında söz konusu yıldaki kuraklıktan dolayı düşük kalmıştır.

Öte yandan, sulama suyu ile çalışma alanına giren ve drenajla çıkan günlük nitrat miktarları Şekil 6'de ilişkilendirilmiştir. Kullanılan sulama suyu Seyhan Baraj gölünden alınması nedeniyle oldukça temiz ve nitrat konsantrasyonu da düşüktür. Bu nedenle, sulama suyu ile çalışma alanına giren nitrat miktarı oldukça düşük olup, sulama mevsiminde çok az artış göstermiştir. Her sulamaya bağlı olarak, drenaja karışan nitrat miktarı da aynı trendi izlemiştir.



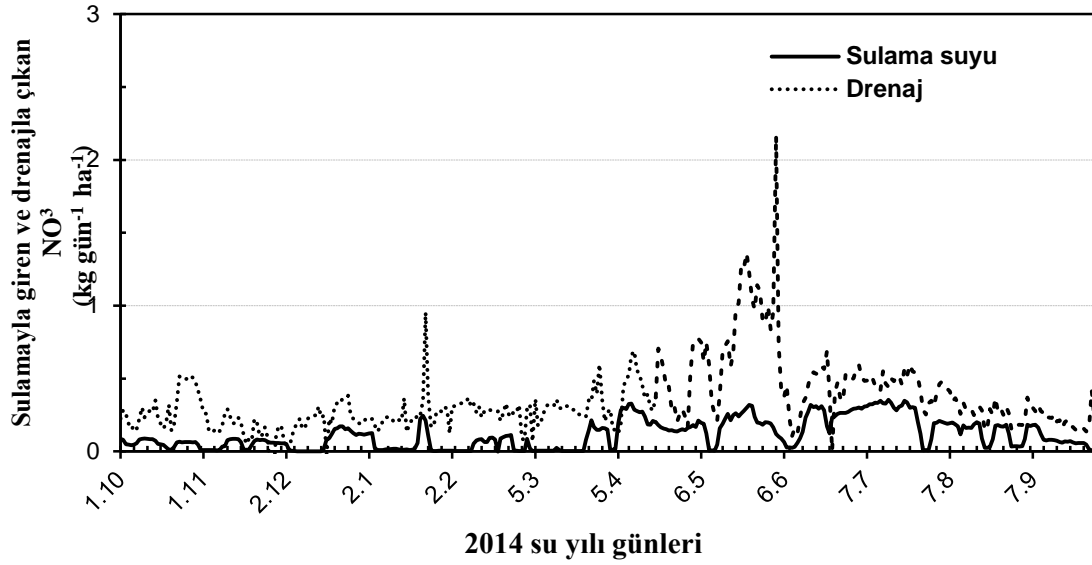
Şekil 5. 2014 yılı nitrat konsantrasyonu ve yükü arasındaki ilişki

düşük olduğundan yük değerleri belli bir düzeyde kalmış ve konsantrasyon değerleri ile paralellik göstermiştir. Aylık yük değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Nisan ve Eylül arasındaki sulama mevsiminde aylık yük değerleri daha yüksek bulunmuş ve Mayıs ayında 5.52 kg N ha⁻¹'a kadar çıkmıştır. Örneğin, drenajdaki toplam yük miktarı 28.7 kg N ha⁻¹ olurken, bunun 10.2 kg'ı (%36'sı)

Sonuçlar ve Öneriler

Tüm bu çalışmalar sonucunda, hidrolojik yıl içerisinde dönemsel olarak drenaj suyundaki taban suyu nitrat konsantrasyonlarının değiştiği, gübreleme zaman ve miktarları ile alana giren su miktarının değişim üzerine önemli ölçüde etkili olduğu bu bir yıllık çalışmada tüm detayları ile ortaya konulmuştur.

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi



Şekil 6. 2014 yılı sulama ile giren ve drenajla çıkan nitrat yük değerleri

Yıllar içerisinde bazı değişiklikler olsa da, ürün deseninin genelde değişmediği; mısır, buğday, narenciye ve pamuk bitkilerinin bölgenin ana bitkileri olduğu dikkat çekmiştir. Dolayısıyla, bu bitkilere uygulanan azotlu gübre çeşitleri, dozları ve gübreleme, drenaj suyundaki N statüsünün belirlenmesinde önemlidir.

Yapılan çiftçi anketlerine göre, elde edilen azotlu gübre dozları genelde akademik araştırma projeleri sonuçlarının çok üzerinde bulunmuştur. Dolayısıyla, ürün desenine bağlı olarak sulama ve gübreleme programlarının sürekli gözden geçirilerek, başta drenaj ve taban suyu olmak üzere su kaynaklarına nitrat yıkanması kontrol altında bulundurulmalıdır. Bu türlü bir kirlenmenin düzeltilmesi veya geri dönüşümü yok denecek kadar azdır.

Bölgede uygulanmakta olan sulama sistemlerinin, su tasarrufuna yönelik olarak yaygınlaştırılması hem su ekonomisi hem de su kullanım etkinliğini iyileştirmesi açısından önemli olacaktır.

Ayrıca, bölgesel olarak elde edilen araştırma sonuçlarının başta Sulama Birlikleri ve çiftçiler olmak üzere tüm kullanıcılara aktarılması önemli bir gerekliliktir.

Teşekkür

Bu proje, Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Araştırma Fonu Komisyonu Başkanlığı tarafından ZF2013BAP23 nolu proje olarak desteklenmiş olup teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Addiscot, T.M., Whitmore, A.P. and Powlson, D.S., 1991. Farming fertilizers and the nitrate problem. CABI Publ. Wallingford, UK.
- Andraskı, W., Bundy, G. And Brye, R., 2000. Crop Management and Corn Nitrogen Rate Effects on Nitrate Leaching. Journal of Environmental Quality. 29(4): 1095-1103. ISSN 0047-2425.
- Andraskı, T.W. and Bundy, L.G., 2002. Using the Presidedress Soil Nitrate Test and Organic Nitrogen Crediting to Improve Corn Nitrogen Recommendations. Agronomy Journal. 94: 1411-1418.
- Aranibar, J.N., Anderson, I.C., Ringrose, S. and Macko, S.A., 2003. Importance of nitrogen fixation in soil crusts of southern African arid ecosystems: acetylene reduction and stable isotope studies. Journal of Arid Environments. 54: 345-358.
- Babiker, I.S., Mohamed, M.A.A., Terao, H., Kato, K. and Ohta, K., 2004. Assessment of

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

- groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. *Environment International*. 29: 1009-1017.
- Byre, K.R., Norman, J.M., Bundy, L.G. and Gower, S.T., 2001. Nitrogen and Carbon Leaching in Agroecosystems and Their role in Denitrification Potential. *Journal of Environmental Quality*. 30: 58-70.
- Cepuder, P. and Shukla, M.K., 2002. Groundwater nitrate in Austria: a case study in Tullnerfeld. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 64: 301-315.
- Cepuder, P., Nolz, R. and Aus Der Schmitt, V., 2005. Evaluation of Land Use with Respect to Nitrogen Leaching. *Geophysical Research Abstracts*. (7): 06821.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinçi, H., Ağca, N. ve Schlichting, E., 1995. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat fakültesi yardımcı ders kitabı, No: 26. 2. baskı.
- Devries, J.J. and Simmers, I., 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*. 10: 5-17.
- Dodds, K.L. and Welch, E.B., 2000. Establishing nutrient criteria in streams. *Journal of the North American Benthological Society*. 19: 186-196.
- E.U., 1991. Directive of the Council of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution by nitrate from agricultural sources, Directive number 91/676/EG. Brussels: European Union. (In Dutch).
- Hudak, P.F., 1999. Chloride and nitrate distributions in the Hickory aquifer, Central Texas, USA. *Environment International*. 25: 393-401.
- Isidoro, D., Quilez, D. and Aragües, R., 2006. Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate expeot in darinage water. *Journal of Environmental Quality*. 35: 776-785.
- Ju, X.T., Liu, X.J. and Zhang, F.S., 2003. Accumulation and movement of $NO_3^- - N$ in soil profile in winter wheat/summer maize rotation system. *Acta Pedologica Sinica* 40: 538-546 (in Chinese with English abstract).
- Ju, X.T., Kou, C.L., Zhang, F.S. and Christie, P., 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*. 143: 117-125.
- Kaplan, M., Sönmez, S. and Tokmak, S., 1999. Antalya-Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri. *Journal of Agriculture and Forestry*. 23: 309-313.
- Kraft, G.J. and Stites, W., 2003. Nitrate impacts on groundwater from an irrigated-vegetable systems in a humid north-central US sand plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 100: 63-74.
- Laegreid, M., Bockman, O.C. and Kaarstad, O., 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. CABI Publishing in association with Norsk Hydro ASA. Norsk Hydro ASA. Porsgrunn, Norway.
- Liu, X.H., Ju, X.T., Zhang, F.S., Pan, J.R. and Christie, P., 2003. Nitrogen dynamics and budgets in a winter wheat-maize cropping system in the North China Plain. *Field Crops Research*. 83(2): 111-124.
- Liu, G.D., Wu, W.L. and Zhang, J., 2005. Regional differentiation of non-point source pollution of agriculture-derived nitrate nitrogen in groundwater in northern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 107: 211-220.
- Mahvi, A.H., Nouri, J., Babaei, A.A. and Nabizadeh, R., 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*. (2)1: 41-47.
- Mclay, C.D.A., Dragten, R., Sparling, G. and Selvarajah, N., 2001. Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use: a comparison of three approaches. *Environmental Pollution*. 115: 191-204.
- Nas, B. and Berktaş, A., 2006. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective.

Sulu Tarımın Yapıldığı Akarsu Sulama Havzasında Drenajla Oluşan Azot Kayıplarının Zamansal İzlenmesi

- Journal of Environmental Management. 79: 30-37.
- Öztekin, M.E., 2009. Kuzey Yüreğir bölgesi bitki deseninin düşük maliyetli ASTER sayısal uydu verisi ile izlenebilirliğinin araştırılması. Proje No: ZF2007BAP2. Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi. Adana.
- Praharaj, T., Swain, S.P., Powell, M.A., Hart, B.R. and Tripathy, S., 2002. Delineation of groundwater contamination around an ashpond Geochemical and GIS approach. Environment International. 27: 631-8.
- QUALIWATER Projesi, FP6, 2010. Sonuç raporu.
<http://www.iamz.ciheam.org/qualiwater/content/dos/reports.htm>.
- Rabalais, N.N., Wiseman, W.J., Turner, R.E., Sen Gupta, B.K. and Dortch, Q., 1996. Nutrient changes in the Mississippi River and system responses on the adjacent continental shelf. Estuaries. 19: 386-407.
- Ramos, C., Agut, A. and Lidon, A.L., 2002. Nitrate leaching in important crops of the Valencian Community region (Spain). Environmental Pollution. 118: 215-223.
- Schilling, K.E. and Wolter, C.F., 2007. A GIS-based groundwater travel time model to evaluate stream nitrate concentration reductions from land use change. Environmental Geology. 53: 433-443.
- Schwiede, M., 2007. Erkundung der Prozesse der Nitratanreicherung in Aquiferen des südlichen Afrikas-Ermittlung von Ursache und Ausmaß der Nitratauswaschung aus Böden ins Grundwasser im Projektgebiet Serowe/Orapa. Ph.D. Thesis, University of Hannover, Germany.
- Stadler, S., Osenbrück, K., Knöller, K., Suckow, A., Sültenfub, J., Oster, H., Himmelsbach, T. and Hötzl, H., 2008. Understanding the origin and fate of nitrate in groundwater of semi-arid environments. Journal of Arid Environments. 72: 1830-1842.
- Standard Methods, 1998, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation USA.
- TSE, Drinking Water Turkish Standards, 1997. Turkish Standards (TSE-266). Ankara.
- Walvoord, M.A., Philips, F.M., Stonestrom, D.A., Evans, R.D., Hartsough, P.C., Newman, B.D. and Striegl, R.G., 2003. A reservoir of nitrate beneath desert soils. Science. 302(7): 1021-1024.
- World Health Organization (Who), 1998. Anon. 1998. Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization. Geneva.