

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hande SAĞIR

**ÇUKUROVA BÖLGESİNDE DRENAJ SULARINDA NİTRAT
KONSANTRASYONLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇUKUROVA BÖLGESİNDE DRENAJ SULARINDA NİTRAT
KONSANTRASYONLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

Hande SAĞIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Bu Tez 30/07/13 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ Prof. Dr. Mahmut ÇETİN Doç. Dr. E. Bülent ERENOĞLU
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2012YL21**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇUKUROVA BÖLGESİNDE DRENAJ SULARINDA NİTRAT
KONSANTRASYONLARININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

Hande SAĞIR

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
Yıl: 2013, Sayfa: 83
Jüri : Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
: Doç. Dr. E. Bülent ERENOĞLU

Tarımsal üretimi etkileyen fiziksel, kimyasal ve sosyo-kültürel faktörler çiftçiler tarafından kolaylıkla kontrol edilemezken, çevre ile barışık etkin bir bitkisel üretimi için sulama ve gübrelemeyi kontrol etmek mümkündür. Azotlu gübreler tüm dünyada bitkiler için kullanılan önemli bir besin elementidir. Ancak, fazla miktarlarda uygulanan gübreler özellikle de kontrolsüz ve aşırı sulama suyu ile birleştiğinde azotun, özellikle nitrat (NO_3) formları bitkiler tarafından alınmadan profil boyunca yıkanarak taban suyuna ve drenaj sularına karışmaktadır. Dolayısıyla, geleneksel sulamanın yapıldığı alanlarda iyi bir tarımın yapılabilmesi için uygun gübreleme, sulama ve drenaj sistemlerinin de oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle, drenaj sularındaki NO_3 durumunun zamansal olarak izlenmesi çevresel ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Bu çalışma, hidrolojik olarak sınırları iyi belirlenmiş olan ve ürün deseni ile gübre uygulama dataları bilinen Akarsu Sulama Alanında (9495 ha) yürütülmüştür. İki yıl süresince farklı zamanlarda alınan drenaj suyu örneklerinde nitrat konsantrasyonları ölçülmüş ve nitrat yükleri hesaplanmıştır. Yıllar içerisinde 60.4 ve 70.2 kg $\text{NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ drenaj suyuna yıkanmıştır. Dolayısıyla, bu yıkanma bölgenin ürün deseni, gübreleme ve sulama faaliyetleri ile yakından ilgilidir. Bu nedenle, gerek daha iyi bir bitkisel üretim ve nitrat kirlenmesini önlemek açısından, gerekse çiftçi ekonomisi açısından uygun bir bölgesel sulama ve gübreleme programı geliştirmek oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Drenaj Suyu, Nitrat Konsantrasyonu, Nitrat Yükü

ABSTRACT

MSc THESIS

TEMPORAL VARIATION OF NITRATE CONCENTRATIONS IN DRAINAGE WATERS AT CUKUROVA REGION

Hande SAĞIR

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Supervisor : Prof. Dr. Hayriye IBRIKCI

Year: 2013, Pages: 83

Jury : Prof. Dr. Hayriye IBRIKCI

: Prof. Dr. Mahmut CETIN

: Assoc. Prof. Dr. E. Bulent ERENOGLU

None of those physical, chemical and socio-cultural factors affecting the agricultural production could easily be controlled by the farmers; however, irrigation and fertilization as the main agricultural practices can be improved for efficient and environmentally sound agriculture. Nitrogen (N) fertilizers are the main plant nutrient source used for all the crops worldwide, however, its excess use when combined with unsuitable and surplus irrigation water, especially its nitrate (NO_3) forms could move through the soil profile and also to the groundwater and drainage systems as being less available for the plant use. Therefore, it is important to establish a suitable fertilization and irrigation programs as well as a drainage system for improved crop production under conventionally irrigated areas. Temporally monitoring the NO_3 status in drainage waters can be an approach for assessment of the N loss that is environmentally and economically important. This study carried out in hydrologically well defined Akarsu Irrigation District (9495 ha) where cropping pattern and fertilizer practices are known from the local data. Nitrate concentrations were measured in temporally collected irrigation return flows (drainage waters) and nitrate loads were calculated in two years (2011-2012). During these two years, 60.4 and 70.2 kg $\text{NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ leached to the drainage waters, respectively. Temporal variations of nitrate concentrations and $\text{NO}_3\text{-N}$ loads in drainage waters were related to cropping pattern, irrigation and fertilization practices. It is important to establish improved irrigation and fertilization practices for better crop production, protection of the nitrate pollution in water sources as well as the farmers' economy.

Keywords: Irrigation Return Flow, Nitrate Concentration, Nitrate Load

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim süresince her zaman bilgisini, tecrübesini ve yardımlarını benden esirgemeyen, bana her zaman, her koşulda destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin her aşamasında bana yardımcı olan, sabırla sorularımı cevaplayan yüksek lisans tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mahmut ÇETİN' e ve bilgileriyle bana katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. E. Bülent ERENOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesine atandığımdan itibaren bilgi ve deneyimlerini paylaşan, öğreten ve günün her saatinde ulaşabildiğim Hocam Dr. Ebru KARNEZ' e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda saha örneklemesinin sorunsuz ve düzenli bir şekilde yürütülmesinde özveriyle çalışan Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğrencilerine teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca sabır ve destekleriyle bana güç veren, manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım esnasında maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne (Proje no: ZF2012YL21) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Doğada Azot Döngüsü	5
2.2. Sulama Uygulamaları ve Yağış.....	6
2.3. Toprakta Azot Mineralizasyonu	10
2.4. Ürün Deseni ve Üretim Koşulları.....	11
2.5. Gübreleme	13
2.5.1. Azotlu Gübre Dozları	13
2.5.2. Gübre Uygulama Zamanı	15
2.5.3. Nitrifikasyon İnhibitörleri.....	17
2.6. Toprak İşleme	17
2.7. Drenaj Kanallarında Tesis ve Altyapı	19
3. MATERYAL VE YONTEM	21
3.1. Çalışma Alanı	21
3.1.1. Coğrafi Konumu	21
3.1.2. İklim.....	22
3.1.3. Toprak Özellikleri ve Yaygın Toprak Serileri.....	23
3.2. Ürün Deseni ve Uygulanan Gübre Dozları	27
3.2.1. Ürün Deseni	27
3.2.2. Uygulanan Gübre Azotu Dozları	30
3.3. Sulama Koşulları ve Drenaj Şebekesi	30
3.4. Su Örnekleme ve Analizleri	32
3.4.1. Sulama Suyu ve Su Örnekleme.....	34

3.4.2. Yağmur Suyu Örneklemeesi.....	34
3.4.3. Drenaj Kanalları ve Drenaj Suyu Örneklemeesi	35
3.4.3.1. Drenaj Fraksiyonu	36
3.4.3.2. Drenaj Sularında NO ₃ -N Hesaplamaları.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	39
4.1. Bitki Ürün Deseni.....	39
4.2. Gübre Azotu Dozları	43
4.3. Alana Giren Su Kaynakları ve Drenaj Suları	46
4.3.1. Sulama Suyu Miktarı ve Nitrat Konsantrasyonu	46
4.3.2. Yağış Miktarı	50
4.3.3. Drenaj Suları.....	52
4.3.3.1. Çalışma Alanından Drene Olan Su Miktarı.....	52
4.3.3.2. Drenaj Fraksiyonu.....	54
4.3.3.3. Drenaj Suyu Nitrat Konsantrasyonu	56
4.3.3.4. Drenaj Suyu NO ₃ -N Yüğü	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	2
Çizelge 2.1. Toprak-bitki-atmosfer sisteminde N-girdileri, N-kayıpları ve N-dolaşımı (Güzel ve ark 2002).....	6
Çizelge 3.1. 2011 ve 2012 Hidrolojik Yıllarında çalışma alanına ait iklim verileri	23
Çizelge 3.2. Çalışma Alanında 2011 ve 2012 yıllarına ait kışlık ve yazlık ürün deseni ve kapladığı alanlar	28
Çizelge 3.3.2011 ve 2012 yıllarına ait çalışma alanında bitkilerin alansal dağılımları ve uygulanan gübre miktarları.....	30
Çizelge 4.1.2011 yılına ait ürün deseninde yer alan bitkilerin alansal dağılımlarına göre alana giren N gübre miktarları.....	44
Çizelge 4.2. 2012 yılına ait ürün deseninde yer alan bitkilerin alansal dağılımlarına göre alana giren N gübre miktarları.	45
Çizelge 4.3. Aylık verilen sulama suyu miktarı (mm).....	48
Çizelge 4.4. Sulama suyunun (mm) NIS, IS ve HY dönemlerine göre dağılımı.....	49
Çizelge 4.5. 2011 ve 2012 yıllarında alanda ölçülen yağış miktarı (mm)	51
Çizelge 4.6. Yağış miktarının (mm) NIS, IS ve HY dönemlerine göre dağılımı.....	52
Çizelge 4.7. Sulama suyu ve drenaj suyu miktarları.....	53
Çizelge 4.8. Drenaj miktarının (mm) HY, IS ve NIS dönemlerine göre dağılımı	54
Çizelge 4.9. 2011 ve 2012 yıllarına ait aylık drenaj fraksiyonu (%) değerleri.....	54
Çizelge 4.10.2011 ve 2012 yıllarına ait drenaj fraksiyon değerlerinin (%) HY, . IS ve NIS dönemlerindeki dağılımı.....	56
Çizelge 4.11.Drenaj suyu NO ₃ konsantrasyonlarının aylık dağılımı	57
Çizelge 4.12.Farklı su kaynaklarında NO ₃ -N yük miktarlarının (kg NO ₃ -N ha ⁻¹), HY, IS ve NIS dönemlerine göre dağılımı.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Orta Şili’ de tipik bir çiftlik için kavramsal bir model (Flores ve ark., 2004).....	5
Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki konumu	21
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yağış, buharlaşma ve sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi (Keskiner, 2008)	22
Şekil 3.3. Çalışma alanı yaygın toprak serileri ve dağılımları	24
Şekil 3.4. Çalışma alanda yaygın toprak serilerinin tüm alana dağılım oranları	25
Şekil 3.5. Çalışma alanına ait 2011-2012 hidrolojik yıllarında yazlık ve kışlık bitki deseni haritası (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)	29
Şekil 3.6. Çalışma alanı haritası.....	31
Şekil 3.7. Akarsu Sulama Birliği alanı ve alana su giriş noktaları (sulamadan girenler; L3, L6, L7, L9, drenajdan girenler; L2, L11)	31
Şekil 3.8. Sulama (L3, L5, L6, L7, L9), drenaj kanalları (L2, L4, L11) üzerinde tesis edilen akım gözlem istasyonları (AGİ’ ler) ve Meteoroloji istasyonu (L8).....	33
Şekil 3.9. Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında akım gözlem istasyonlarında örnekleme çalışması ve limnigraf görüntüsü	34
Şekil 3.10. Meteoroloji istasyonu (L8) ve yağmur suyu örnekleme	35
Şekil 3.11. Havza çıkışındaki drenaj kanalı üzerine tesis edilen AGİ (L4)’ te bulunan ve otomatik örnekleyciden drenaj su örneklerinin alınımı.....	36
Şekil 4.1. 2011-2012 yılları arasındaki kışlık ürün deseninde alansal (ha) değişim (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)	42
Şekil 4.2. 2011-2012 yılları arasındaki yazlık ürün deseninde alansal (ha) değişim (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)	42
Şekil 4.3. Sulama suyu miktarlarının (mm) aylara göre dağılımı	49
Şekil 4.4. 2011 Hidrolojik Yılına ait aylık drenaj suyu miktarı ve NO ₃ konsantrasyon değerleri ile gübre uygulama zamanları (harflendirilerek Şekil 4.5’ te verilmiştir.)	59

Şekil 4.5. 2012 Hidrolojik Yılına ait aylık drenaj suyu miktarı ve NO ₃ konsantrasyon değerleri ile gübre uygulama zamanları.....	59
Şekil 4.6. 2011 ve 2012 yıllarına ait NIS ve IS dönemlerinde drenaj sularında NO ₃ -N yükü	61

1.GİRİŞ

Artış gösteren dünya nüfusunun beslenmesi ve ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gıda ve ham madde ihtiyacı artmıştır. Bu artışı karşılayabilmek için daha çok tarımsal üretime ihtiyaç vardır. Ancak, sınırlı bir doğal kaynak olan toprak ve su kaynaklarının azalması veya mevcut kaynakların kullanılamaz duruma gelmesinin sonucunda bu kaynakları koruyacak ileriye dönük çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlara bağlı olarak, bitki üretimini ve verimini etkileyen pek çok yöntemin incelenmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesi sonucunda önlemlerin alınması kaçınılmaz olmuştur.

Sulama ve gübreleme, verim ve kalite parametreleri açısından kontrol edilebilirliği olan en önemli tarımsal girdi olarak nitelendirilen ve çevre kirliliği ile sürdürülebilirlik açısından önem taşıyan uygulamalardır. Gübre uygulamalarında, organik ve inorganik gübreler kullanılmaktadır. Organik gübrelerin teminin zor oluşu, bitki besleme açısından yarayışlı forma dönüşebilmesi için uzun zamana ihtiyaç duyulması, formundan dolayı homojen olarak uygulanmasının zor olmasının yanı sıra bitki besin elementi içeriğinin verim ve kalite açısından başarılı bir yetiştiricilik için yetersiz gelmesi kullanımını sınırlamaktadır. Ancak, toprağa yapacağı iyileştirici etki tartışılmazdır. Bu nedenle, inorganik gübrelerin kısa sürede çözünebilir olması, içeriğinin bilinmesi neticesinde kontrollü uygulamaya imkân vermesi, saklanabilir olması ve daha az uygulama ile birden fazla bitki besin elementi uygulanabilirliği açısından tercih edilmesi kaçınılmazdır. Bu açıdan, günümüzde yoğun olarak inorganik gübreler kullanılmaktadır.

Azotun (N), bitkisel üretimde noksanlığı en fazla görülen, dolayısıyla hem fazla miktarlarda ve hem de sık uygulanan bir besin elementi olması nedeni ile inorganik gübreler içerisinde, diğer inorganik gübrelere göre daha yoğun kullanıma sahiptir. Bitkiler açısından yaşamsal öneme sahip azotun, bitkiler tarafından alınabilir formları nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) dur. Bitkiler çeşitleri, iklim, toprak ve çevre koşulları, vejetasyon süreleri gibi bazı koşullara bağlı olarak nitrat veya amonyum formlarını tercih etmektedir.

Kimyasal gübreler ile toprağa katılan nitrat ve amonyumun nitrifikasyona uğraması ile oluşan nitrat iyonu, suda çözünebilmekte ve toprak kolloidleri tarafından tutulmamaktadır. Toprakta tutunamayan nitrat, yıkanmaya maruz kalarak toprak alt katmanlarına yıkanıp, sonrasında da yer altı sularına sızabilmektedir. Yer altı sularının kirliliğinde ilk olarak nitrat kirliliği yer almaktadır. Azotun yıkanma yoluyla kaybı, tarımın yapıldığı ve yapılmadığı topraklarda kök bölgesinin altına ya da dışına taşınmaya sebep olan doğal bir süreçtir (Güzel ve ark., 2002).

Su kaynakları içinde bulunan azot bileşikleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalara göre NO_3^- ten başka diğer azot formlarının da önemsenmeyecek miktarlarda bulunduğu bildirilmiştir. Bu bileşikler içerisinde, insan ve çevre sağlığına en olumsuz etkilere sahip bileşiğin NO_3^- olduğu bildirilmiştir (Saez ve ark., 1997; Barros ve ark., 2012; Gabriel ve ark., 2012). Genel olarak seracılık gibi yoğun tarımın yapıldığı bir çalışma alanındaki su kaynaklarında, NH_4^+ konsantrasyonları da incelenmiş, ancak, NH_4^+ konsantrasyonları $<10 \text{ mg NH}_4 \text{ L}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Song ve ark., 2009). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı' nın 31 Aralık 2004 tarihinde 25687 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanmış bulunduğu "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" nde Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinin tanımlandığı tabloda su kalite parametrelerinden amonyum, nitrit ve nitrata ilişkin kalite sınıfları Çizelge. 1.1' de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Amonyum Azotu ($\text{mg NH}_4\text{-N L}^{-1}$)	0.2	1	2	>2
Nitrit Azotu ($\text{mg NO}_2\text{-N L}^{-1}$)	0.02	0.01	0.05	>0.05
Nitrat Azotu ($\text{mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$)	5	10	20	>20

Azot kayıpları, tarımsal uygulamalardan özellikle gübreleme ile sulama faktörlerinin yönetim başarısına bağlıdır. Dolayısıyla, nitrat yıkanması, içme suları kaynaklarını tehdit eden önemli bir çevresel sorun ve yüzey sularında ötrofikasyon nedeni olarak kabul edilmektedir (Herpe ve ark., 1998). Toprağın ve yüzeydeki suların kirlenmesinin yanında yer altı sularının nitrattan dolayı kirlenmesi nedeniyle ciddi bir çevresel kirlilik artışına yol açmaktadır (Yadav ve ark., 1997).

Göl, akarsu ve denizlere bitkisel organizmaların ihtiyacından daha fazla fosfor ve azot gibi besleyici minerallerin gelmesi, sucul yaşam için gübreleme etkisi yapmaktadır. Bunun sonucunda, su ortamında bulunan birincil üreticiler olan fitoplanktonların gelişimi artar. Daha sonra bunların artıkları, sudaki ayrışma sürecinde oksijeni kullanarak oksijenin azalmasına neden olur. Dolayısıyla su ortamında besleyici tuzlardan dolayı oluşan kirlenmelerin etkisiyle bitkilerin aşırı büyümesine ötrofikasyon denilmektedir (Yücel, 1999).

Drenaj, çok eski çağlardan beri bilinen Mezopotamya, Nil havzaları ile Roma İmparatorluğu döneminde yaygın biçimde kullanılan bir mühendislik dalıdır. Sulanır alanlarda taban suyu; toprakta geçirimsiz bir katman üzerinde bulunan ve bulunduğu düzeyin altındaki toprak katmanlarını sürekli doymun halde tuttuğu için bitkilere zararlı olan su katmanı diye tanımlanmaktadır (Tekinel ve Kanber, 1987).

Tarımsal drenaj, toprak katmanlarında ve yüzeyinde bulunan fazla suların zamanında ve denetimli biçimde ortamdaki uzaklaştırılarak, rizosferde ve taban suyunda su düzeyinin denetlenmesi, toprakta tuzluluk-alkalilik gibi yapısal sorunların önlenmesi açısından önem taşımaktadır (Özer ve Aslan, 2004).

Bitkisel üretimde verim ve kalite açısından önem taşıyan gübreleme ve sulama faaliyetlerinin yoğunluğuna ve teknik imkân yetersizliklerine bağlı olarak doğal kaynakların kirlenmesi kaçınılmaz olmaktadır. 2011 ve 2012 yıllarında Akarsu Sulama Sahasında, Medsalin ve RIHN projeleri (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012) kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, drenaj sularında görülen nitrat konsantrasyonlarının zamansal değişimleri ve oluşan kayıpların, bitki ürün desenine bağlı olarak gübreleme ve sulama faaliyetleri ile ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır.

Azotun doğadaki dolaşımı toprak açısından incelendiğinde N-girdileri, N-kayıpları ve N-dolaşımları olarak üç grupta incelenebilmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Toprak-bitki-atmosfer sisteminde N-girdileri, N-kayıpları ve N-dolaşımı (Güzel ve ark., 2002)

Azot Girdileri	Azot Kayıpları	Azot Dolaşımı
Fiksasyon Biyolojik Endüstriyel Elektriksel Yakma Ahır Gübresi Bitkisel Kökenli Artıklar	Bitkilerce Absorpsiyon Denitrifikasyon Volatilizasyon Yıkanma Amonyum Fiksasyonu	İmmobilizasyon Mineralizasyon Nitrifikasyon

Çeşitli literatürlerde verildiği gibi doğada azot döngüsü; azot girdileri, azot çıktıları ve azot dolaşımından oluşmaktadır. Yoğun bir şekilde tarımsal üretimin yapıldığı çalışma alanında gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, drenaj sularında nitrat konsantrasyonları izlenmiştir. Tarımsal girdilerden özellikle gübreleme ve sulama uygulamaları başta olmak üzere her bir tarımsal uygulamanın, drenaj sularına katılan su miktarı, nitrat konsantrasyonları ve drenaj sularında NO₃-N yük miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Liu ve ark., 2008; Berenguer ve ark., 2009).

2.2. Sulama Uygulamaları ve Yağış

Dünyada tarım alanlarının %20 sinde sulu tarım yapılmakta ve bu alanlar tarımsal üretimin %40'ını karşılamaktadır ve aynı zamanda su kaynaklarının %70' i kullanılmaktadır (FAO, 2003; Fageria ve ark., 2011). Sulanan arazilerden alınan en yüksek verim, sulanmayan alanlarda elde edilen en yüksek verimden iki kat daha fazladır. Bitki ihtiyacının çok üzerindeki miktarlarda sulama yapılması, toprakta bitki kök bölgesinde yarayışlı bulunan bitki besin elementlerinin yıkanarak drenaj sularına karışması NO₃ konsantrasyonlarını ve drenaj su hacmini arttırmaktadır (Bouwer ve ark., 1990). Klasik karık yöntemi ile sulama yönteminde uygulanan su miktarının %20' si drenaj sulama katılmaktadır. Modern sulama sistemleri bu oranı, artan su kullanım etkinliği ile beraber, drenaj sularına katılan su miktarını %10' a kadar

düşürmektedir (Lorite ve Espinosa, 2008). Sulamada genel olarak su kullanım etkinliği %50 dir.

Drenaj suyuyla NO₃-N taşınımı, drene olan suyun miktarına ve taşınan suyun NO₃ konsantrasyonuna bağlıdır. Bir yıl boyunca drenaj sularının NO₃ konsantrasyonu yaklaşık olarak sabit seyrettiğinde, her bir yetiştirme sisteminin kendi karakteristiğine göre, yüzey altı sularına yıkanan yıllık NO₃ konsantrasyonu öncelikle sızan su hacmine bağlıdır (Bolton ve ark.,1970; Letey ve ark., 1977; Goss ve ark., 1998; Tomer ve ark., 2003). Sulama yönetiminin değiştirilmesi ile taşınan nitrat yükü %50, nitrat konsantrasyonu ise %24 azalış göstermiştir. Ancak, konsantrasyon değerleri modern sulama bölgelerinden 2 kat daha fazla görülmektedir (Causape ve ark., 2006).

Üretimi yapılan bitki gelişimi için, ihtiyaç duydukları miktarda ve zamanda sulama yapılmalıdır. Ancak, sulamada bilgi ve alt yapı eksikliğinden dolayı bitki ihtiyacından çok daha fazla miktarda uygulama yapılmaktadır. Suyun dağıtımı süresince, alt yapı eksikliğinden dolayı su kaybı oluşmaktadır. Bu kayıplar göz önüne alındığında ihtiyacın 2-3 katı su verildiği görülmektedir (Çakmak ve ark., 2007).

Araziyi terk eden drenaj suyunun miktarı, iklim ve toprak özelliklerine, yağış-sulama, bitki desenine ve yıkanma miktarına bağlıdır. Ayrıca drenaj hacmi, yağışın yıl içerisindeki dağılımına ve yetiştirme sezonunda gerçekleşen yağış miktarına bağlıdır. Yarı kurak iklime sahip bölgelerdeki drenaj sularına taşınan NO₃-N ve su miktarı, özellikle kurak dönemi takip eden yağışlı dönemde artış göstermektedir (Nguyen, 2012). Akdeniz ikliminin hâkim olduğu İspanya' da gerçekleştirilen drenaj sularının nehre katıldığı bir çalışmada, yıllık yağışlara bağlı olarak en yüksek nehir akış rejiminin şubat ve mart ayında, en düşük akış rejiminin ise ağustos ve eylül aylarında kaydedildiği bildirilmiştir (Lorite ve Espinosa, 2008). Benzer iklime sahip farklı alanlarda gerçekleştirilen çalışmalarda, drenaja giden su miktarının su kullanım etkinliğine bağlı olduğu ve su kullanım etkinliği arttıkça drenaja giden su miktarında azalış olduğu bildirilmiştir (Cavero ve ark., 2003).

Drenaj hacmi ve nitrat kayıplarının 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). Sekiz yıl süre ile yürütülen bir çalışmada, yüzey altı drenaj ile gerçekleşen yıllık nitrat kayıplarının %84' ünün, baklagil bitkilerin sonbaharda ekimi ve bahar aylarında azotlu gübre uygulaması arasındaki zamanda gerçekleştiği bildirilmiştir (Goss ve ark., 1988). Iowa' da yıllık yüzey altı drenajı yoluyla nitrat kayıplarının %45 ile %85' inin bitkilerin az büyüdüğü bahar ve güz dönemlerinde gerçekleştiği görülmüştür (Bjorneberg ve ark., 1996).

Hindistan' da yıllık drenaj sularına N yıkanmasının yaklaşık %63' ü kasım ayından mart ayına, %78' i ise kasım ayından nisan ayına kadar olan zamanda gerçekleşmektedir (Kladivko ve ark., 2004). Toprağın genellikle aralık ayının başlarından martın sonlarına kadar don durumunda kaldığı koşullarda yüzey altı drenaj, nisan ortası ile temmuz başı arasında gerçekleşmektedir (Gast ve ark., 1978). Aynı bölgedeki 15 yıllık (1987-2001) çalışmada nisan-mayıs-haziranı kapsayan 3 aylık dönemde yıllık drenaj hacminin %71' inin ve nitrat kaybının da %73' ünün gerçekleştiği gözlenmiştir (Randall, 2004). Bu kayıpların büyük bölümü bitkilerin aktif olarak büyümediği ve de özellikle güz döneminde uygulanan azotlu gübrelerin ve hasat sonrası toprakta kalan nitratın da etkisi ile güz sonu ile bahar başlangıcı arasındaki dönemde gerçekleşen yüzey altı drenaj akışının N yönetiminde önemli etkileri olduğu gözlenmiştir.

Suyun ve yağışın yetiştirme periyodu boyunca dağılımı ve bitkinin bundan yararlanabilme durumunun sağlanması yıkanma üzerine en etkili faktördür. Yüzey altı drenaj suyundaki nitrat-N konsantrasyonları günlük yağış miktarlarına bağlı olarak değişmemekle beraber, yıllık ve mevsimlik değişimler gösterdiği görülmektedir (Harris ve ark., 1984; Kladivko ve ark., 1991). Antalya ilinde sera üretiminin yoğun olarak yapıldığı Demre yöresinde yürütülen çalışmada, sulama sularındaki NO₃ konsantrasyonlarının, mevsimlere göre değişim gösterdiğini, yetiştirme sezonu başında yüksek olan NO₃ konsantrasyonunun, yetiştirme periyodu içinde önce düşüş gösterdiğini sonra tekrar arttığını saptamışlardır (Sönmez ve ark., 2007). Bu değişkenliği etkileyen faktörler arasında bitki tarafından alınan azot, önceki yıldan toprakta kalan nitrat ile sulamanın veya yağışın dağılımı ve toplam

miktarı yer almaktadır (Goolsby ve ark., 2001). Mississippi Nehri bölgesinde nehre nitrat akışının en yüksek olduğu bahar döneminde, en yüksek konsantrasyon ölçülmüştür. Tarımsal drenaj kanallarındaki artan akış ve yükselen konsantrasyonlar bu ilişkiyi doğrulamaktadır.

Drenaj sularına nitrat-N kayıplarının yıllar arasındaki değişimi, yıllık ve bitki gelişme döneminde gerçekleşen yağış miktarlarına bağlıdır. Kuzey Amerika ve Avrupa’ da yapılan 2 ile 11 yıl arasında süren 25 farklı çalışma, yıllık $\text{NO}_3\text{-N}$ kayıplarının 0 ile 139 kg ha^{-1} olarak gerçekleştiğini göstermektedir. Yıl içerisinde yüksek yağışın görüldüğü birkaç gün bile, bu yıllarda en çok yıllık $\text{NO}_3\text{-N}$ u kaybının gerçekleşmesine neden olabilmektedir (David ve ark.,1997). Yağışın NO_3 olan etkisinden dolayı, iklimsel değişikliği de göz önüne alarak gerçekleştirilen uzun vadeli drenaj araştırmaları, yüzey altı drenajı nedeni ile tarımsal üretim sistemlerindeki besin kaybının tahmininde büyük bir öneme sahiptir. Uzun süreli çalışmalar ile drenaj suyu miktarı, konsantrasyonu ve yük değeri bulunabilmektedir. Sulama ve sulama yönetimi uygulamalarının bu değerler üzerine etkileri de bilinebilmektedir. Dolayısıyla, farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip alanlarda gerçekleştirilen uzun süreli çalışmalar, farklılıkların ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır (Barros ve ark., 2012).

Bitki tarafından kullanılmayan $\text{NO}_3\text{-N}$ ’ unun kurak dönemlerde ykanmanın gerçekleşmeyip kök bölgesinde birikmesi ve yağışlı dönemde yıkımının gerçekleşmesi sonucu konsantrasyon değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Dolayısıyla, nitrat-N konsantrasyon ve kayıpları büyük oranda kurak ve yağışlı olan iklimsel değişimlere de bağlıdır (Logan ve ark., 1994; Randall ve Schmitt, 1998). Bu etkiler, hem nehir kenarlarında, hem de tarımsal alanlarda görülmektedir. Iowa’ da Raccoon nehriindeki 1990 yılı aşırı nitrat-N kayıpları da 2 yıllık normalin altında gerçekleşen yağış döneminin ardından görülmüştür (Lucey ve Goolsby, 1993).

Her yıl için yüzey altı drenaj suyundaki $\text{NO}_3\text{-N}$ yükü, büyük oranda hem yıkanan nitrat-N miktarından, hem de drenaj hacminden etkilenmektedir. Bu veriler açık bir şekilde drenajın sınırlı olduğu kurak yıllar boyunca toprak profilinde artık N birikimine işaret etmektedir. Yüksek miktarda gübre-N’ u kalması organik maddenin mineralizasyonu, yıllık gübre-N’ u uygulamalar ve bitki tarafından kullanılmayan N

miktarından etkilenebilmektedir. İlerleyen yağışlı yıllarda yükselen nitrat-N konsantrasyonları ve artan drenaj hacmi ile ciddi miktarda $\text{NO}_3\text{-N}$ ' u kayıpları gerçekleşmektedir.

Çin' de gerçekleştirilen sera denemesinde, bitkinin günlük ihtiyacına göre ayarlanan ve uygulanan su buharlaştığı için çok derinlere yıkanma görülmemiştir (Song ve ark., 2009). Seralarda yeni bir yetiştirme sezonuna hazırlık olarak toprakta mevcut tuzların yıkanması ve ekim öncesi toprak hazırlığı için, ekim yapılmayan dönemde bol sulama uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulamalar ciddi derecede tuz yıkanımına neden olmuştur (Thompson ve ark., 2006).

2.3. Toprakta Azot Mineralizasyonu

Topraktaki organik maddenin mineralizasyonu, drenaj kanallarına yıkanarak gerçekleşen N kayıplarında etkili olabilmektedir. İngiltere' de uzun yıllar yapılan çalışmalarda drenaj sularındaki NO_3 'ın organik maddeden de kaynaklandığı saptanmıştır (Addiscott, 1988; Randall, 2000).

Pek çok çalışma, güz döneminde ekilen tahıl bitkilerine uygulanan N' lu gübreden dolayı, bahar ve kış dönemlerinde nitrat kayıplarının arttığını göstermektedir. Bu dönemdeki nitrat kaybının çoğunluğu, önceki üründen toprakta kalan azotun mineralizasyonu ile yakından ilgilidir. Özellikle, bahar aylarında artan hava sıcaklığı ile orantılı olarak artan mikroorganizma faaliyetlerine bağlı olarak mineralizasyonun gerçekleşmesi hız kazanmaktadır (Goss ve ark., 1986).

Genellikle güz ve kış aylarında organik maddenin mineralizasyonundan gerçekleşen kayıplar, bahar aylarında serpmeye yöntemi ile uygulanan gübrenin yıkanma ile kaybindan çok daha azdır (Addiscott ve ark., 1991; Goss ve ark., 1993, 1998). Çünkü, gübrelerdeki azot içeriği daha fazla ve kısa sürede nitrat formuna dönüşebilme durumundadır.

Çin' de gerçekleştirilen sera denemesinde, bitkilerin gelişmesinin başında gübre uygulanmadığı dönemde konsantrasyon değerleri düşük bulunmuştur. Bu dönemde gözlenen konsantrasyon değerlerinin kaynağının ise önceki bitkinin hasat artıklarından (toprak organik maddesi) ve hasat döneminden sonra toprakta kalan

artık gübrelerden oluştuğu belirtilmiştir (Song ve ark., 2009). İspanya’ m sonbahar ve kış aylarında ekimin yapılmadığı bölgelerinde, drenaj sularında NO₃ konsantrasyonları incelenmiş olup, bitkisel üretimin ve gübre uygulamasının olmamasına rağmen, en yüksek NO₃ konsantrasyon değerleri ocak ayında ölçülmüştür. Ancak, yağışlı geçen sonbahar mevsimi ile bahar ve yaz aylarında yetiştiricilikte aşırı gübre kullanımından dolayı toprakta depolanmış gübreler yıkanmaya başlamaktadır. Birçok çalışmada da artan konsantrasyon değeri, toprak organik maddesinin mineralizasyonuna ve yetiştiricilikten sonra toprakta kalan gübrelerin yıkanımına bağlanmıştır (Gallardo ve ark., 2006; Thompson ve ark., 2006).

Yapılan çalışmalar, bahçe bitkileri yetiştiriciliğinden sonra toprakta oluşan nitrat yıkanmasının tahıl yetiştiriciliğinden sonra gerçekleşen yıkanmadan daha fazla olduğunu göstermiştir. Bunun nedenleri, bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde toprağın uzun süre boş kalması, sık ve yoğun toprak işleme ve hasat sonrası bitki artıkları ile, toprağa daha fazla azotun mineralizasyon sonucunda dönmesidir (Juergens ve Gschwind, 1989). Mineralizasyon sonucu ve yıkanarak gerçekleşen N kaybının miktarı toprak işleme metoduna, yetiştirilen bitkinin bitki besin elementinin kullanımına, gerçekleşen drenajın hacmine ve yetiştirilen bir önceki bitkiye bağlıdır (Goss ve ark., 1993, 1998).

2.4. Ürün Deseni ve Üretim Koşulları

Topraktan yıkanarak gerçekleşen NO₃ kayıpları ve yüzey altı sularındaki NO₃ konsantrasyonları, yetiştirilen ürün çeşidinden ve üretim sistemlerinden etkilenmektedir. Bölgenin ve üreticinin koşullarına alt yapısına bağlı olarak değişen üretim sistemlerinde yıllık ürün desenine göre, drenaj sularına yıkanım üzerinde etkili faktörlerden gübre ve sulama suyu miktarı da farklılık göstermektedir.

Sürekli olarak silajlık ve dane mısır üretimi yapılan bölgelerdeki çalışmalarda, yoğun gübreleme ve sulama faaliyetlerinden dolayı nitrat yıkanımı sonucunda yüksek derecede kirlilik riski oluştuğu bildirilmiştir (Causape ve ark., 2004; Grignani ve ark., 2007). Sonuçlandırılan çok yıllık çalışmalarda 200 kg ha⁻¹

¹, m üzerinde NO₃-N' nun drenaj ile kaybolduğu belirlenmiş olup, bu çalışmalara göre drenaj kanallarındaki nitratın büyük bir kısmı önceki mısır üretimi sonunda kalan artık gübre-N' a bağlanmıştır (Kanwar ve ark., 1997; Logan ve ark., 1994). İki farklı zaman periyodunda gerçekleştirilen bir çalışmada yıllara göre değişen ürün desenine bağlı olarak farklılık gösteren gübreleme ve sulama faaliyetleri incelenmiştir. Ürün desenindeki mısır ekili alanların azalması ile kullanılan azotlu gübre miktarı azalmış olup, drenaj sularında nitrat konsantrasyon değerleri de azalış göstermiştir (Barros ve ark., 2012).

Önceki çalışmalarda yonca alanlarında drenaj sularında çok düşük NO₃ konsantrasyonu ve kayıpları kaydedilmiştir (Letey ve ark., 1977). Yonca üretimi süresince sürekli olarak drenaj sularındaki NO₃ konsantrasyonları <2 mg L⁻¹ olarak gözlenmiş, ancak yonca alanlarının sürülmesi sonrasında NO₃ konsantrasyon değerleri, yılda >10 mg L⁻¹ düzeyine yükselmiştir (Sogbedji ve ark.,2000). Bu sonuçlar, yoncanın kısa vadedeki N bağlama ve toprağa geri verme potansiyelini göstermektedir.

Sıralı bitkilerin yetiştiği alanlarda, toprakta daha fazla yıkanma gerçekleşmesi nedeni ile bu alanlardaki nitrat konsantrasyonları çok yıllık bitkilere göre 30 - 50 kat daha fazla olabilmektedir. Drury ve ark. (1993) tarafından yapılan 2 yıllık bir çalışmada, sürekli mısır üretimi alanlarında 12-17 mg L⁻¹ ve 38 kg ha⁻¹ olan nitrat konsantrasyonu ve kaybı, çayır bitkisi için sırası ile 1.2-2.6 mg L⁻¹ ve 4 kg ha⁻¹ olarak bildirilmiştir. Tahıl üretimi yapılan alanlarda, kış aylarında görülen yağışların yoğunluğuna bağlı olarak, bahar aylarına göre topraktan daha fazla NO₃-N yıkanımı gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, tahıl üretiminin kış döneminde, ağır killi bünyeye sahip topraklarda gerçekleştirilmesi, verimlilik ve NO₃-N'in yıkanımının azaltılması açısından en olumlu sonucu vermektedir (Catt ve ark., 1998).

Üretim sistemlerine bağlı olarak bitki ürün deseninin önemli etkisi bulunmaktadır. Tahıl veya baklagillere göre, çok yıllık bitkilerin drenaj suyuna nitrat kaybını azalttıkları görülmektedir. Çim ve yonca gibi çok yıllık bitkiler, diğer bitkiler ile karşılaştırıldıklarında daha uzun büyüme mevsimleri nedeni ile, optimal tutucu bitkiler olarak görev yapmaktadırlar. Gübreleme yapmadan büyüyen çimler, toprakta mineralizasyona uğrayan organik madde-N' unu absorbe edebilmektedirler. Bu

nedenle çayır alanları, yoğun tarımın yapıldığı arazilerden potansiyel olarak daha az yıkanmanın gerçekleştiği alanlardırlar (Addiscott ve ark., 1991; Goss ve ark., 1998; Ryden ve ark., 1984).

Kış mevsiminde ekilen ve bahar aylarında hasat edilen kışlık örtü bitkilerinin etkin bir şekilde nitratın aşağı hareketini azalttığı görülmüştür. Mısır-soya münavebesindeki drenaj miktarı ve nitrat kayıpları mısır bitkisinin ardından ekilen çavdar ile geçen 3 yılın ardından sırası ile %11 ve %13 oranında düşmüştür (Strock ve ark., 2004). Mısır üreticiliğinde sıra aralarına ekilen örtücü bitkilerden arpa ve fiğ bitkisinin, mısır ekiminde taban gübresiyle verilen ve tarlada kalan hasat artıklarının mineralizasyonu ile açığa çıkan NO_3 yıkanımını azalttığı bildirilmiştir (Gabriel ve ark., 2012). Logan ve ark. (1980)'ın sonuçlarına göre, nitrat kayıplarının çoğunluğu azot gübrelemesi yapılan mısır bitkisinde, ortalama kayıplar soya bitkisinde veya diğer bitkilerin dönüşümünde ve en az kayıp ise yonca yetiştirilen yerlerde görülmüştür. İsveç' te gerçekleştirilen 2 yıllık bir çalışmada arpaların arasına ekilen karaçayır (*Lolium perenne* L.) bitkisi ile nitrat konsantrasyonunun 15 mg L^{-1} den $<5 \text{ mg L}^{-1}$ düzeyine ve nitrat kaybının da 28 kg ha^{-1} dan 13 kg ha^{-1} düzeyine düşürülmesi mümkün olmuştur (Bergstrom ve Jokela, 2001).

Özet olarak bu çalışmalar, ürün deseni ve yetiştiricilik faaliyetleri ile azot kayıplarının minimize edildiği ve daha uzun köklenme süresi içeren çok yıllık bitkilere göre sıra bitkilerinde ve özellikle de sürekli mısır üretiminde gerçekleşen yıkanımın, daha yüksek NO_3 konsantrasyonlarında olduğunu işaret etmektedir.

2.5. Gübreleme

2.5.1. Azotlu Gübre Dozları

Bitkiler için yeterli miktarda N gübresi uygulanması, üreticilerin hem üretim hem de ekonomi açısından karşı karşıya kaldıkları öncelikli agronomik bir uygulamadır. Mısır veya buğday gibi N gereksinimi fazla olan bitkilere, düşük miktarlarda azotlu gübre uygulaması sonucunda düşük verim, zayıf dane yapısı ve kalitesi, ekonomik olarak kayıplar görülmektedir. Aşırı gübreleme sonucunda ise

bitkisel verim ve kalite etkilenmemektedir. Ancak, karlılık düşmekte ve çevre açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkma eğilimi göstermektedir.

Ürün deseninin kontrollü bir şekilde değişmesi ile azotlu gübre kullanımında %33' lük bir azalm söz konusudur. Ancak, ürün desenine bağlı olarak azaltılmış gübre miktarı, dengeli gübreleme için verilmesi gereken miktarın iki katı daha fazla bulunmuştur (Causape ve ark., 2004). İspanya' da yapılan bir çalışmada, bitki ürün deseninde (özellikle mısırın azalması) bir değişim gerçekleşse de, hala gerçek ihtiyacın %10-50 fazlası ile azotlu gübre uygulaması yapılmakta olmasına rağmen drenaj sularında nitrat konsantrasyonlarında düşüş görülmüştür (Barros ve ark., 2012). Turuncgil yetiştiriciliğinde aynı miktarda azotlu gübre dozu, yüzeye serpmeye olarak tek seferde ve damla sulama yöntemi ile sık sık uygulandığında yıkanma üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Sonuçlara göre, potansiyel NO₃ yıkanımının, tek sefer gübre uygulamasında %14, damla sulama sisteminde ise %5 olduğu kaydedilmiştir (Martinez-Alcantara ve ark., 2012).

Mısır-soya fasulyesi münavebesindeki yüzey altı drenaj sularındaki nitrat konsantrasyon ve kayıpları mısır için uygulanan gübre N miktarı ile ilişkilidir (Jaynes ve ark., 2001). Mısıra uygulanan en düşük N dozu ile (57– 67 kg N ha¹ yıl⁻¹), drenaj suyundaki NO₃ konsantrasyonları, içme suyu için belirlenmiş olan sınır değerini aştığı bildirilmiştir. Ortalama N dozu (114– 135 kg N ha¹ yıl⁻¹) ve yüksek N dozunun (172– 202 kg N ha¹ yıl⁻¹) uygulandığı durumlarda, nitrat konsantrasyonları her yıl kritik sınırı aşmaktadır. Dört yıllık çalışma periyodunda NO₃-N kayıpları sırası ile 29, 35 ve 48 kg ha⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleştirilen uzun süreli bir çalışmada, sürekli mısır için N oranının ortalama 285 kg ha⁻¹ olduğunda drenaj suyu ile taşınan NO₃-N' unun 38 kg ha⁻¹ dan, soya fasulyesinin ardından mısır için yıllık N dozunun 177 kg ha⁻¹ olduğunda, drenaj suyundaki NO₃-N artışının 15 kg ha⁻¹ olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Kladivko ve ark., 2004).

Geliştirilmiş gübre yönetimi, çiftlik hayvanı yetiştirme sistemlerinde elde edilen, içeriğindeki bitki besin elementi miktarları ve yayışlılığı optimize edilmiş ahır gübresi denemeleri ve toprakta yayışlı N miktarını optimum seviyede tutulması için sürdürülen çalışmalar ile sağlanmaktadır. Çok sık gübre uygulaması, verim üzerinde etkili olmamakta ve bitkiler tarafından kullanılamamaktadır.

Kullanılmayıp toprakta kalan azotlu gübreler, artık gübre halini almaktadır (Speijers, 2002). Uygulanan ahır gübreleri de kimyasal gübreler gibi birikme ve daha sonrasında yıkanmaya da meyillidir ve katı gübre formunda kullanıldığı için, toprağa tam olarak yayılamaz. Bitkisel üretim için belirlenen toplam N ihtiyacına göre uygulanacak N' lu gübre miktar (gübre+ahır gübresi) uygun hale getirilmelidir. Bu nedenle, ahır gübresinin bitki besin elementi içeriği belirlenir. Ahır gübresi uygulanarak, toprağa verilecek miktarı ve %N içeriği ile toplam N dozu hesaplanır. Ahır gübresindeki bitki besin maddesi içeriği bilindiğinde ve tarla uygulamalarında eşit miktarda “yarayışlı” N içeren ticari gübre ve doğal gübre kullanımı arasında nitrat kaybı açısından fark bulunmamaktadır (Randall ve ark., 2000; Harmel ve ark., 2004). Azotlu gübre uygulama dozu önerilerinde, baklagiller tarafından biyolojik olarak bağlanan edilen N, organik madde N' u, hayvan gübresi N' u gibi doğal N kaynakları da hesaplama dâhil edilmektedir.

Eğer doğal gübre, agronomik ihtiyaçlardan daha fazla miktarlarda uygulanırsa, drenaj sularında yükselen nitrat konsantrasyonları kaçınılmaz olmaktadır. Açık alanda taze ahır gübrelerinin oksidasyon işlemi için (yanma) yığınlar halinde bırakılması ve olgun ahır gübrelerinin ve yemlik silajın, yığınlar halinde toprak üzerinde depolanması, bu yığınlardan gerçekleşen ve yağışla artış gösteren sızıntıların, potansiyel bir kirletici olduğu ve bu nedenlerden dolayı önlem alınması gerektiği bildirilmiştir (Atılğan ve ark., 2007; Karaman, 2004, Ataseven, 2011).

2.5.2. Gübre Uygulama Zamanı

Bitki gelişme dönemi ile ilgili olarak ilkbahar dönemi, uygulanan azotlu gübrelerin bitkiler tarafından alımı ve toprakta gerçekleşen kayıplar, agronomik ve çevresel açıdan, kış dönemi ile karşılaştırıldığında daha olumlu ve verimli koşullar sağlamaktadır. Bitkisel üretimde, büyüme-gelişme dönemi dolayısıyla uygulanan gübrelerin bitkiler tarafından yoğun bir şekilde alınımı söz konusudur. Fazla miktarlarda gübre ihtiyacı olan bitkilere gübrelerin bölünerek verilmesi yıkanma miktarını azaltmaktadır (Paramasivam ve ark., 2001).

Bitki gelişimi süresince, uygulanan gübrelerin toprakta mevcut olarak tutulması için yağışlı dönemlerde uygulamalardan kaçınılması gerekmektedir (Martinez-Alcantara ve ark., 2011). İtalya’ da yapılan bir çalışmada sulama ile beraber gübre uygulama zamanı ve miktarına bağlı olarak tüm üretim sezonu boyunca gerçekleşen NO₃ yıkanımının ve drenaj miktarının, %46 ve %56’ ının yaz aylarında gerçekleştiği kaydedilmiştir. Bu kayıpların, ilkbahar dönemi sonu ve yaz aylarında düşük su kullanım etkinliği ile gerçekleştirilen sulama faaliyetlerinin başlama zamanı ile üst gübre uygulama zamanlarının yakın olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Perego ve ark., 2012).

Mısır-soya münavebesinde azotlu gübre uygulamalarının güz ve bahar dönemleri olarak karşılaştıran çalışmalar farklı bölgeler için çok farklı sonuçlar vermiştir (Randall ve ark., 2003; Randall ve Vetsch, 2005). 20 yıl süren bir çalışma boyunca, ekim ayı sonunda ve bahar dönemi ekimlerinde olmak üzere azotlu gübre uygulamalarının drenaj sularındaki nitrat konsantrasyonları ve nitrat kayıpları üzerine etkileri karşılaştırıldığında, bahar döneminde sırası ile %15 ve %18’ lik azalış görülmüştür. Benzer toprak özelliklerine sahip, başka bir bölgede gerçekleştirilen 4 yıl ve 6 yıl süreli iki farklı çalışmanın araştırma bulgularına göre de bahar ve güz uygulamalarının, yüzey altı drenaj sularındaki NO₃ konsantrasyonuna etkisinde belirgin bir fark tespit edilememiştir (Lawlor ve ark., 2004; Kladvko ve ark., 2004).

Sulamada kullanılan suyun NO₃ konsantrasyonunun düşük olması, topraktan yıkanarak drenaj sularında oluşan NO₃ konsantrasyonunun seyrelmesine neden olmaktadır. Ancak gübrelemenin ardından gerçekleşen ilk yağış veya sulama sonrasında drenaj sularında günlük olarak NO₃ konsantrasyonunda ani artışlar görülmektedir. Toprakta mevcut bulunan gübre miktarı, bitkiler tarafından sömürülmesine ve topraktan yıkanımına bağlı olarak sulama sezonu sonuna kadar azalma eğilimi göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, yaz dönemi mısır üretiminde, haziran ayında gübreleme yapılmasına bağlı olarak drenaj sularında NO₃ konsantrasyonu artış göstermiştir; ancak, ilerleyen zamanda bu artış yavaşlamış, sulama sezonunun sonuna kadar da azalış devam etmiştir (Causape ve ark., 2004).

Azotlu gübre uygulamasının zamanlaması ve yöntemi önemli olsa da, yazarlara göre uygulanacak olan azotlu gübrelerin miktarının bitki ihtiyacına yönelik

belirlenerek verilmesi en önemli faktördür. Azotlu gübre uygulamalarının tek seferde yapılması yerine, bitki tarafından ihtiyaç duyulan zamana göre bölünerek uygulaması, N kullanım etkinliğini arttırarak kayıpları da azaltacaktır (Alva ve ark., 2006; Berenguer ve ark., 2009).

2.5.3. Nitrifikasyon İnhibitörleri

Nitrifikasyon inhibitörleri; genellikle gübreleme sonrası amonyumun, nitrata dönüşümünü geciktirmek veya yavaşlatmak için amonyumlu gübrelere (susuz amonyak ve üre) eklenmektedir. Nitrapirin, Amerika' da en sık kullanılan nitrifikasyon inhibitörü olup, pek çok N yıkanmasını konu alan incelemelerde agronomik etkilerin incelenmesi amacı ile kullanılmaktadır.

Alüvyal topraklarda hava geçirgenliği fazla olduğu için nitrifikasyon görülmektedir. Yüksek geçirgenliğe sahip derinliği fazla olan topraklarda toprak geçirgenliği fazla olduğundan dolayı derinlere inildikçe çözünmüş O₂ konsantrasyonu yüksek (8.11 mg L⁻¹) bulunmuştur. Oksijen içeriği yüksek olduğu için de amonyum ve üre nitrifikasyona uğrayarak nitrata dönüşmektedir (Lorite ve Espinosa, 2008). İnhibitör olarak kullanılmakta olan nitrapirinin etki göstermesi, genellikle azotlu gübre uygulamalarının zamanına bağlı olabilmektedir (Quesada ve ark., 2000).

2.6. Toprak İşleme

Toprak işlemenin, drenaj sularına NO₃ yıkanımı üzerine etkisini belirlemek için çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Toprağın işlenmesine bağlı olarak toprağın strüktürü, toprağın havalanması, su tutma kapasitesi, organik madde miktarı değişim göstermektedir. Bu değişim ile beraber, topraktaki mevcut mineral azotun miktarı da artış veya azalış göstermektedir.

Sulama faaliyetlerinin, toprağın su tutma kapasitesine ve bitki tüketimine bağlı olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Su tutma kapasitesi az olan veya azalan topraklarda sürdürülen yetiştiricilikte, sulama daha sık ve fazla miktarlarda

yapılmaktadır. Dolayısıyla su tutma kapasitesi düşük olan topraklarda sulamanın sıklığına bağlı olarak yıkanma daha fazla gerçekleşmektedir. Drenaj sularında NO₃ konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışmada, konsantrasyon değerleri derin tınlı topraklarda 31 mg L⁻¹, sıg kumlu topraklarda ise 92 mg L⁻¹ olarak kaydedilmiştir (Beaudoin ve ark., 2005). Toprak işlemez mısır ve soya üretimi ile gerçekleştirilen çalışmalarda NO₃ kayıpları, kulaklı pulluk, saban gibi daha konvansiyonel toprak işleme yöntemlerinde gerçekleşen kayıplar ile karşılaştırılmış ve işleme ile nitrat konsantrasyonlarında artış görülmüştür (Randall ve Iragavarapu, 1995; Bjorneberg ve ark., 1996; Patni ve ark., 1996).

Minnesota (11 yıl) ve Ontario' da (40 ay) konvansiyonel toprak şlemeli ve işlemez, sürekli mısır yetirticiliği karşılaştırılırken, konvansiyonel toprak işlemeli sürekli mısır ve mısır-soya münavebeli yetiştiricilik Iowa' da 3 yıllık bir çalışmada karşılaştırılmıştır. Bu üç çalışmanın tümünde de sürüm işlemleri arasındaki NO₃ kayıpları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel olarak toprağın işlenmesinin, mısır veya mısır-soya münavebesinde nitratin drenaj kanalına akışını etkilemediği görülmüştür. Bununla beraber, mısır için Ontario' da yapılan 3 yıllık çalışmada (Drury ve ark., 1993), nitrat konsantrasyonları ve yıkanımının, çapalama veya toprak işlemez koşullardaki konvansiyonel toprak işlemeye göre belirgin şekilde azaldığı görülmüştür.

Çoğu Avrupa ülkesinde tahıl üretimi yapılan alanlarda drenaj genellikle güz sonu ve kış boyunca fazladır. Sürümün, drenaja kaybedilen nitrat miktarı üzerinde belirgin bir etkisi olmuştur. Altı yıl süreli çalışmada, nitrat kayıpları toprak işlemez ekim ile, toprak işlemeli ekime göre %18 azalış göstermiştir. Ekim öncesi yapılan toprak işleme, hasat sonrası toprakta kalan ve N kaynağı olarak nitelendirilebilecek bitkisel artıkların, mineralizasyonunu arttırmaktadır. Kış döneminde mineralizasyon ile oluşan 20 kg ha⁻¹ nitrat ve azotlu gübrelerden gelen nitrat drenaj kanallarına yıkanmaktadır (Goss ve ark., 1993).

2.7. Drenaj Kanallarında Tesis ve Altyapı

Dren aralıklarının birbirleri arasındaki yatay uzaklıkları ve aralıkların derinliği, genel olarak toprağın hidrolik özelliklerine, yıllık yağış miktarına, istenen drenajın hacmine, kanal derinliğine ve yapım maliyetlerine bağlıdır. Yetiştiriciliğin üretim kapasitesi ve üretim ekipmanları büyüdükçe, toprağın nem koşullarının, bitkilerin yetişme-gelişme süreçlerine uyumu, zamanlamanın önemi ve de yönetimi kritik önem kazanmaktadır. Zayıf drenajlı topraklarda düşük verim, genelde yetersiz drenaja bağlanmaktadır. Bunun sonucunda da pek çok üretici tarafından, drenaj sorunlarına bağlı düşük verimi arttırmak için, ilave drenaj kanalları yapılmakta ya da mevcut kanallar arasındaki aralıklar daraltılmaktadır. Yakın aralıklı veya sık olarak yapılandırılmış drenaj kanallarında su ile drenaj kanalları arasındaki mesafe azaltılır, toprak sıkışması azalır dolayısıyla, sızan su daha kolay kanala ulaşabilir. Bünyesi killi tın ve zayıf drenajlı alüviyal toprakların bulunduğu yerlerde tesis edilen drenaj kanallarının aralıklarının geniş tutulması, toprak profili boyunca yıkanıp drenaj sularına karışan nitrat miktarını da arttırmaktadır (Kladivko ve ark., 2004). Drenaj kanalları arasında 20, 10 ve 5 metrelik aralık olarak tesis edilen sistemlerde yıllık ortalama NO₃ kaybı, 15 yıl için sırası ile 23, 30 ve 41 kg ha⁻¹, drenaj debileri ise sırası ile 135, 166 ve 231 mm yıl⁻¹'dir. İtalya' da gerçekleştirilen 3 yıllık çalışma ile mısır-şeker pancarı yetiştiriciliğinde gerçekleşen nitrat kayıplarının, kontrollü drenaj koşullarında, klasik drenaj koşullarına göre %46 ile %63 oranında azaldığı kaydedilmiştir (Borin ve ark., 2001).

Ancak, güncel modelleme çalışmaları ile drenaj kanallarının konum aralıklarının belirlenmesi, yıkanarak gerçekleşen nitrat kayıplarının azaltımı için uygulanan N' lu gübre miktarlarının azaltılmasına kıyasla daha az etkili olduğu görülmektedir (Davis ve ark., 2000). Bu nedenle, kontrollü drenaj kanal sistemlerini içeren uygulamalar ve araştırmalar bulunmaktadır. Kontrollü drenaj, yüzey altı drenaj sisteminde bazı mekanik araçlar yardımı ile taban suyu yüksekliğinin kontrol edilebildiği veya ayarlanabildiği bir yönetim uygulamasıdır. Bu sistem, zamansal olarak drenajın ayarlanmasını dolayısıyla bitkilerin tüketimi için gerekli olan suyun tutumunun kontrolünü de sağlamaktadır (Gilliam ve ark., 1999). Kontrollü drenaj

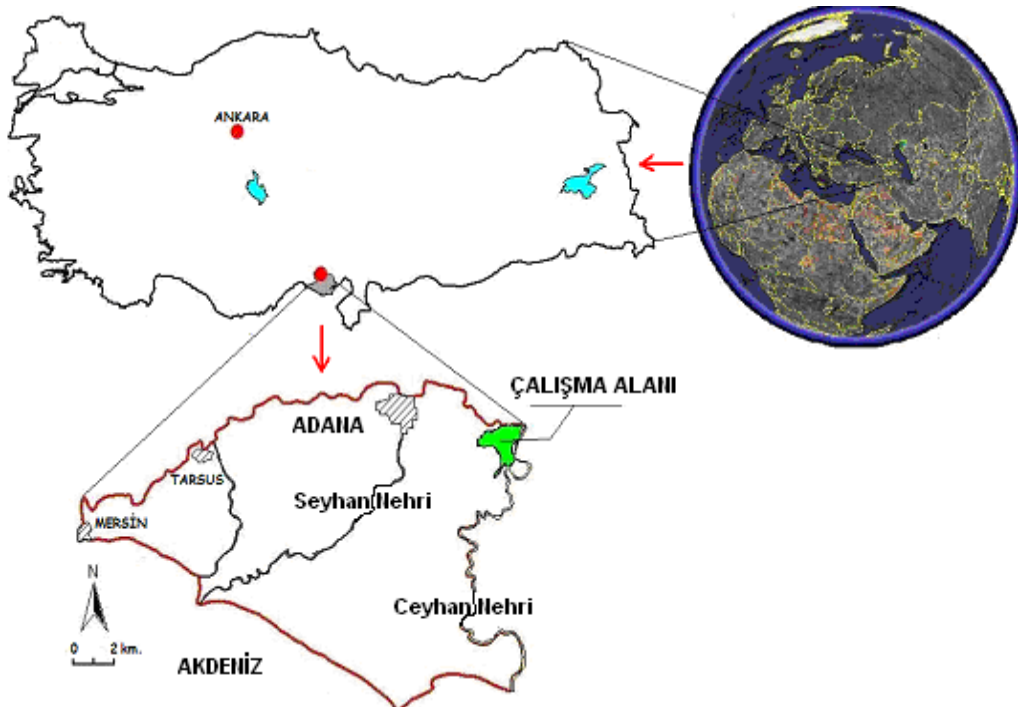
sistemlerinin inşa edildiği bölgelerde, NO₃-N yıkanımı; (i) alanı terk eden drenaj suyu hacmi azaltılması ve (ii) toprak profilinde denitrifikasyon artırılması ile azaltılmaktadır. Kontrollü drenaj sistemlerinin kullanıldığı çalışmalarda, yıkanarak gerçekleşen nitrat kaybının azalması ile yüzey altı sularında nitrat konsantrasyonlarında da ciddi düşüş görülmüştür (Gilliam ve ark., 1979, 1997).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. Coğrafi Konum

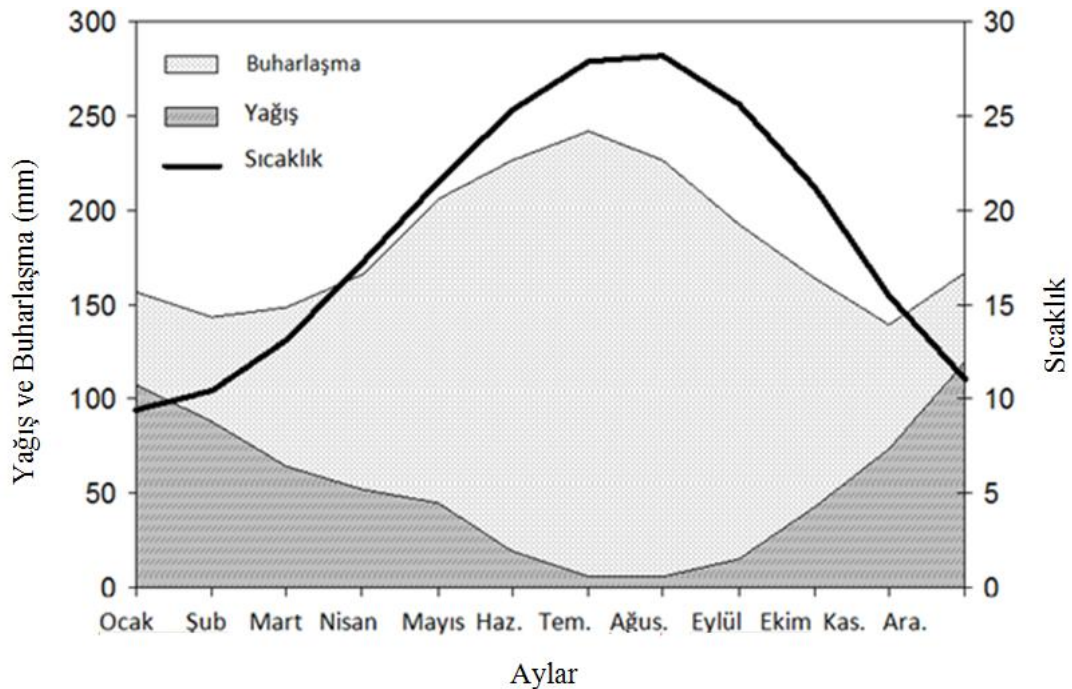
Çalışma, Çukurova yöresinde 213 000 ha' ık bir alanı kaplayan Aşağı Seyhan Ovası' nda (ASO) 9 495 ha' ıkl alanda yapılmıştır. Çalışma alanı, Aşağı Seyhan Ovası sol sahil sulama alanında yer alan, hidrolojik olarak “ sınırları iyi tanımlanabilme” olanağı olan Akarsu Sulama Birliği sulama sahasıdır. Saha; doğu ve kuzeydoğuda Ceyhan nehri sağ sahil taşkın seddesi, güneybatıda Çotlu tepesi ve YS4 ana sulama kanalı, batıda Camili ve Yukarı Çiçekli yerleşimleri arasında kalan tepelik alanlar ve kuzeyde YS2 ana sulama kanalı ile sınırlıdır (Şekil 3.1). Araştırma alanı coğrafi bakımdan 36°51' 46"-36°57' 00" kuzey enlemleri ve 35°24' 10"-35°36' 34" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Çetin ve ark., 2008; Karnez, 2010).



Şekil 3.1. Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki konumu

3.1.2. İklim

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olarak geçen tipik Akdeniz iklimi hakimdir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde buharlaşmanın en az olduğu kış mevsiminde görülmektedir. Ortalama en yüksek sıcaklık 31.0 °C, yıllık ortalama sıcaklık 18.9 °C ve ortalama en düşük sıcaklık ise 9.0 °C olarak kaydedilmiştir. Haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında sıcaklık en yüksek; aralık, ocak, şubat ve mart aylarında ise en düşük değere ulaşmaktadır (Şekil 3.2) (Kaman, 2007; Keskiner, 2008). Bu verilere göre toprak nem rejimi *xeric*, toprak sıcaklık rejimi *thermic* olarak tanımlanmıştır (Dinç ve ark., 1995). Yıllık ortalama yağış 644 mm ve buharlaşma 1538 mm' dir. 2011 ve 2012 yılları için bölgeye ait minimum ortalama sıcaklık, maksimum ortalama sıcaklık ve yağış değerleri verilmiştir (Çizelge 3.1) Ayrıca, çalışma kapsamında çalışma alanının ortasına kurulmuş olan L8 meteoroloji istasyonundan uzun yıllar aylık ortalama yağış verileri alınmıştır.



Şekil 3.2. Çalışma alanına ait yağış, buharlaşma ve sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi (Keskiner, 2008)

Çizelge 3.1. 2011 ve 2012 Hidrolojik Yıllarında çalışma alanına ait iklim verileri.

Hidrolojik Yıl	Aylar	Sıcaklık (°C)			Aylık Toplam Yağış (mm)
		Maksimum	Ortalama	Minimum	
2011	Ekim	34.6	22.2	12.5	30.8
	Kasım	32.6	18.2	10.0	0.0
	Aralık	30.8	12.7	6.6	194.5
	Ocak	19.2	10.1	3.3	76.5
	Şubat	21.1	10.9	-0.2	92.4
	Mart	28.3	13.5	2.3	107.0
	Nisan	29.4	16.6	3.5	78.3
	Mayıs	31.9	21.4	11.5	105.6
	Haziran	36.4	25.6	17.8	49.4
	Temmuz	36.6	28.6	19.3	0.0
	Ağustos	37.5	29.5	21.7	0.0
	Eylül	39.3	27.3	18.7	4.1
Toplam				738.5	
2012	Ekim	34.7	20.8	11.1	5.8
	Kasım	25.0	12.4	1.9	44.1
	Aralık	20.4	10.0	1.7	156.4
	Ocak	17.6	8.3	-1.1	262.0
	Şubat	19.1	8.7	-1.0	122.9
	Mart	-	-	-	-
	Nisan	33.7	18.9	7.1	21.4
	Mayıs	33.8	21.8	12.9	79.9
	Haziran	-	-	-	-
	Temmuz	-	-	-	-
	Ağustos	38.3	-	19.8	-
	Eylül	38.8	27.9	19.4	0.0
Toplam				692.5	

3.1.3. Toprak Özellikleri ve Yaygın Toprak Serileri

Çalışma alanında tanımlanmış toprak serilerinin yersel dağılımları Şekil 3.3' te 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 (Şekil 3.3). Yayılımı en az olan toprak serileri ise; İsmailiye (%0.9), Gölyaka (%0.5) ve İnnaplı (%0.4) serileridir (Dinç ve ark., 1995; Karnez, 2010).

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
A _p	0– 13	Koyu grimsi kahverengi (2,5YR 4/2) nemli; kil; orta kaba, yarı köşeli blok; çok sert kuru, sıkı nemli, yapışkan, çok plastik yaş; kireçli; zayıf saçak kökleri; belirgin dalgalı sınır.
A ₁₂	13– 30	Koyu grimsi kahverengi (2,5YR 4/2) nemli; kil; masif; çok sıkı nemli; çok yapışkan, çok plastik yaş; kireçli; sıkışmış pulluk altı katı; geçişli dalgalı sınır.
A ₁₂	30– 57	Zeytuni kahverengi (2,5Y 4/4) nemli; kil; çok zayıf, yarı köşeli blok; sıkı nemli, çok yapışkan çok plastik yaş; kireçli; az belirgin kayma yüzeyleri, az yaygın ikincil kireç konkresyonları; geçişli dalgalı sınır.
AC	57– 100	Zeytuni kahverengi (2,5Y 4/4) nemli; kil; çok zayıf, köşeli blok; hafif sıkı nemli, çok yağışkan, çok plastik yaş; kireçli; belirgin kayma yüzeyleri, az yaygın kireç konkresyonları; belirgin düz sınır.
C ₁	100– 114	Parlak zeytuni kahverengi (2,5YR 5/4) nemli; kil; masif; hafif sıkı nemli, yapışkan plastik yaş; çok kireçli; belirgin kayma yüzeyleri; belirgin dalgalı sınır.
C ₂	114– 150	Parlak zeytuni kahverengi (2,5YR 5/4) nemli; siltli kil; masif; sıkı nemli, çok yapışkan, çok plastik yaş; çok kireçli; belirgin kayma yüzeyleri.

(Dinç ve ark., 1995)

İncirlik Serisi: Bajadalar üzerinde oluşan ve %27 yaygınlıkta bulunan bu topraklar A-C horizonludur ve profilleri boyunca yüksek oranda ince kil içermektedir. Bu nedenle, kurak mevsimlerde 1 cm' den daha geniş ve oldukça derinlere ulaşan çatlaklar oluşmaktadır. Tüm profil kireçlidir.

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
A _p	0-13	Koyu sarımsı kahverengi (10YR 4/4) nemli, sarımsı kahverengi (10YR 5/4) kuru; kil; orta, orta yarıköşeli blok, çok sert kuru, çok sıkı nemli; çok yapışkan, çok plastik yaş; çok kireçli; 2-5 cm çaplı çatlaklar; belirgin düz sınır.
A ₁₂	13-78	Kahverengi (10YR 4/3) nemli, sarımsı kahverengi (10YR 5/4) kuru; kil; masif; çok sert kuru, çok sıkı nemli, çok yapışkan, çok plastik yaş; çok kireçli; 2-5 cm çaplı çatlaklar, yüzeyle 60° açı yapan çok belirgin kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
C	78-150	Koyu sarımsı kahverengi (10YR 4/4) nemli, kahverengi (10YR 5/3) kuru; kil; masif; çok sert kuru, çok sıkı nemli, çok yapışkan çok plastik yaş; çok kireçli; 2-5 cm çaplı çatlaklar, yüzeyle 60° açı yapan kayma yüzeyleri.

(Dinç ve ark., 1995)

Yenice Serisi: Bajadalar üzerinde gelişen ve toplam alan içerisinde %14 yaygınlıkta olan bu seri toprakları ince tekstürlü ve A-C horizonludur. Yüksek oranda kireç içeren bu toprakların profillerinde kireç hareketli görülmektedir.

Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
A _p	0-14	Koyu kahverengi (10YR 4/3) nemli, soluk kahverengi (10YR 6/3) kuru; kil; zayıf köşeli blok, ince granüler; çok sert kuru, sıkı nemli, yapışkan plastik yaş; yoğun saçak kök; kireçli; geçişli dalgalı sınıır.
A ₁₂	14-32	Koyu kahverengi (10YR 4/3) nemli; kil; masif; çok sert kuru, sıkı nemli, yapışkan plastik yaş; kireçli; yoğun saçak kökleri; belirli dalgalı sınıır.
A ₁₃	32-92	Koyu sarımsı kahverengi (10YR 4/4) nemli; kil; zayıf, kaba, köşeli blok; sıkı nemli, yapışkan plastik yaş; kireçli; zayıf sürtünme yüzeyleri; seyrek ana kökleri; belirli ana sınıır.
C	92-118	Sarımsı kahverengi (10YR 5/6) nemli; kil; masif; dağılgan nemli, yapışkan plastik yaş; kireçli; 0.2-0.3 mm çaplı çakıllar.

(Dinç ve ark., 1995)

3.2. Ürün Deseni ve Uygulanan Gübre Dozları

3.2.1. Ürün Deseni

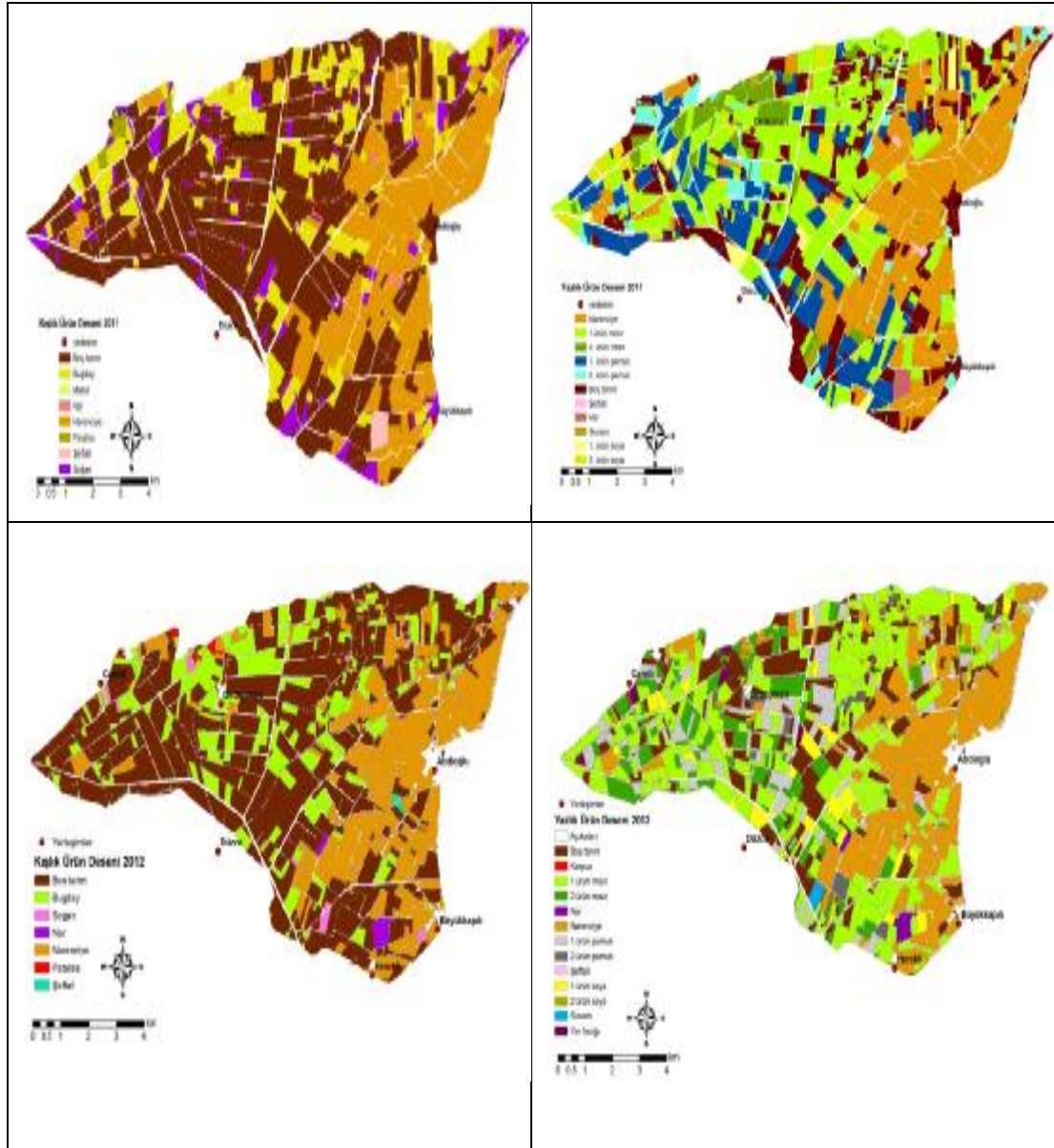
Çalışma alanı ürün deseni; ticari kar, devlet teşvikleri ve üretim sezonuna bağlı olarak değişim göstermiş olup, bölgeye ait üretimi yoğun bir şekilde yapılmakta olan temel bitkiler narenciye, buğday ve birinci ürün mısır alanlarında fazla bir değişim gözlenmemiştir.

Çalışma alanı olan Akarsu Sulama Havzasında 2011 ve 2012 yılları için tarımsal ürün deseni haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.5). Haritaların oluşturulması kapsamında, CHRIS PROBA hiperspektral verisi dışında özellikle hava koşullarına bağlı olarak CHRIS verileri çok bulutlu olduğu zaman, bazı dönemlerde özellikle 2011 yılında olmak üzere Landsat TM/ETM verilerinden de yararlanılmış, ürün deseni haritaları oluşturulmuştur (Çetin ve ark., 2011; RIHN, 2012). Ürün deseninde

yer alan bitkilerin tespit edilen alanları ve bu alanların tüm çalışma alanına oranları Çizelge 3.2’ de verilmiştir. Parseller oluşturulduktan sonra, her bir parselde ait ürün verisi sulama birliklerinden alınan haritalara göre ve arazi çalışmaları ile belirlenmiştir. Narenciye verileri ise arazi çalışmalarının yanında, çalışma alanını da kapsayan Seyhan NARBİS (Aşağı Seyhan Ovası Narenciye Bilgi Sistemi) projesinden elde edilen verilerle belirlenmiş ve sürekli güncellenmiştir (Çetin ve ark., 2012). Dolayısıyla Çizelge 3.2’ de verilen rakamlar, bu yüksek lisans tezinin de dahil olduğu projelerde üretilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma Alanında 2011 ve 2012 yıllarına ait kışlık ve yazlık ürün deseni ve kapladığı alanlar

Tarımsal ürün	2011				2012			
	Kış dönemi		Yaz dönemi		Kış dönemi		Yaz dönemi	
	Kapladığı Alan (ha)	Alan Dağılımı (%)	Kapladığı Alan (ha)	Alan Dağılımı (%)	Kapladığı Alan (ha)	Alan Dağılımı (%)	Kapladığı Alan (ha)	Alan Dağılımı (%)
Buğday	1390.1	14.6	0.0	0.0	1567.9	16.5	0.0	0.0
Narenciye	2445.9	25.8	2468.0	26.0	2516.7	26.5	2516.7	26.5
Mısır-I	0.0	0.0	2462.6	25.9	0.0	0.0	3007.2	31.7
Mısır-II	0.0	0.0	488.2	5.1	0.0	0.0	1045.3	11.0
Pamuk-I	0.0	0.0	1449.7	15.3	0.0	0.0	790.3	8.3
Pamuk-II	0.0	0.0	382.2	4.0	0.0	0.0	171.8	1.8
Kavun-Karpuz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.03
Meyve (nar ve şeftali)	67.8	0.7	68.5	0.7	68.4	0.7	68.4	0.7
Soğan	582.0	6.1	0.0	0.0	90.7	1.0	0.0	0.0
Marul	9.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Patates	56.6	0.6	0.0	0.0	27.0	0.3	0.0	0.0
Yer Fıstığı	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.2	0.5
Soya-I	0.0	0.0	126.3	1.3	0.0	0.0	384.6	4.1
Soya-II	0.0	0.0	395.1	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Susam	0.0	0.0	22.5	0.2	0.0	0.0	28.6	0.3
Boş alan	4942.6	52.1	1651.0	17.4	5224.2	55.02	1429.1	15.05
Toplam	9495.0	100.0	9514.1	100.2	9495.0	100.0	9495.0	100.0



Şekil 3.5. Çalışma alanına ait 2011-2012 hidrolojik yıllarında yazlık ve kışık bitki deseni haritası (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)

3.2.2. Uygulanan Gübre Azotu Dozları

Çalışma alanında çiftçiler arasında yapılan anket çalışmaları ile belirlenen; buğday, narenciye, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır, pamuk ve diğer bitkilere yetişme dönemlerinde uygulanan N' lu gübre miktarları Çizelge 3.3' te verilmiştir.

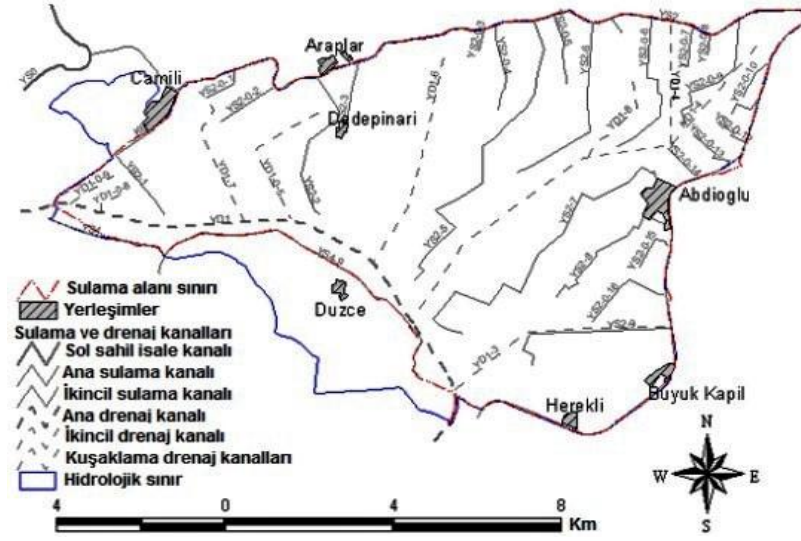
Çizelge 3.3. Çalışma alanında 2011 ve 2012 yıllarına ait bitkilerin alansal dağılımları ve uygulanan gübre miktarları

Bitkiler	Bitki Dağılımları (%)		Uygulan Gübre (kg N ha ⁻¹)
	2011	2012	
Buğday	14.1	16.5	195
Narenciye	26.5	27.2	180
1. Ürün Mısır	25.9	31.7	340
2. Ürün Mısır	5.1	11	325
Pamuk	15.3	10.1	235
Kavun	0	0	130
Sebze	2.1	1.2	110
Diğerleri	6.1	4.9	70

Çalışma alanında çiftçiler tarafından tercih edilip, uygulanan azotlu gübre çeşitleri farklı olmaktadır. Ancak, çiftçi anketlerine dayanarak belirlenen verilere göre uygulanan gübre miktarlarının, toplam azot içerikleri dikkate alınmıştır. Çizelge 3.3' te 2011 ve 2012 yıllarına ait uygulanan gübre azotu miktarları verilmiştir.

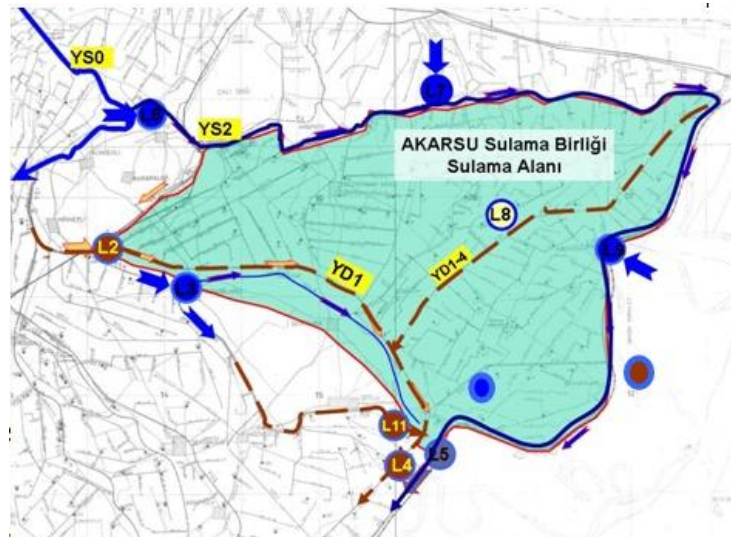
3.3. Sulama Koşulları ve Drenaj Şebekesi

Çalışma, Aşağı Seyhan Ovası sol sahil sulama alanında yer alan Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6; 3.7). Aşağı Seyhan Ovası' nın 174,088.0 ha'ı sulamaya uygun olup, sulanan alan 1960' dan 2002 yılına kadar 133,431.0 ha' a ulaşmıştır. Bölgedeki drenaj kanalları incelendiğinde, klasik toprak drenaj kanalları olduğu görülmüştür. Ortalama derinlik 2 m civarı olup, en derin drenaj kanalının 3 m dolaylarında olduğu kaydedilmiş ve bölgede drenaja bağlı problemler olduğu rapor edilmiştir.



Şekil 3.6. Çalışma alanı haritası

Çalışmanın gerçekleştirildiği alanda yer alan sulama ve drenaj şebekesi 1994 yılına kadar DSİ tarafından işletilmiş olup, 1994 yılında şebekenin işletilmesi ve bakım-onarım faaliyetleri Akarsu Sulama Birliğine devredilmiştir (Karnez, 2010). Çalışma alanı sulama ve drenaj şebekesi Şekil 3.6' da verilmiştir.

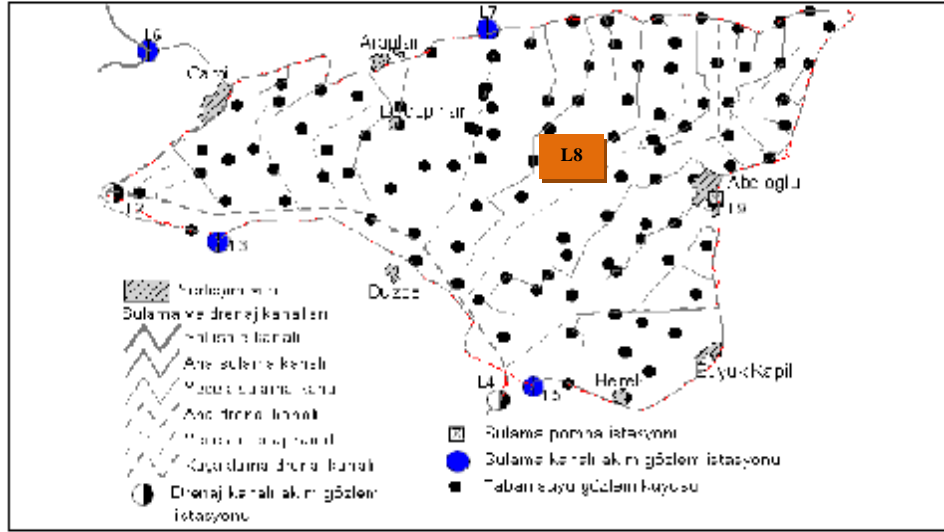


Şekil 3.7. Akarsu Sulama Birliği alanı ve alana su giriş noktaları (sulamadan girenler; L3, L6, L7, L9, drenajdan girenler; L2, L11)

Çalışma alanında, Çukurova Bölgesinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan ürünlere bağlı olarak 1 Nisan tarihinde sulama faaliyetleri başlamaktadır. Sulama faaliyetleri, farklı yıllarda görülen sıcaklık, yağış gibi iklim şartlarına bağlı olarak en erken 15 Mart' ta en geç ise 15 Nisan' da başlamıştır. Sulama suyu ihtiyacı, Seyhan Nehrinin ortalama yıllık 6.3 km^3 akış hacmi ile yüksek kalitede sulama suyu (EC, $<0.50 \text{ dS m}^{-1}$) ile karşılanmaktadır. Alanda sulama suyunun dağıtımı, beton sulama kanalları yardımı ile sağlanmaktadır.

3.4. Su Örneklemeleri ve Analizleri

Bölgenin sulama uygulamaları göz önünde bulundurularak, 1 Ekim ile izleyen yılın 30 Eylül tarihleri arasındaki süre “ Hidrolojik Yıl” (HY) 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. 2011 ve 2012 hidrolojik yıllarında sulama suyu, yağış ve drenaj sularında örnekleme çalışması yapılmıştır. 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 yılında QUALIWATER projesi kapsamında sulama kanalları üzerine beş adet, drenaj kanalları üzerine üç adet akım gözlem istasyonu (AGİ) tesis edilmiştir (Şekil 3.8). Limnigrafların yer aldığı akım gözlem istasyonları ile saatlik olarak su debisi ve miktarı ölçülerek sahaya giren ve çıkan akımlar belirlenmiştir. Akım gözlem istasyonlarında, ölçülen su derinliklerinin debiye dönüştürülebilmesi için $Q=f(h)$ ilişkileri muline (hız ölçer) ile ölçümler yapılarak (Çetin ve ark., 2008) elde edilmiştir.



Şekil 3.8. Sulama (L3, L5, L6, L7, L9), drenaj kanalları (L2, L4, L11) üzerinde tesis edilen akım gözlem istasyonları (AGİ' ler) ve Meteoroloji istasyonu (L8)

Havzanın çıkış noktasında yer alan otomatik örnekleyici (L4; Şekil 3.7, 3.8) örnekleyici 14 gün boyunca örnekleme yapılmak üzere programlanmıştır. Arazi den örnekleme zamanları da otomatik örnekleyici zamanına bağlı olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla her 14. günde araziye çıkmıştır. Otomatik örnekleyicide muhafaza edilmiş örnekler örnekleme şişelerine aktarılmıştır. Otomatik örnekleyicinin bulunmadığı örnekleme noktalarında ise usulüne uygun bir şekilde su örneği alınımı gerçekleştirilmiştir. Alınan her bir örnek, analize hazırlanmak üzere laboratuara getirilmiş, olası karışıklığı önlemek için önce laboratuvar kayıt defterine kaydedilmiş ve daha sonrasında huni yardımı ile mavi bant filtre kâğıdından, temiz plastik şişelere süzülmüştür. Süzüm işleminin ardından, ya hemen nitrat analizleri yapılmış ya da daha sonra analizi yapılmak üzere soğuk odada (+4 °C) bekletilmiştir. Su örneklerindeki NO₃⁻ analizleri Standard Methods (1998) yöntemine göre yapılmıştır. Konsantrasyon değerleri mg L⁻¹ olarak kaydedilmiştir.

3.4.1. Sulama Suyu ve Su Örneklemesi

Çalışmanın gerçekleştirildiği iki hidrolojik yıl süresince sulama suyu örnekleme çalışmaları iki haftada bir gerçekleştirilmiştir. Bu örnekleme çalışması, Akarsu Sulama Alanına giren 4 adet sulama kanalı (L3, L6, L7, L9; Şekil 3.7, 3.8) ve çıkan 1 adet sulama kanalı (L5; Şekil 3.7, 3.8) üzerine tesis edilen limnigrafların bulunduğu noktalardan akım verileri alınıp, su örneklemeleri yapılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında akım gözlem istasyonlarında örnekleme çalışması ve limnigraf görüntüsü

3.4.2. Yağmur Suyu Örneklemesi

Yağmur suyu örnekleri, çalışma alanında proje kapsamında kurulmuş olan meteoroloji istasyonundan alınmıştır (Şekil 3.10). Ancak, her yağış sonrası araziye ulaşımın mümkün olmamaktadır. Bu nedenle yağmur suyu örneklemelerinde, örnekleme sisteminin yetersiz kalmasından dolayı gerek buharlaşma gerekse gerçekleşebilecek mikrobiyal faaliyetlere bağlı olarak ölçülecek konsantrasyon değerlerinin gerçeği yansıtmayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle her yağışla beraber, yağmur suyu örneklerinin alınımına Çukurova Üniversitesinde belirlenen bir noktadan da devam edilmiştir.



Şekil 3.10. Meteoroloji istasyonu (L8) ve yağmur suyu örnekleme işlemi

3.4.3. Drenaj Kanalları ve Drenaj Suyu Örnekleme

Drenaj suyu örnekleme, alanda yer alan ana drenaj kanalı (L4) çıkış noktasına tesis edilmiş otomatik örnekleme (Şekil 3.11) yardımı ile (her gün saat 15.00' te) günlük olarak 350 ml su örneği alınmıştır. Alanda iki adet (L2 ve L11) drenaj su girişi noktası olup, sahada komşu alanlardan giren drenaj suları bu noktalardan ölçülmektedir. L2 ve L11' nolu kanallarda yapılan su örnekleme 14 günde bir gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı ana drenaj çıkış noktası olan L4 noktasından günlük olarak alınan örnekler ile 14 günde bir L2 ve L11 noktalarından alınan su örnekleri analiz edilmiş, nitrat konsantrasyonları, ortalama aylık mg L^{-1} olarak değerlendirilmiştir. Aylık ortalama konsantrasyonların, yıl içerisindeki değişimleri incelenmiştir.



Şekil 3.11. Havza çıkışındaki drenaj kanalı üzerine tesis edilen AGİ (L4)' te bulunan ve otomatik örnekleyiciden drenaj su örneklerinin alınımı

3.4.3.1. Drenaj Fraksiyonu

Drenaj fraksiyonu, çalışma alanında, mevcut sulama koşullarının ve teknik alt yapının değerlendirilebilmesi, olası sorunlara çözüm bulunabilmesi ve tedbir alınması için önem taşımaktadır. Çalışma alanına giren su kaynakları, sulama ve yağmursuyu miktarları (mm) ve alandan çıkan drenaj suyu miktarı, Denklem (3.1)' de verilen formüle göre hesaplanmış, drenaj fraksiyonu bulunmuştur (Isidoro ve ark., 2004). Drenaj fraksiyonu, çalışma alanına giren toplam yağış ve sulama suyu miktarından, drene olan su miktarının % olarak ifadesidir.

$$DF = \frac{Q}{I + P} \cdot 100 \quad (3.1)$$

Verilen denklemde (3.1); DF, drenaj fraksiyonunu (%); Q, drenaj suyu miktarını (mm); I, sulama suyu miktarını (mm) ve P, yağış miktarı (mm) göstermektedir.

3.4.3.2. Drenaj Sularında NO₃-N Hesaplamaları

Örnekleme günlük olarak gerçekleştirilen drenaj sularında, günlük olarak ölçülen NO₃ konsantrasyonları ve sürekli olarak limnigraflar ile kayıt altında tutulan drenaj suyu debi değerleri verilen (3.2), (3.3) ve (3.4)' nolu formüllere göre hesaplanmıştır. Bulunan NO₃ yük değeri, 0.225 sayısı ile çarpılarak NO₃-N' na dönüştürülmüştür. Tarımsal ve çevre araştırmalarında azot kirliliğinin boyutunun incelenebilirliği için NO₃-N' a dönüştürülmektedir.

$$Q_s = 360 \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{Q_{in_{ji}} - Q_{o_{ji}}}{A} \right) \quad (3.2)$$

Denklem (3.2)' de Q_s ; belli bir s dönemi içerisinde veya belli gün sayısındaki net su miktarını (mm), A; alan büyüklüğünü(ha), $Q_{in_{ji}}$ ve $Q_{o_{ji}}$; A hektar sulanan alan başına (ha), j gününde ve i saatinde giren ve çıkan drenaj suyu miktarlarını göstermektedir.

$$L_{NO_3, j} = 0.001 \left[\frac{Q_{oj} C_{oj} - Q_{inj} C_{inj}}{A} \right], \quad j = 1, 365 \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)' te günlük kg NQ ha⁻¹ (L_{NO_3} (kg ha⁻¹ gün⁻¹) yükü hesaplanmaktadır. Denklemde verilen Q_{oj} , Q_{inj} , çalışma alanına (ha) giren ve çıkan günlük drenaj miktarını (m³); C, drenaj suyu konsantrasyon değerlerini (mg L⁻¹) ifade etmektedir.

$$L_{NO_3, s} = \sum_{j=1}^t L_{NO_3, j} \quad (3.4)$$

Drenaj sularında ölçülen günlük NO₃ yükleri, sulama dönemi ve yağışların görüldüğü yağışlı dönem (sulama mevsimi dışı, NIS) olarak verilen denklem yardımı ile hesaplanarak, yük kg NO₃ ha⁻¹ olarak ifade edilmektedir. Denklem (3.4)' te $L_{NO_3, s}$

hidrolojik yıl ($t:1, 365$) boyunca t gün uzunluğundaki yağış ve sulama sezonlarına bağlı olarak dönemsel NO_3 yükleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Bitki Ürün Deseni

Akarsu sulama alanı için ilgili projeler kapsamında (Çetin ve ark., 2011; RIHN, 2012) oluşturulmuş olan, 2011 ve 2012 yıllarına ait ürün desenleri incelendiğinde kış döneminde buğday, narenciye, patates, soğan ve meyve üretiminin yapıldığı görülmektedir. Aynı yıllara ait yazlık ürün deseninde ise birinci ürün mısır, ikinci ürün mısır, birinci ürün pamuk, ikinci ürün pamuk, bostan, yer fıstığı, soya ve susam ve meyve üreticiliği yaygındır. Bitki ürün desenlerindeki değişimlerin verildiği Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de 2012 yılında her bir ürüne ait alan verilerinin, 2011 yılı verilerine göre karşılaştırması yapılmıştır.

2011 kışlık ürün deseni incelendiğinde, en fazla alansal yayılımın narenciyede olduğu belirlenmiştir. Narenciye bahçeleri çalışma alanında 2445.9 ha' ık alan kaplamıştır. Narenciye alanları, toplam çalışma alanının %25.8' ini oluşturmaktadır. Narenciye ile beraber başat ürün olan buğday, 1390.1 ha' ık alanda yayılım göstermiştir. Bu yayılım alanı, toplam çalışma alanının %14.6 oranında dağılım göstermiştir. Bu verileri 582.0 ha alan ile çalışma alanının %6.1' ine dağılım gösteren soğan ve 56.6 ha' ık alan ile %0.6' ık dağılım gösteren patates ekili alanlar takip etmiştir. Marul ve meyve bahçeleri de toplam 77.3 ha' ık alan ile toplam çalışma alanında %0.8 oranında bir yayılım göstermektedir. Kışlık ürün deseni olarak 4942.6 ha' ık alanı kapsayan ve çalışma alanının %52.1' lik bir kısmında ise tarım yapılmamıştır.

2012 yılına ait kışlık ürün deseninde, narenciye ve buğday, 2516.7 ve 1567.9 ha' ık alan kaplamaktadır. Toplam çalışma alanında sırasıyla %26.51 ve %16.51 oranında alansal dağılım göstermektedir. Çalışma alanı ürün deseni incelendiğinde, kış döneminde 5224.2 ha' ık alanda tarım yapılmamıştır. Tarım yapılmayan alanlar toplam çalışma alanında %55.02 oranında dağılım göstermekte olup, narenciye ve buğday alanları toplam ekili alanın büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Soğan, patates ekili alanların ve meyve bahçelerinin, toplam 186.1 ha' ık alana yayıldığı ve %1.92 oranında dağılım gösterdiği saptanmıştır.

2011 yılına ait yazlık ürün deseni incelendiğinde, baskın ürün olarak birinci ürün mısır (mısır-I) ve ikinci ürün mısır (mısır-II) belirlenmiştir. Toplam 2950.8 ha'lık alanda mısır-I ve mısır-II üretimi yapılmıştır. Bu mısır-I ve mısır-II alanları, sırasıyla toplam çalışma alanının %25.9 ve %5.1'ini kapsamıştır. Bölgede öncelikle tercih edilen birinci ürün pamuk (pamuk-I) ve devlet teşvikleri ile ürün desenine katılan ikinci ürün pamuk (pamuk-II) üretimi, 1449.7 ve 382.2 ha'lık alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında, pamuk-I ve pamuk-II üretiminin yapıldığı alanlar sırası ile %15.3 ve %4.0 oranında dağılım göstermiştir. Ürün deseninde yer alan birinci ürün soya üretimi, 126.3 ha'lık alanda, bölge açısından birinci ürün olarak üreticiliğin karlı bulunmadığı soya bitkisinde yapılan devlet teşvikleri ile ürün desenine katılan ikinci ürün soya (soya-II) üretimi, 395.1 ha'lık alanda gerçekleştirilmiştir.

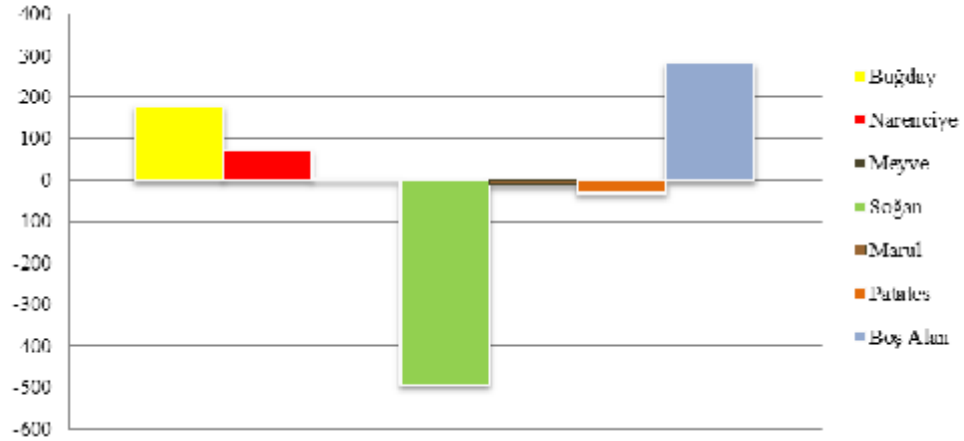
2012 yılına ait ürün desenindeki yazlık alan verilerine göre incelendiğinde mısır-I ve mısır – II üretimi 3007.2 ve 1045.3 ha'lık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanlar, toplam çalışma alanında sırası ile %31.67 ve %11.01'lik dağılım göstermiş olup, tarım yapılan alanların çoğunluğunu mısır ekili alanlar oluşturmuştur. Mısır-I ve mısır-II ürünlerini alansal dağılım olarak pamuk-I ve pamuk-II oluşturmuştur. Pamuk-I ve pamuk-II toplam alanda sırasıyla %8.32 ve %1.81 oranında dağılım göstermiştir. Yaz döneminde çalışma alanının %4.05'inde soya ekimi yapılmaktadır. Kışlık ürün deseni incelendiğinde, alansal yayılım bakımından narenciye önem kazanmaktadır. 2011 ve 2012 yıllarına ait kışlık ürün deseninde narenciye alanları, 2445.9 ve 2516.7 ha olarak belirlenmiştir, 2012 yılında %0.71 oranında artış görülmüştür. Bu artış bölgede daha verimli olduğu belirtilen yeni anaçlar ile yapılan bahçe yenileme çalışmalarına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Alansal dağılım yönünden önem taşıyan buğday ekili alanlarda 2012 yılında artış gerçekleşmiştir. 177.8 ha alan ile toplam çalışma alanında %1.9 oranında artış görülmüştür. Soğan üretiminin 2011 yılında 582.0 ha'lık alanda gerçekleştirilmiş olmasına karşılık, 2012 yılında 90.7 ha alanda üretim yapılmıştır. Soğan üretimi ve hasadının maliyetli olması ve ihracat teşviklerinin kaldırılması nedeniyle soğan ekili alanlar %5.1 oranında azalış göstermiştir. Bu nedenle 2012 yılında buğday ekili alanlarda görülen artışın, soğan ekimi yapılmayan alanlara buğday ekiminin gerçekleştirilmesinden

kaynaklandığı tespit edilmiştir. 2012 ve 2011 yıllarında yazın tarımı yapılan en önemli ürün mısır olarak tespit edilmiştir. Buğday, bölgede olağan iklim ve çevre koşulları altında mayıs ayı ortası ile haziran ayının başını kapsayan zaman aralığında gelişimini tamamlamakta ve hasat edilmektedir. Geniş adaptasyon yeteneğine ve çeşit zenginliğe sahip mısırın ikinci ürün olarak yetiştirileceği bölgelerde ekim, ön bitkinin tarlayı boşaltmasına bağlıdır (Geren ve ark., 2003). 2012 yılında mısır-I ve mısır-II ekili alanlarda %5.77 ve %5.91 oranında artış tespit edilmiştir. Mısır-I ve mısır-II de görülen bu artış, 2011 yılında soya fasulyesi ve pamuk üreticisine sağlanan devlet teşviklerinin 2012 yılında sağlanmamasına bağlı olarak, ekim yapılmayan alanların yerine mısır-I ve mısır-II ekimi yapılmıştır. 2011 yılında devlet teşviklerine bağlı olarak soya fasulyesi, ikinci ürün olarak ürün nöbetine 126.3 ha ve %1.3 oranında dağılım göstererek katılmıştır. Soya fasulyesi 2012 yılında teşviklerin bitmesi ile yalnızca birinci ürün olarak tercih edilmiş olup, üretimi 384.6 ha' da gerçekleştirilmiştir. Pamuk üretiminde maliyetlerin, zahmetin artması, kaynakların sınırlı olması ve çiftçi açısından kendi alternatiflerine göre çekiciliğini kaybetmiştir. Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi (ICAC) verilerine göre 2010 yılında dünya fiyatlarının da etkisiyle, yurtiçinde pamuk fiyatlarının %100 artması ile üretimi artmıştır (GAIN Report, 2011). Ancak 2011/12 üretim sezonunda son 3 yılın en düşük fiyatların görülmesi ve üreticilere teşvik sağlanmaması sonucunda ekili alanların azalışı kaçınılmaz olmuştur (Bremen Pamuk Raporu, 2012).

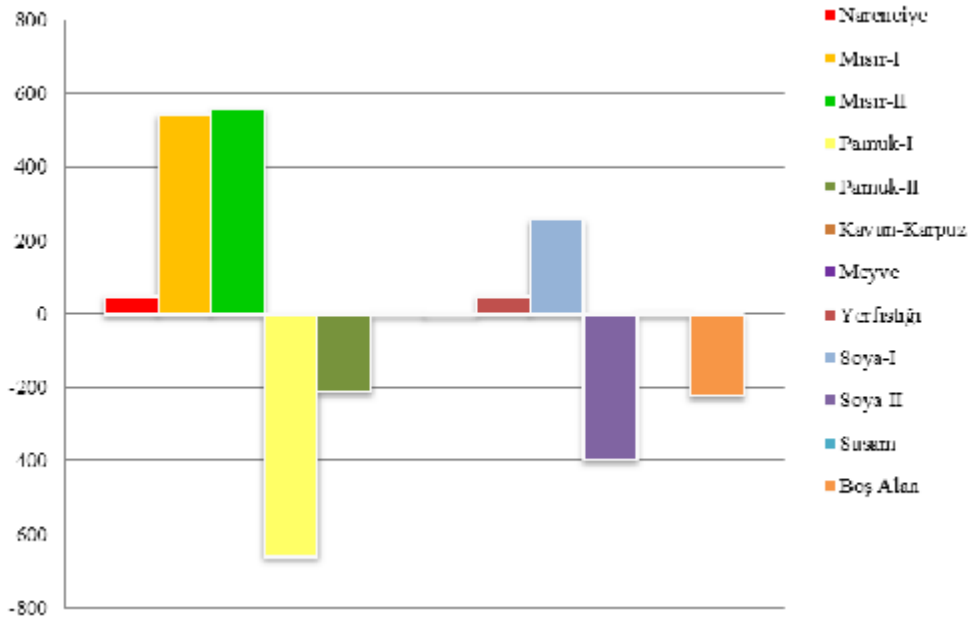
Çalışma alanında, 2011 ve 2012 yıllarında kış döneminde boş alanların sırasıyla %52.1 ve %55.02 oranında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Boş bırakılan alan dağılımı fazla bulunmuştur. Ancak, mart ayı ortası ile nisan ayı ortası arasında ekimi yapılan ve 2011 yılında artış gösteren pamuk-I ekimi için hazırlık amacıyla boş bırakılmıştır. Bununla beraber, 2012 sezonunda ise, yaz döneminde üretimi artan mısır-I ekimi yapılacağı için boş alanlarda artış görülmüştür.

Yaz dönemine ait ürün deseninde boş alan dağılımları ise, 2011 yılı için %17.4, 2012 yılı için 15.05 bulunmuştur. Sulama şebekesi olan Akarsu havzasında yaz döneminde bu denli yüksek oranda alanların boş bırakılması beklenmeyen bir durumdur. Sıcaklıkların 2010 yılı yaz döneminde normalin üzerinde seyretmesi, sulama konusunda çekilen teknik destek yetersizliği ve bunlarla beraber tarımın

giderek verimliliğini kaybetmesi, tarımsal faaliyetlerin oldukça düşük karlılık göstermesi, boş alan artış nedenleri olarak kabul görmektedir.



Şekil 4.1. 2011-2012 yılları arasındaki kışlık ürün deseninde alansal (ha) değişim (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)



Şekil 4.2. 2011-2012 yılları arasındaki yazlık ürün deseninde alansal (ha) değişim (Çetin ve ark., 2012; RIHN, 2012)

2011 ve 2012 yıllarına ait ürün desenlerinde yer alan yazlık ve kışlık ürün dağılımları karşılaştırıldığında çevre koşulları (sıcaklık, yağış, hastalık etmenleri), ekonomik şartlar (devlet teşviki, satış fiyatı, üretim maliyeti) ve kültürel uygulamalar

(sulama, ilaçlama, gübreleme) neticesinde iniş çıkışlar gözlenmiştir. Ürün deseninde görülen bu azalış ve artışlar ile uyumlu olarak gübreleme ve sulama faaliyetleri de değişim göstermiştir. Bitki ihtiyacına yönelik yapılan gübre ve sulama uygulamaları, drenaj sularına nitrat kayıplarını azaltmada en etkili yöntemdir (Gehl ve ark., 2005). Dolayısıyla, ürün deseninde değişime bağlı olarak, kullanılan azotlu gübrenin miktar, tür ve uygulama zamanları da değişim gösterecektir.

4.2. Gübre Azotu Dozları

Çalışmanın yürütüldüğü Akarsu Sulama Alanında bitki ürün deseninde yer alan ürünlere uygulanan gübre dozları ve zamanları çiftçilerle yapılan anket sonucunda belirlenmiş (QUALIWATER Proje Sonuç Raporu, 2010) olup, bu tez çalışmasında da çiftçi görüşmeleri ile tekrar teyit edilmiştir. Edinilen rakamsal verilere göre, buğday için 195 kg, narenciye için 180 kg, mısır-I için 340 kg ve mısır-II için ise 325 kg N ha⁻¹ uygulanmıştır (Çizelge 4.1, 4.2). Bahçe ve tarla sahibi çiftçilerin gübre uygulama miktar ve yöntemleri birbirine benzemektedir. Çalışma alanında uygulanan gübre dozları, toprak analizlerine dayalı gübreleme programları ile belirlenmemektedir. Genel olarak, uygulanan gübre dozu, çeşidi ve formu, çiftçinin yıllar içerisinde edindiği kendi deneyimleri ve alışkanlıkları ile belirlenmektedir. Ancak iklim koşullarında, toprak özelliklerinde, sulama ve toprak işleme yöntemlerinde ve kullanılan tohum çeşitlerinde bir değişim görülmemesinden dolayı belirlenen gübre dozlarında önemli bir derecede azalış veya artış gerçekleşmemektedir.

Çizelge 4.1 ve 4.2' de her bir bitkiye verilen gübre miktarları incelendiğinde 340 ve 325 kg N ha⁻¹ uygulaması ile mısır-I ve mısır-II en fazla gübre verilen bitkiler olmuştur. Çukurova bölgesinde gerçekleştirilen çalışmalarda birinci ve ikinci ürün mısırdaki maksimum verim için 230-250 kg N ha⁻¹ verilmesi gerektiği saptanmıştır (İbrikçi ve ark., 2001; Büyük, 2006). Karnez (2010)' a göre 2007-2008 yıllarında aynı alanda gerçekleştirilen çalışmada, mısır-I bitkisi tarafından 307 ve 275 kg N ha⁻¹ ve mısır-II bitkisi ile 163 ve 181 kg N ha⁻¹ kaldırılmıştır. Kaldırılan miktarlar göz önüne alındığında ise, uygulanan gübre dozlarının, uygulanması

gereken miktardan 1/3 oranında daha fazla uygulandığı kaydedilmiştir. Mısır-II bitkisinde, büyüme periyodunun ilerleyen zamanlarında güneşli günlerin azalmasıyla beraber fotosentez miktarının azalışı, yağışların başlaması, hastalık ve zararlılarla mücadelenin yetersizliğinden dolayı verimde azalma görülmektedir. Düşen biomas miktarı ve dane verimi nedeniyle kaldırılan bitki besin elementi miktarı da azalmıştır. Tüm bunlar göz önüne alındığında mısır-II bitkisine uygulanan azotlu gübre dozlarının azaltılması gerektiği ancak gerçekleştirilen çiftçi anketlerinde belirtilen miktarlarda, bunun dikkate alınmadığı görülmektedir. Ancak bu azalıştan dolayı uygulanan azotlu gübre dozu azaltılmamıştır.

Yapılan çalışmalarda Çukurova koşullarında verimli buğday üretimi için azotun 12-16 kg N da⁻¹ dozunun yeterli olduğu bildirilmiştir. İbrikçi ve ark. (2001) tarafından yapılan tarla denemelerinde bu miktar 180 kg N ha⁻¹ bulunmuştur. Bu araştırmada ise, buğday bitkisine uygulanan azot 195 kg N ha⁻¹ olarak saptanmıştır. Bu verilere göre buğday üretiminde ortalamanın üzerindeki miktarlarda gübreleme yapılmaktadır. Ancak bölgenin düşük organik madde ve yüksek kil içeriğine sahip topraklarında gerçekleşen azot fiksasyonu, yaygın olarak kullanılan salma sulama yönteminde yıkanmanın daha çok görülmesi, denitrifikasyona uğraması ve azotlu gübrelerin atmosfere volatilize olduğu göz önüne alındığında verilen fazla miktarın göz ardı edilebileceği görülmektedir.

Çizelge 4.1. 2011 yılına ait ürün deseninde yer alan bitkilerin alansal dağılımlarına göre alana giren N gübre miktarları.

Ürün	Uygulanan N' lu Gübre Dozu (kg N)	Ekili Alan (ha)	Uygulanan Toplam N' lu Gübre (kg N)*
Buğday	195	1,390.1	271,069.5
Narenciye	180	2,445.9	440,262.0
Mısır-I	340	2,462.6	837,284.0
Mısır-II	325	488.2	158,665.0
Pamuk	235	1,831.9	430,496.5
Bostan	130	0	0
Sebze	110	648.1	71,291.0
Diğerleri	45	543.9	24,475.5
Toplam		9,810.7	2233,543.5
Ortalama**			227.7

*Toplam uygulanan N' lu gübre miktar= Bitkinin ekili olduğu alan (ha) x Bitki için uygulanan toplam N' lu gübre miktar (kg N ha⁻¹).

**Ortalama= Uygulanan toplam N' gübre miktar (kg N)/Toplam alan (ha).

Çizelge 4.2. 2012 yılına ait ürün deseninde yer alan bitkilerin alansal dağılımlarına göre alana giren N gübre miktarları.

Ürün	Uygulanan N' lu Gübre Dozu (kg N ha ⁻¹)	Ekili Alan (ha)	Uygulanan Toplam N' lu Gübre (kg N ha ⁻¹)*
Buğday	195	1,567.9	305,740.5
Narenciye	180	2,585.1	465,318.0
Mısır-I	340	3,007.2	1022,448.0
Mısır-II	325	1,045.3	339,722.5
Pamuk	235	962.1	226,093.5
Bostan	130	2.8	364.0
Sebze	110	117.8	12,958.0
Diğerleri	45	463.4	20,853.0
Toplam		9,751.6	2393,498.0
Ortalama**			245.5

*Toplam uygulanan N' lu gübre miktar= Bitkinin ekili olduğu alan (ha) x Bitki için uygulanan toplam N' lu gübre miktar (kg N ha⁻¹).

**Ortalama= Uygulanan toplam N' gübre miktar (kg N)/Toplam alan (ha).

Çizelge 4.1 ve 4.2' de 2011 ve 2012 yıllarında yetiştiriciliği yapılan bitkilere ait toplam üretim alanları ve azotlu gübre doz miktarları verilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllarda alana en fazla azotlu gübre sırasıyla 837,284.0 ve 1022,448.0 kg ile mısır-I üretiminde uygulanmıştır. Mısır tarımında, yüksek verim alabilmek için zamanında yeterli miktarda gübreleme ve sulama yapılmalıdır. Mısır ekili alanlarda, toprağın yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte 5-6 kez sulama yapılmaktadır. Birinci ürün mısırdaki uygulanan toplam azotlu gübre dozunu, çalışma alanında kapladığı alan oranı açısından önem taşıyan narenciye bahçelerinde uygulanan 440,262.0 ve 465,318.0 kg azotlu gübre dozu takip etmiştir.

Çalışma alanına 2011 ve 2012 hidrolojik yıllarında sırasıyla ortalama 227.7 kg N ve 245.5 kg N uygulanmıştır. 2012 yılında görülen ortalama N' lu gübre miktarındaki artış, mısır ekili alanların artması ile açıklanmıştır. Sulu koşullarda gerçekleştirilen mısır üretiminde uygulanan toplam azotlu gübrelerin %50' den az bitki tarafından alınabilmektedir. Bitki tarafından kullanılmayan gübreler toprakta kalarak artık azotu oluşturmaktadır (Causape ve ark., 2004; Gabriel ve Quemada, 2011). Çukurova bölgesinde buğday ekimleri, ekim-kasım aylarında gerçekleştirilmekte olup, ekim ile beraber taban gübresi de toprağa uygulanmaktadır. Ancak ekim öncesi veya ekimle beraber verilen azotlu gübreler, bitkinin erken gelişme döneminde bitki tarafından tam olarak kullanılmayıp yıkanmaya maruz

kalmaktadır (Paramasivam ve ark., 2001). Özellikle kış aylarında yağışların görüldüğü Çukurova Bölgesinde buğday ekimi ile beraber uygulanan taban gübrelere ve kardeşlenme döneminde uygulanan üst gübrenin yıkanımı kaçınılmaz olmaktadır (Qualiwater Sonuç Raporu, 2010; Martinez-Alcantara ve ark., 2011; Perego ve ark., 2012).

Dünya tahıl üretiminde (mısır, pirinç, buğday vb.) yaklaşık olarak N kullanım etkinliği %33' dür. Fazla miktarlarda uygulanan ve bitkiler tarafından kullanılmayan azotlu gübreler toprakta tutunamayıp toprak profilinde alt katmanlara yıkanabilmekte, yer altı sularına ve drenaj sularına katılmaktadır. Bu yıkanmaya, bitki çeşidi, toprak yapısı, sulama ve gübreleme faaliyetleri başta olmak üzere pek çok faktör etki etmektedir. Bitkilerin azot kullanım etkinliğini bilmek gübreleme önerilerinde ve çevre korumada kullanılması gereken önemli bir kriterdir (Moll ve ark., 1982; Cassman ve ark., 2002). Özellikle N gibi topraktaki dinamizmi belirgin olan bir element için bu kriteri bilmek daha da elzemdir (Bao ve ark., 2006).

4.3. Alana Giren Su Kaynakları ve Drenaj Suları

4.3.1. Sulama Suyu Miktarı ve Nitrat Konsantrasyonu

Çalışma alanında Çukurova Bölgesinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan ürünlere ve farklı yıllarda görülen sıcaklık, yağış gibi iklim şartlarına dayanarak sulama faaliyetleri, en erken 15 mart' ta en geç ise 15 nisan' da başlamıştır. Genel olarak sulama dönemi, 1 Nisan tarihinde başlamış olarak kabul edilmektedir.

2011 ve 2012 hidrolojik yıllarında limnigraflarda (L3, L6, L7, L9) ölçülen ve sulamaya çevrilen debilerin toplamları, alana giren toplam sulama suyunu göstermektedir. Sulama kanalları ile alana giren toplam su miktarı, aylık olarak verilmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.3 incelendiğinde, eylül ve nisan ayları arasındaki dönem kapsayan dönemde üretim sezonunun sonuna gelinmesi dolayısıyla hasat faaliyetlerinin ve takip eden kışlık ürün ekim-dikim hazırlıklarının başladığı ekim ayı ile kış dönemi ekimlerinin gelişmesini sürdürdüğü ancak sulama ve üst gübreleme faaliyetlerinin daha başlamadığı mart ayı arasında kalan dönemi kapsamaktadır. Bu

dönem, sulama mevsimi dışı (NIS; Non-irrigation season) olarak adlandırılmaktadır. Havanın ısınması ile artan evaporasyon ve transpirasyonun orantılı olarak artan bitki su ihtiyacının karşılamak için sulama faaliyetlerinin başladığı nisan ayı ile üretim sezonunun sonuna yaklaşıldıkça sulama faaliyetlerinin bittiği eylül ayı arasındaki döneme ait veriler Çizelge 4.3' te belirtilmiştir. Bu dönem sulama dönemi (IS; irrigation season) olarak adlandırılmaktadır. Hidrolojik yıl, yağışlı (sulamasız) ve kurak dönemlerden oluşmaktadır. Gerçekleştirilen pek çok araştırmada ve bu tez çalışmasında azotun topraktan yıkanmasında etkili en önemli faktörlerden biri olan sulama faaliyetlerinin, sulama dönemlerinin ve aylık yağış dağılımlarının, drenaj suları üzerine etkisi olduğu bulunmuştur (Isidoro ve ark., 2006; Qualiwater, 2010; Çetin ve ark., 2011).

Su kullanım etkinliği, bitkiler tarafından kullanılan su miktarının toplam sulama suyuna oranı olarak açıklanmaktadır. Su kullanım etkinliği %50-60 olan karık sulama yöntemleri, geliştirilen alternatif sulama yöntemlerine rağmen tercih edilmektedir. Bu yöntem yüksek oranda su kayıplarının yanında su basmalarına, tuzlanmalara neden olmaktadır (Jensen ve ark., 1990). Çalışma alanında sulama, genellikle klasik salma sulama yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Narenciye bahçelerinde, su kullanım etkinliği yüksek olan damla sulama sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Damla sulama sistemlerinde su kullanım etkinliği %100' e yakındır. Yapılan araştırmalarda damla sulama sistemleri ile şu anda kullanılan suyun yarısı ile sulamanın yapılabileceği belirtilmiştir (Camp, 1998; Power ve ark., 2001; Bhattarai ve ark., 2005).

Çizelge 4.3. Aylık verilen sulama suyu miktarı (mm)

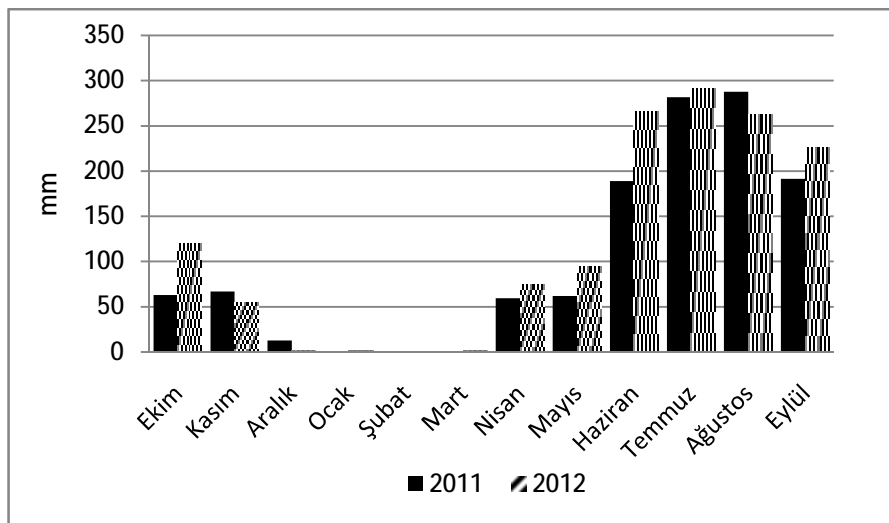
Aylar	Sulama Suyu (mm)	
	2011	2012
Ekim	62.8	120.5
Kasım	66.7	55.3
Aralık	12.7	1.7
Ocak	0.4	1.5
Şubat	0.5	1.1
Mart	0.8	2.2
Nisan	59.5	74.3
Mayıs	61.8	94.6
Haziran	188.8	266.1
Temmuz	281.7	291.0
Ağustos	287.9	262.4
Eylül	191.4	226.3
Toplam	1215.1	1397.1

2011 ve 2012 yıllarına ait aylık sulama suyu miktarları incelendiğinde, uygulanan en düşük sulama suyu hacmi 0.4 mm ile ocak, 1.1 mm ile şubat aylarında görülmüştür. Kış aylarında gerçekleşen yağışların, mevcut bitkilerin su ihtiyacını karşılamasından dolayı sulama faaliyetleri azalmaktadır. Çizelge 4.4' te sulama miktarlarının, yağışlı ve sulama dönemlerine ait oranları verilmiştir. 2011 yılında sulama ile alana giren su miktarı sulama faaliyetlerinin yürütüldüğü dönemde 1071.1 mm, yağışlı dönemde 144.0 mm olarak kaydedilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının %13.1' i sulama dönemi dışında uygulanmıştır. 2012 yılında sulama ile alana giren su miktarı sulama döneminde 1214.7 mm, yağışlı dönemde 182.4 mm olarak kaydedilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının %11.9' u sulama dönemi dışında kullanılmıştır. 2011 ve 2012 yıllarına ait alana giren toplam sulama suyu miktarları 1215.1 ve 1397.1 mm bulunmuştur. 2012 yılında görülen artışın nedeni bitki ürün deseninde, çok fazla su tüketen ve dolayısıyla sulama suyuna fazlaca ihtiyaç duyan bitkilerin başında gelen mısır ekili alanların artması ve 2012 yılı yaz mevsiminin önceki yıllara oranla daha sıcak geçmesi ile dolaylı olarak artan sulama faaliyetleri ile açıklanmaktadır.

Çizelge 4.4. Sulama suyunun (mm) NIS, IS ve HY dönemlerine göre dağılımı

Yıllar	NIS	IS	Hidrolojik Yıl	% NIS
2011	144.0	1071.1	1215.1	13.1
2012	182.4	1214.7	1397.1	11.9

Sulamasız ya da yağışlı sezon olarak adlandırılan dönemde hasat faaliyetlerinin başladığı kabul edilmektedir. Ancak 2011 ekim ve kasım aylarına ait sulama suyu miktarları 62.8 ve 66.7 mm bulunmuştur. Yaz mevsiminde ekimi gerçekleştirilen ikinci ürün bitkilerin ihtiyacı olan su ve sahadaki turuncgillerin su ihtiyaçları ekim ve kasım aylarında yağışların görülmemesi nedeniyle sulama suyu ile karşılanmaktadır. 2012 yılı ekim ve kasım aylarında sulama suyu miktarı 120.5 ve 55.3 mm olup, 2011 yılı ekim ve kasım ayında yapılan sulamadan daha fazla su kullanılmıştır. 2012 yılında görülen bu artış, bitki ürün desenine bağlı olarak ikinci ürün pamuk ve soya ekiminin azalması ile ikinci ürün mısır ekilen tarlaların sulanmasından kaynaklanmaktadır. 2012 yılında bitki ürün deseninde su ihtiyacı fazla olan mısır-I ve mısır-II ekili alanların artması sonucu sulama faaliyetleri arttırılmış ve alana giren su miktarında artış gerçekleşmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Sulama suyu miktarlarının (mm) aylara göre dağılımı

2011 ve 2012 hidrolojik yıllarında, L3, L6, L7, L9 sulama kanallarından iki haftada bir alınan su örneklerindeki ortalama NO₃ konsantrasyon değerleri 4.1 ve 2.9 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. Alanda kullanılan sulama suyunun, nitrat konsantrasyonu kalitesi açısından uygun değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bulunan ortalama NO₃ konsantrasyon değerleri, Avrupa Birliği “ Nitrat Direktifi” ’ ne uyum sağlamak doğrultusunda ülkemizde 18.02.2004 tarihinde yürürlüğe giren “ Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması” yönetmeliğine göre çevre ve insan sağlığı açısından sorun teşkil etmemektedir. Çalışma alanında sulama kaynaklı kullanılan su, Seyhan Baraj Gölü’ nden geldiği için kirlilik riski taşıyacak düzeyde NO₃ içermemektedir.

4.3.2. Yağış Miktarı

Çalışma alanının ortasına tesis edilen meteoroloji istasyonu (L8; Şekil 3.8) yardımı ile sahaya düşen yağış miktarı belirlenmiştir. Yağışlar; en yoğun aralık, ocak, şubat aylarında yani kış mevsiminde görülmüştür. Kış mevsimi hidrolojik yılın, yağışlı (NIS) döneminde yer almaktadır. Sulama döneminde (IS), ilkbahar aylarında yağışlar görülmektedir. 2011 yılına ait yağış verileri incelendiğinde en fazla yağış 172.8 mm ile aralık ayında görülmüştür. Temmuz ayında ise hiç yağış gerçekleşmemiştir. 2012 hidrolojik yılı yağış verileri incelendiğinde en fazla yağış 196.0 mm ile ocak ayında kaydedilmiş olup, ağustos ayında hiç yağış gerçekleşmemiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. 2011 ve 2012 yıllarında alanda ölçülen yağış miktarı (mm)

Aylar	Yağış Miktarı (mm)	
	2011	2012
Ekim	26.2	18.0
Kasım	0.6	35.8
Aralık	172.8	132.8
Ocak	78.8	196.0
Şubat	72.8	100.8
Mart	158.4	45.0
Nisan	78.4	18.8
Mayıs	46.6	44.0
Haziran	20.2	4.0
Temmuz	0.0	9.2
Ağustos	0.2	0.0
Eylül	12.8	0.4
Toplam	667.8	604.8

2011 yılına ait yağış verileri incelendiğinde sulamasız dönemde 509.6 mm, sulama mevsiminde 158.2 ve hidrolojik yıl içerisinde toplam 667.8 mm yağış düşmüştür (Çizelge 4.6). Bu yılda gerçekleşen yağışların %76.3' ü sulama mevsimi dışı (NIS) dönemde gerçekleşmiştir. 2012 yılındaki yağış verileri, yağışlı dönemde 528.4 mm, sulama döneminde 76.4 mm, bir hidrolojik yıl içerisinde ise 604.8 mm olarak belirlenmiştir. 2012 yılında gerçekleşen yağışların %87.4' ü sulama mevsimi dışında gerçekleşmiştir. 2011 yılına ait toplam yağış miktarı, 2012 yılından daha fazla bulunmuştur. Ancak sulamasız dönemde gerçekleşme oranı, 2011 yılına kıyasla 2012 yılında daha yüksek bulunmuştur. Yağışların, yüksek oranda kış aylarında gerçekleşmesi, kasım-aralık aylarında toprağa ekimle beraber verilen azotlu taban gübrelerinin ve hasat sonunda toprakta kalan organik maddenin mineralize olması sonucu açığa çıkan mineral azotun, yağmur suları ile drenaj sularına ve taban sularına olası taşınımı gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.6. Yağış miktarının (mm) NIS, IS ve HY dönemlerine göre dağılımı

Yıllar	NIS	IS	Hidrolojik Yıl	% NIS
2011	509.6	158.2	667.8	76.3
2012	528.4	76.4	604.8	87.4

Drenaj ile gerçekleşen kayıplar, toprağın kış mevsiminde donmadığı bölgelerde kış mevsiminde ve ilkbahar mevsiminin başlarında gerçekleşmektedir (Kladivko ve ark., 1991, 1999, 2004; Drury ve ark., 1993; Fenelon ve Moore, 1998). Tipik bir Akdeniz iklimine sahip çalışma alanında kış ayları yağışlı geçmektedir, dolayısı ile yağışın, yetiştirme sezonundaki miktarının, yıkanma üzerine etkili olduğu görülmüştür. Drenaj sularına ait NO₃ konsantrasyon değerlerindeki değişimler günlük yağışlarla gerçekleşmemektedir, mevsimsel ve yıllık olarak incelenmektedir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği bölgede kasım-aralık aylarında ekimi yapılan ve ürün deseninde başat rol oynayan buğdayın ekimi ile beraber uygulanmış ancak bitkilerin aktif olarak büyümemesinden dolayı kullanılmayan azotlu taban gübrelerinin, kış aylarında görülen yoğun yağışların neticesinde toprak profili boyunca tutunamayıp yıkanmaktadır. Yıkanan gübre-N' una hasat sonu toprakta kalan organik artıklardan da katılım olmaktadır. Buharlaştırmanın az ve yoğun yağışlar ile toprağın nemli kaldığı dönemlerde, drenaj ile kayıpların daha çok olduğu bilinmektedir (Randall ve Goss, 2008; Randall, 2004).

4.3.3. Drenaj Suları

4.3.3.1. Çalışma Alanından Drene Olan Su Miktarı

2011 ve 2012 hidrolojik yıllarına ait drenaj miktarları Çizelge 4.7' de verilmiştir. 2011 yılına ait drenaj suyu miktarı, en fazla 133.2 mm ile temmuz ayında, en az 36.8 mm ile ocak ayında görülmüştür. 2012 yılında en yüksek drenaj suyu miktarı 135.1 mm ile temmuz ayında en düşük drenaj suyu miktarı 42.4 mm ile aralık ayında kaydedilmiştir. Kış aylarında yani yağışlı dönemde ölçülen drenaj suyu

miktarları, bölgede görülen yağışlardan kaynaklanmaktadır. Sulama döneminin kapsadığı yaz aylarında hava sıcaklığı ve bitki su tüketiminin artması ile sık sık ve yoğun bir şekilde gerçekleştirilen sulama faaliyetleri sonucunda drenaj suyu miktarlarında artış görülmüştür. Yapılan çalışmalarda salma sulama yönteminde uygulanan toplam sulama suyunun %20' sinin drenaj sulama katıldığı ancak bu miktarın su kullanım etkinlikleri yüksek olan yağmurlama veya damlama sulama sistemlerinde %10' a düştüğü belirtilmiştir (Diputacion Provincial de Jaen – ITGE, 1997).

Çizelge 4.7 Sulama suyu ve drenaj suyu miktarları

Aylar	Sulama ve Drenaj (mm)					
	2011			2012		
	Sulama	Yağış	Drenaj	Sulama	Yağış	Drenaj
Ekim	62.8	26.2	49.5	120.5	18.0	86.3
Kasım	66.7	0.6	48.2	55.3	35.8	74.5
Aralık	12.7	172.8	69.6	1.7	132.8	42.4
Ocak	0.4	78.8	36.8	1.5	196.0	125.7
Şubat	0.5	72.8	37.7	1.1	100.8	55.8
Mart	0.8	158.4	92.0	2.2	45.0	58.6
Nisan	59.5	78.4	72.3	74.3	18.8	75.3
Mayıs	61.8	46.6	65.1	94.6	44.0	92.4
Haziran	188.8	20.2	113.9	266.1	4.0	128.8
Temmuz	281.7	0	133.2	291.0	9.2	135.1
Ağustos	287.9	0.2	126.1	262.4	0.0	129.4
Eylül	191.4	12.8	114.0	226.3	0.4	121.0
Toplam	1215.1	667.8	958.6	1397.1	604.8	1125.2
		1882.9	958.6		2001.9	1125.2

2011 hidrolojik yılında drenaj suları, sulama döneminde 624.7 mm, yağışlı dönemde ise 340.3 mm olarak ölçülmüştür. 2011 her iki dönemde drene olan su miktarının %35.3' ü sulamasız (yağışlı) dönemde meydana gelmiştir. 2012 yılında ise sulama döneminde 682.2 mm, sulamasız dönemde 443.3 mm su drene olmuştur. Sulamasız dönemde gerçekleşen drenajlar, tüm yıl da görülen drenajların % 39.4' ünü oluşturmaktadır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Drenaj miktarının (mm) HY, IS ve NIS dönemlerine göre dağılımı

Yıllar	HY	IS	NIS	% NIS
2011	965.1	624.7	340.3	35.3
2012	1125.2	682.0	443.2	39.4

4.3.3.2. Drenaj Fraksiyonu

Drenaj fraksiyonu, genel anlamıyla drenaj ile çıkan su miktarının yağış ve sulama ile giren su miktarına oranı olarak ifade edilmektedir (Denklem (1)). Drenaj fraksiyonunu arttıran en önemli faktör, sahaya düşen yağış ve çevrilen sulama suyunun kullanılmadan drenaja katılmasıdır. Drenaj fraksiyonu ile sulama randımanı arasında ters orantı bulunmaktadır. Drenaj fraksiyonunun artış gösterdiği koşullarda, sulama randımanı düşüş göstermektedir. DSİ' ye göre 2005 yılında $10553 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ su verilmiş ve sulama randımanı %43 olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2006). Çalışma alanında hesaplanan drenaj fraksiyonları aylık ve yıllık olarak Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. 2011 ve 2012 yıllarına ait aylık drenaj fraksiyonu (%) değerleri

Aylar	2011	2012
Ekim	55.6	62.3
Kasım	71.6	81.7
Aralık	37.5	31.5
Ocak	46.5	63.6
Şubat	51.5	54.7
Mart	57.8	124.3
Nisan	52.5	80.9
Mayıs	60.0	66.7
Haziran	54.5	47.7
Temmuz	47.3	45.0
Ağustos	43.8	49.3
Eylül	55.8	53.4
Toplam	50.9	56.2

2011 yılında toplam drenaj fraksiyonu ($DF=Q/(I+P)*100$; Isidoro ve ark., 2004) %50.9 olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanı için 2011 yılına ait DF değeri yüksek (Isidoro ve ark., 2004) bulunmuştur. 2011 ve 2012 yıllarında aylık olarak

hesaplanan drenaj fraksiyonu değerleri Çizelge 4.9' da verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde en yüksek drenaj fraksiyonu, %71.6 ve 60.0 olarak kasım ve mayıs aylarında hesaplanmıştır. 2012 yılında ise en yüksek drenaj fraksiyonu, %124.3 ile mart, %81.7 ile kasım ayında hesaplanmıştır. Bu ciddi miktarlardaki artışın taban sularından drenaja katılım olması sebebiyle gerçekleştiği bulunmuştur. Bu yıldaki ortalama DF' nun ise %56.2 ile artmış olduğu görülmüştür. Drenaj fraksiyonunun artış göstermesi, sulama sularının verilmesinden sonra drenaj kanallarında artan akıma, gerçekleşen yoğun yağışlara, ihtiyaçtan çok fazla su kullanılmasına, su kullanım etkinliği düşük sulama yöntemlerinin kullanılmasına bağlıdır. Ancak çalışma alanında, sulama kanallarından alınan sulama suyu arttıkça drenaj kanalındaki akımın artması, çalışma alanında su yönetimi bakımından bir sorun olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Drenaj fraksiyonunun yüksek olduğu alanlarda, toprakta yıkanmanın fazla gerçekleştiği, yıkanma ile beraber toprakta bulunan tuzlarda toprak profili boyunca yıkanmaktadır. Fazla miktarda gerçekleşen yıkanmanın sonucunda, çalışma alanı topraklarında, tuzluluk riskinin bulunmadığı görülmüştür (Çetin ve ark., 2012). Ancak, yıkanan NO_3 ' a bağlı olarak drenaj sularında ve taban sularında konsantrasyon artışları görülmüştür. Bu artış, çevre-insan sağlığı açısından olumsuz koşullar oluşturmaktadır (Kaplan ve ark., 1999).

Çizelge 4.10' da hidrolojik yıl, sulama dönemi ve yağışlı döneme ait drenaj fraksiyon değerleri özet olarak verilmiştir. 2011 yılı yağışlı dönemde değerler %37.5 ile %71.6 arasında değişmiş olup, ortalama %52.1 bulunmuştur. Sulama döneminde drenaj fraksiyonu değerleri %43.8 ile %60.0 arasında değişmiş, ortalama %50.8 bulunmuştur. 2012 yılına ait drenaj fraksiyonu değerleri sulama döneminde %45.0 ile %80.9 arasında değişmiş olup ortalama %52.8 olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl sulama dönemi dışında hesaplanan drenaj fraksiyonu değerleri, %31.5 ile %124.3 arasında bulunmuş olup ortalama %62.4 olarak belirlenmiştir. 2012 yılında görülen bu artış, alana saptırılan su miktarının fazlalığı, bitki ürün desenine bağlı olarak daha sık sulama yapılması neticesinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.10. 2011 ve 2012 yıllarına ait drenaj fraksiyon değerlerinin (%) HY, IS ve NIS dönemlerindeki dağılımı

Yıllar	HY	IS	NIS
2011	50.9	50.8	52.1
2012	56.2	52.8	62.4

4.3.3.3. Drenaj Suyu Nitrat Konsantrasyonu

Çalışma süresi boyunca her gün örnekleme yapılan drenaj sularında NO_3 konsantrasyonları incelendiğinde 2011 yılında en yüksek konsantrasyon değeri 50.9 mg L^{-1} olarak ocak ayında ölçülmüştür (Çizelge 4.11). 2012 yılında ise 66.0 mg L^{-1} konsantrasyon değeri ile şubat ayında en yüksek değer bulunmuştur. Kış döneminde yani yağışlı dönem olarak adlandırılan bu dönemde görülen yüksek konsantrasyonların, bölgede yetiştiricilik açısından önemli bir alansal yayılıma sahip buğday yetiştiriciliğinde ekim sırasında uygulanan azotlu taban gübrelerin ve 1. üst gübrenin toprakta çözünmesi ancak bitki gelişimin ilk evresinde alınamayan çözülmüş bitki besin elementleri, yağışlar ile beraber yıkanmakta ve drenaj sularına taşınmaktadır. Bu taşınım sonucu drenaj sularında NO_3 konsantrasyonları artış göstermiştir (Bjerneberg ve ark., 1996; Qualiwater Sonuç Raporu, 2010).

Sulama dönemindeki en yüksek konsantrasyon değerleri her iki yıl için haziran ayında sırası ile $31.3, 28.2 \text{ mg L}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Sulama döneminde ölçülen en yüksek değerler, kış döneminde ölçülen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Yaz döneminde bitkilerin su ve bitki besin elementi alınımının fazla olması sonucu verilen üst gübre, bitkiler tarafından aktif olarak kullanılmıştır; kış döneminde bitki yetiştirme periyodu dolayısıyla kullanılmayan gübreler konsantrasyonu daha çok arttırmaktadır. Ayrıca, yaz dönemi bitkisi olan birinci ve ikinci ürün mısırın sömürücü özelliği ile topraktan daha fazla N kaldırmıştır (Fageria ve ark., 2011). Ayrıca, Akarsu Sulama Sahasında, ciddi miktarda N kaldıran, azot kullanım etkinliği yüksek olan sebzelerde N yıkanımını azaltmaktadır.

En düşük nitrat konsantrasyon değerleri 2011 ve 2012 yılları için sırasıyla 9.5 mg L⁻¹ olarak kasım ayında, 9.2 mg L⁻¹ olarak ta ekim ayında görülmüştür. Bulunan değerler, içme suyu sınırı olarak belirlenmiş 10 mg L⁻¹ değerlerini aşmamaktadır (EPA, 2000). Alanda ekim ve kasım aylarında sulama faaliyetleri, ikinci ürün mısır yetiştiriciliğinde devam etmektedir. Ancak, üst gübrelemenin yapılmaması ve aynı zamanda boş alanlarda kışlık ürün buğdayın ekimi ve taban gübrelemesi yapılmaktadır. Bu dönemde yağış ve sulama faaliyetleri gerçekleşmediği için toprakta mevcut bulunan hasat artıklarının ayrışması sonrası mineralize olmuş azot ve gübreleme ile toprağa verilen gübre azotu yıkanmaktadır (Liu ve ark., 2008; Perego ve ark., 2012).

Çizelge 4.11. Drenaj suyu NO₃ konsantrasyonlarının aylık dağılımı

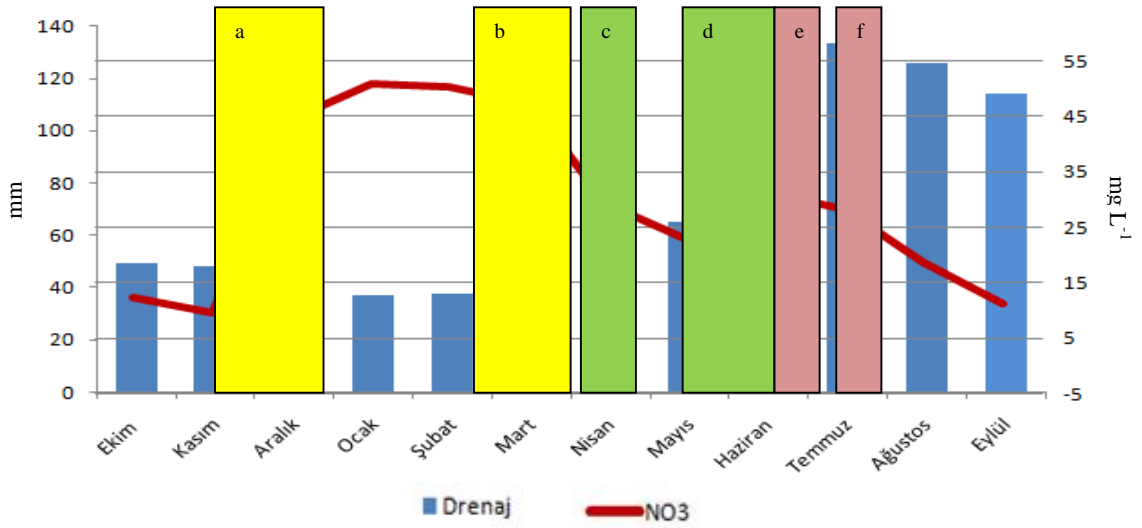
Aylar	Drenaj Sularında NO ₃ Konsantrasyonları (mg L ⁻¹)	
	2011	2012
Ekim	12.5	9.2
Kasım	9.5	21.3
Aralık	44.6	66.0
Ocak	50.9	45.3
Şubat	50.2	50.2
Mart	47.3	50.0
Nisan	29.2	20.6
Mayıs	22.8	25.8
Haziran	31.3	28.2
Temmuz	28.2	21.5
Ağustos	18.8	22.1
Eylül	11.2	10.7

İspanya' da yapılan bir çalışmada, aşırı gübrelemenin (500-900 kg ha⁻¹ yıl⁻¹) yapıldığı bir alanda bulunan yer altı sularında NO₃ konsantrasyonları 200 mg L⁻¹, in üzerinde bulunmuştur (Lorite ve Espinosa, 2008). Çalışmada drenaj suyu NO₃ konsantrasyonlarında gerçekleşen aylara göre değişim; gübreleme ve sulama faaliyetleri ile ilişkilendirilmiştir. Aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise, drenaj sularındaki NO₃ konsantrasyonlarının farklı aylarda azalış ve artış göstermesi gübreleme ve sulama faaliyetlerinin farklı zaman ve şekillerde yapılması

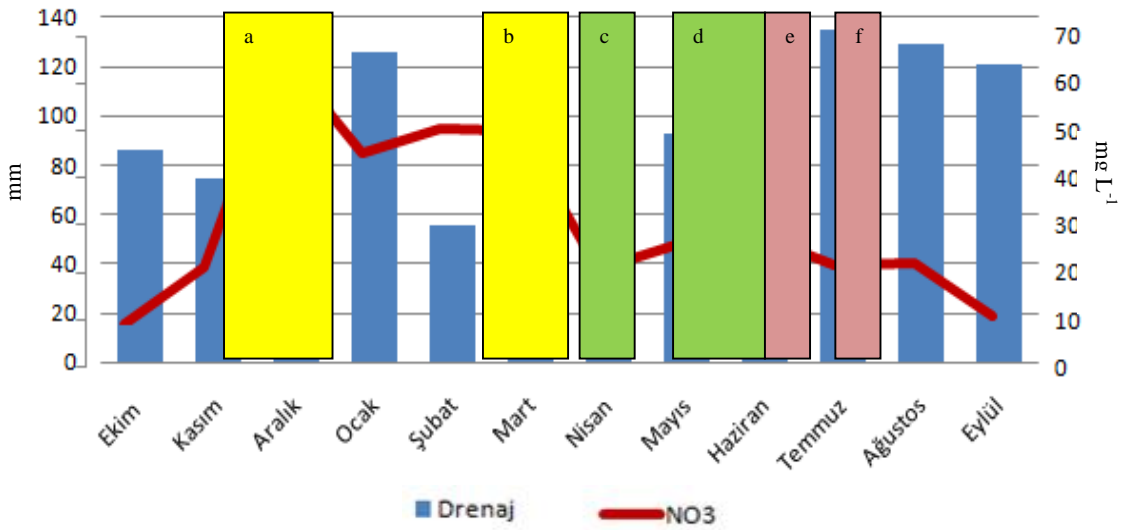
ile açıklanmıştır (Isidoro, 2006; Caverro ve ark., 2003). Değınilen çalışmalarda gerek iklim, gerekse toprak koşullarının Akarsu ile benzer olması, tez sonuçlarımızı kuvvetlendirmektedir.

Şekil 4.4 ve 4.5' te 2011 ve 2012 ıllarına ait aylık drenaj miktarları ve o aylarda ölçülen ortalama NO₃ konsantrasyonları verilmiştir. Her iki yıla ait aylık toplam drenaj suyu miktarı ve ortalama konsantrasyonları, incelendiğinde ekimle verilen gbrelelere ve st gübrelemeye, sulama faaliyetlerine, yağışların dağılımına bağlı olarak konsantrasyonların artış ve azalış gösterdiği görülmektedir (Randall, 2004; Lorite ve Espinosa, 2008).

2011 yılına ait grafik incelendiğinde (Şekil 4.5), buğday ekimi ile uygulanan taban gübresinin, kiş aylarında yoğun olarak gerçekleşen yağışlar ile yıkanmaya maruz kaldığı görülmüştür. Mısır-I ekimi ile beraber uygulanan gübreleme sonrasında kiş döneminde buğday bitkisinde gerçekleşen yıkanma görülmemiştir. Bunun nedeni hava sıcaklıklarının artış göstermesi dolayısıyla toprağın daha kuru kalmasıdır ve yıkanmanın gerekleşememesidir. ukurova koşullarında yetiştirilen mısır-I retiminde st gübreleme zamanı ile buğday hasadından sonra ekimi yapılan mısır-II bitkisinin taban gübrelemesi birbirini izleyen zamanlarda gerçekleştirilmektedir. Bu dönemde hava sıcaklığına ve bitkinin vejetasyon sürecine bağlı olarak artan sulama faaliyetleri ile uygulanan gübreler yıkanmaya uğramıştır (Causape ve ark., 2004). Ancak yaz döneminde görülen konsantrasyon değerleri, kiş döneminde görülen konsantrasyon değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni ise, kiş döneminde toprağın ıslak kalması, sürekli olarak yağışların görülmesi ve en önemlisi ekimle beraber verilen gübrelerin bitki tarafından kullanılamayıp yıkanmaya maruz kalmasıdır.



Şekil 4.4. 2011 Hidrolojik Yılına ait aylık drenaj suyu miktarı ve NO₃ konsantrasyon değerleri ile gübre uygulama zamanları (harflendirilerek Şekil 4.5' te verilmiştir.)



Şekil 4.5. 2012 Hidrolojik Yılına ait aylık drenaj suyu miktarı ve NO₃ konsantrasyon değerleri ile gübre uygulama zamanları

- a; buğday ekimi ile beraber uygulanan taban gübresi,
- b; buğday üst gübrelemesi,
- c; mısır-I ekimi sırasında uygulanan taban gübresi,
- d; mısır-I üretiminde üst gübreleme,
- e; mısır-II ekimi ile beraber uygulanan taban gübresi,
- f; mısır-II' de üst gübreleme zamanı olarak belirlenmiştir.

2012 yılına ait grafik (Şekil 4.5), incelendiğinde 2011 yılına benzer olarak kış döneminde drenaj sularında NO₃ konsantrasyonu artış göstermiştir. Ancak burada gerçekleşen artış 2011 verileri ile karşılaştırıldığında, ürün deseninde buğday ekili alanların artışına bağlı olarak aralık ayındaki konsantrasyon değeri de artış göstermiştir. Taban gübrelemeyi takip eden üst gübreleme ile az da olsa konsantrasyon değerinde artış görülmüştür. Yaz dönemi başat bitkisi mısır-I ekimi ile verilen taban gübresine ve artan drenaj miktarına rağmen konsantrasyon değerleri azalış göstermiştir. Bu azalış mısır-I ekimi ile verilen gübrelerin, kış dönemine göre daha az yıkıldığı ve buğday ekili alanlarda sulama yapılması ile açıklanmaktadır. Drenaj noktalarındaki artış, NO₃ konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur. Ancak mısır-I' de üretiminde uygulanan üst gübrelemeyi takip eden sulama faaliyetleri ile hem nitrat konsantrasyon değerleri hem de drenaj suyu miktarı artış göstermiştir. Drenaj sularına ait miktar ve NO₃ konsantrasyon değerleri 2011 yılı ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın bitki ürün desenine bağlı olarak değişen gübre miktarı ve sulama zamanlarından kaynaklandığı bulunmuştur (Causape ve ark., 2004; Grignani ve ark., 2007).

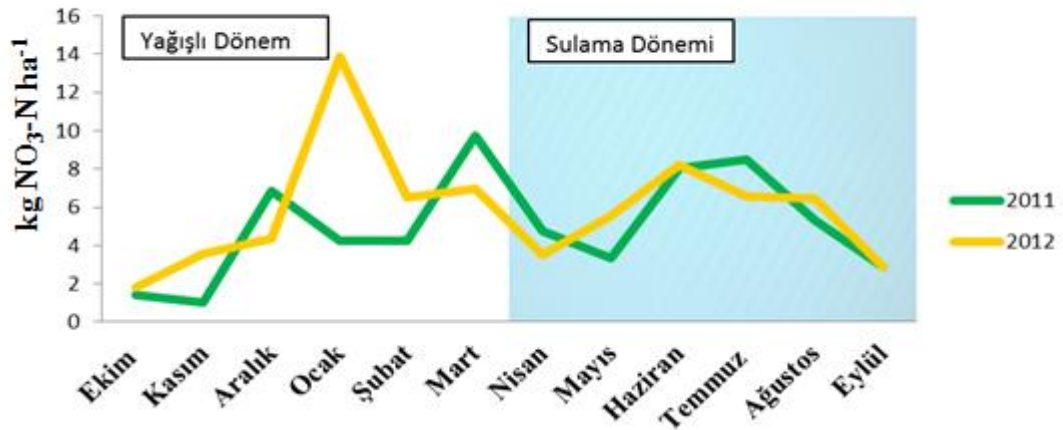
Tüm bu açıklamalara ek olarak, drenaj sularındaki NO₃ konsantrasyonları üzerine topraktaki mineral azotun da (N_{min}) etkili olduğu bilinen bir gerçektir (Delgado ve ark., 2006). Çalışma alanı topraklarında profilde ortalama yaklaşık 100 kg N_{min} ha⁻¹ bulunduğu bir çok çalışmada doğrulanmıştır (İbrikçi ve ark., 2001; Karnez, 2013). Toprağın bu mineral azot içeriği gübre önerilerinde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Wehrmann ve ark., 1988).

4.3.3.4. Drenaj Suyu NO₃-N Yüğü

2011 ve 2012 hidrolojik yıllarında sürdürülen çalışmada alandan çıkan drenaj suyu miktarı ve drenaj suyundaki NO₃ konsantrasyonları günlük olarak ölçülmüştür. Ölçülen günlük değerler gerekli hesaplamalar ile NO₃-N yüküne çevrilmiştir. Bulunan NO₃-N yükleri yıllık, yağışlı-sulamalı dönemler ve aylık olarak oluşturulmuş ve birbiri arasında değişimler incelenmiştir. 2011 yılı drenaj sularında NO₃-N yük değerleri incelendiğinde en yüksek değer 9.7 kg N ha⁻¹ ile mart ayında

ölçülmüştür. Bu değeri takip eden $\text{NO}_3\text{-N}$ yükü değeri ise 8.5 kg N ha^{-1} ile temmuz ayında kaydedilmiştir. 2012 yılına ait drenaj sularında $\text{NO}_3\text{-N}$ en yüksek değerler sırası ile ocak ayında $13.9 \text{ kg N ha}^{-1}$, haziran ayında 8.2 kg N ha^{-1} olarak belirlenmiştir.

2011 yılında yağışlı dönemde ölçülen drenaj suyu $\text{NO}_3\text{-N}$ yükleri, aylara göre karşılaştırıldığında en yüksek değerlerin sırası ile 9.7 kg N ha^{-1} ile Mart, 6.9 kg N ha^{-1} ile Aralık ayında bulunduğu saptanmıştır. 2011 yılına ait meteorolojik verilerine göre 2011 yılında en fazla yağış, Aralık ve Mart aylarında gerçekleşmiştir. 2012 hidrolojik yılın yağış döneminde drenaj sularında bulunan en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ yükleri sırası ile $13.9 \text{ kg N ha}^{-1}$ ile Ocak, 7.0 kg N ha^{-1} ile Mart aylarında belirlenmiştir. 2012 yılına ait meteorolojik veriler incelendiğinde, 2012 yılında en fazla yağış ocak ve aralık aylarında gerçekleşmiştir. Kışlık ürün deseninde alansal dağılım açısından önem taşıyan buğdayın yetiştiriciliğinde, kasım-aralık aylarında ekim ile beraber azotlu taban gübresi uygulaması yapılmaktadır. Kış aylarında görülen yağışlar ile taban gübrelere, suda çözünmekte ve toprak profili boyunca alt katmanlara kolayca taşınmaktadır. 2011 yılı Aralık ve Mart ayında düşen yüksek yağış miktarı, profildeki azotlu gübrelere yıkayarak taban sularına ve drenaj sularına taşımıştır. Drene olan su miktarı ve drene olan suyun NO_3 konsantrasyonu arttıkça, drenaj sularında da $\text{NO}_3\text{-N}$ yükü artmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. 2011 ve 2012 yıllarına ait NIS ve IS dönemlerinde drenaj sularında $\text{NO}_3\text{-N}$ yükü

2011 ve 2012 yıllarında yağış döneminde drenaj sularında ölçülen toplam $\text{NO}_3\text{-N}$ yükleri, sırasıyla 27.5 ve 37.1 kg N ha^{-1} olarak bulunmuştur. 2012 yılında yağışlı dönemde, 2011 yılına kıyasla daha fazla miktarda yağış görülmüştür. 2011 ve 2012 yıllarına ait bitki ürün desenleri incelendiğinde 2012 yılında alanda tarım yapılmayan alan oranı artış göstermesine rağmen, kışlık ürün deseninde, başat rol oynayan buğday ve narenciye alanları artış göstermiştir. 2012 hidrolojik yılı yağış döneminde, bitki ürün desenine bağlı olarak artan gübre miktarı ve yağış miktarına bağlı olarak, drene olan suyun NO_3 konsantrasyonu ve drenaja katılan su hacmi artış göstermiştir. Bu artışla doğru orantılı olarak drenaj suyu $\text{NO}_3\text{-N}$ yük miktarı artmıştır (Gheysari ve ark., 2009).

2011 yılı sulama döneminde drenaj sularında en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ yük değerleri, sırası ile 8.5 kg N ha^{-1} ile temmuz, 8.1 kg N ha^{-1} ile haziran ayında kaydedilmiştir. 2012 hidrolojik yılı sulama döneminde drenaj sularında ölçülen en yüksek $\text{NO}_3\text{-N}$ yük değeri, 8.2 kg N ha^{-1} ile temmuz ayında ölçülmüştür. Hava sıcaklığı ile beraber bitki su tüketiminin artış göstermesine bağlı olarak sulama faaliyetlerinin yoğun bir şekilde yapıldığı haziran ve temmuz aylarında, toprakta mevcut bulunan mineral azotun ve üst gübreleme ile verilen gübrelerin yıkanıp drenaj sularına taşınması sonucu drenaj sularında ölçülen $\text{NO}_3\text{-N}$ yükü değerleri de artış göstermiştir.

2011 ve 2012 yıllarına ait sulama döneminde ölçülen drenaj sularında toplam $\text{NO}_3\text{-N}$ yük miktarı ise sırasıyla 32.9 ve 33.1 kg N ha^{-1} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). İki yıla ait değerler birbirine yakın bulunmuştur. 2011 ve 2012 yıllarında bir hidrolojik yıl boyunca toplam drenaj suyu $\text{NO}_3\text{-N}$ yük miktarları sırası ile 60.4 ve 70.2 kg N ha^{-1} bulunmuştur. 2012 yılında yazlık ürün deseninde su ve gübre tüketimi yüksek olan mısır ekili alanların artması ve daha fazla miktarda su ve gübre girdisinin gerçekleşmiştir. Değerler ve sonuçlar karşılaştırıldığında 2012 yılında drenaj sularına daha fazla su ve $\text{NO}_3\text{-N}$ taşınımı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. Farklı su kaynaklarında NO₃-N yük miktarlarının (kg NO₃-N ha⁻¹), HY, IS ve NIS dönemlerine göre dağılımı

Sular	2011			2012		
	HY	IS	NIS	HY	IS	NIS
Yağış	26.8	5.8	20.9	5.2	0.5	4.7
Sulama	9.5	8.6	0.9	9.0	8.1	0.9
Drenaj	60.4	35.0	25.4	70.2	33.1	37.1

Drenaj sularında NO₃-N yükü, drenaj suyu nitrat konsantrasyonundan ve drenaja katılan su hacminden etkilenmektedir. Bu nedenle drenaj sularında NO₃-N yüklerinin artış göstermesi, drenajın sınırlı olduğu topraklarda veya yağışların görülmediği ve sulama faaliyetlerinin yapılmadığı kurak dönemde toprak profilinde azot birikiminin gerçekleştiğini işaret etmektedir (Randall ve Goss, 2008). Kurak dönemde gerçekleşen bu birikim; (i) yıllık olarak uygulanan azotlu taban gübreleri, (ii) önceki hasattan kalan organik materyallerin mineralizasyonu ile oluşan mineral azot, (iii) önceki ekim döneminde aşırı gübreleme sonucunda bitki tarafından kullanılmayan artık azot ile oluşmaktadır. Kurak dönemde (NIS) gerçekleşen birikim, kış döneminde yağışların başlaması, ilkbahar döneminde sulama faaliyetlerinin başlaması ile yıkanmaya uğramaktadır. Bu dönemlerde yükselen NO₃ konsantrasyonları ve drenaj hacmi ile önemli miktarlarda NO₃-N kayıpları gerçekleşmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının bulgularına bağlı olarak aşağıdaki sonuç ve önerileri sıralamak mümkündür.

1. Yapılan sürekli ölçümlerde yağışa ve sulamaya bağlı olarak drenaj suyu miktarları aylık olarak değişmiştir. 2011 yılı için yağışlı dönemde 340.3 mm, sulama döneminde 624.7 mm olarak ölçülmüştür. 2011 hidrolojik yılı için toplam drenaj suyu miktarı 965.1 mm olarak ölçülmüş olup, toplam drenaj suyu akışının %35.3' ü yağışlı dönemde görülmüştür. 2012 hidrolojik yılı için yağışlı dönemde ölçülen drenaj su miktarı 443.2 mm, sulama sezonunda ise 682.0 mm olarak ölçülmüştür. 2012 yılı için ana drenaj kanalına drene olan su miktarı 1125.2 mm olarak ölçülmüş olup, toplam drenaj miktarının %39.4' ü kış aylarında yani yağışlara bağlı olarak gerçekleşmiştir.
2. Çalışmanın sürdürüldüğü her iki yıl içinde aylık, dönemlik ve yıllık olarak drenaj fraksiyonu hesaplanmıştır. 2011 ve 2012 yılları için drenaj fraksiyonu sırasıyla %50.9 ve %56.2 olarak hesaplanmıştır. 2011 yılında sulama dönemlerine bağlı olarak hesaplanan drenaj fraksiyonu, sulama döneminde %50.8, yağışlı dönemde ise %52.1 olarak bulunmuştur. 2012 yılı sulama döneminde yapılan ölçümlere bağlı olarak hesaplanan drenaj fraksiyonu %52.8 olarak kaydedilmiş olup, yağışlı sezon yani sulamasız dönem olarak adlandırılan dönemde drenaj fraksiyonu artış göstererek %62.4' e çıkmıştır. Her iki yıl için hesaplanan drenaj fraksiyon değerleri oldukça yüksek bulunmuş olup, çalışma alanında sulama yönetiminde su yönetiminin etkin bir şekilde gerçekleştirilmediğine dair bir sorun olduğunu göstermiştir.
3. Çalışmanın yürütüldüğü 2 yıllık süreç boyunca drenaj sularında NO_3 konsantrasyonları zamansal olarak değişmiştir. 2011 ve 2012 yılları yağış sezonunda ortalama drenaj suyu nitrat konsantrasyonu sırasıyla 35.8 ve 40.3 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür. Aynı yıllara ait sulama dönemi ortalama drenaj suyu nitrat konsantrasyonu sırasıyla sulama döneminde 23.6 ve 21.5 mg L^{-1} olarak ölçülmüştür. Sulama ve yağış dönemlerine ait NO_3 konsantrasyon

değerleri karşılaştırıldığında, farklılıkların bitki desenine bağlı olarak değişen gübreleme ve sulama-yağış faaliyetlerinden kaynaklandığı görülmüştür.

4. Drenaj sularında zamansal olarak farklılık gösteren NO_3 konsantrasyon değerleri, topraktaki Nmin miktarına, toprak tekstürüne-işlenmesine, toprağın organik madde içeriğine, sulama-gübreleme faaliyetlerine ve bitkilerin azot kullanım etkinliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir.
5. Drenaj sularıyla taşınan $\text{NO}_3\text{-N}$, sahaya uygulanan gübre ve sahaya giren toplam su miktarına bağlı olarak değişen NO_3 konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Drenaj sularında ölçülen $\text{NO}_3\text{-N}$ yük miktarı da toprak, bitki, su ve iklim faktörlerinden etkilenmektedir.
6. Çukurova Bölgesini temsil eden çalışma alanının ürün deseni zamansal olarak değişim gösteren NO_3 konsantrasyonu ve $\text{NO}_3\text{-N}$ yük miktarları açısından önem taşımaktadır. Bölgede yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan buğday, mısır-I, mısır-II ve narenciye çalışma alanına ait bitki deseninin %70' den fazlasını oluşturmaktadır. Bölgede gerçekleştirilen önceki yıllara ait çalışmalar incelendiğinde bitki ürün deseninde ciddi kabul edilebilecek derecede bir değişim olmamıştır. Bölgeye ait iklim, sulama, toprak dinamikleri göz önüne alındığında bitki ürün deseninde olası bir değişim öngörülmemektedir.
7. Drenaj sularına taşınan $\text{NO}_3\text{-N}$ miktarı 2011 ve 2012 yılları için sırasıyla 60.4 ve 70.2 kg $\text{NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Bu değerler kayıplar açısından ciddi bir rakamdır. Bu değerler, bitki kaldırımından sonra ikinci kayıp olarak göz önünde bulundurulmalıdır.
8. Drenaj kanallarına drene olan su miktarı (mm) ve drenaj sularına taşınarak gerçekleşen $\text{NO}_3\text{-N}$ yük kayıpları, bölgede olağan bir şekilde sürdürülen klasik tarım anlayışının değişmesi gerektiğini işaret etmektedir. Çalışma sonuçlarına bağlı olarak sulama yönetiminin ve gübre dozlarının bitki ihtiyacına yönelik yeniden düzenlenmesi, sulama ve gübreleme programının oluşturulması gerekmektedir.

9. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllarda drenaj suyu miktarı, alana giren toplam sulama suyu miktarı ve drenaj fraksiyonu göz önüne alındığında sulama yönetiminde bazı değişikliklerin yapılması gerektiğini işaret etmektedir.
10. Bölgede gerçekleştirilen çalışmaların aynı zamanda güncel olarak geliştirilen matematiksel modellere uygulanarak yaygınlaştırılması ve çok amaçlı kullanımı sağlanmalıdır. Son yıllarda giderek önem kazanan ve sınırlı doğal kaynak kullanımı konusunda daha tutumlu olunması gerektiği koşullar bizi beklemektedir. Bu modelleme çalışmaları ile küresel iklim değişikliklerine, olası toprak kayıplarına, su kıtlıklarına yönelik çalışmalar yapılabilmekte ve koşullar öngörülebilmektedir.
11. Bu tez çalışmasının sonuçlarına bağlı olarak bölge tarımı, özellikle gübre ve su yönetimi açısından değerlendirilmiştir. Bu incelemeler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, gübreleme ve sulama uygulamalarında, iyileştirme ve azaltma yoluna gidilmesi ile su kaynaklarının korunumu ve azot kirliliğinin azaltılması mümkün olabilecektir. Bu sonuçlara göre, bölgede sulama yönetiminin tekrardan ele alınması, üreticilerin su kullanım etkiliği daha yüksek sulama yöntemlerine yönlendirilmesi ile su israfının ve çevre kirliliğinin azaltılması mümkündür. Diğer bir faktör olan gübreleme denemeleri ile yapılan araştırmalara göre bitki gereksiniminden fazla verilen gübrelerin, verime bir etkisinin bulunmadığı gibi fazla gübre uygulanması çevre kirliliğine neden olduğu gibi ekonomik kayıplara da neden olduğu bir gerçektir. Üretim maliyeti yüksek, ithal gübrelerin fazla miktarlarda kullanılması devlet ekonomisine de zarar vermektedir.

KAYNAKLAR

- ADDISCOTT, T.M., 1988. Long-term leakage of nitrate from bare unmanured soil. *Soil Use Manage.* 4: 91-95.
- ADDISCOTT, T.M., WHITMORE, A.P. and POWLSON, D.S., 1991. Farming fertilizers and the nitrate problem. CABI Publ., Wallingford, UK.
- ALVA, A.K., PARAMASIVAM, S., FARES, A., OBREZA, T.A. and SCHUMANN, A.W., 2006. Nitrogen best management practice for citrus trees II. nitrogen fate, transport, and components of N budget. *Scientia Horticulturae.* 109:223-233.
- ATASEVEN, Y., 2011. Tarımsal faaliyetlerin içme suyu havzalarındaki etkilerinin araştırılması: Ankara İli örneği. Ankara Üniversitesi. Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı. Doktora Tezi. 217 Sayfa.
- ATILGAN, A., COŞKAN, A., SALTUK, B. ve ERKAN, M., 2007. Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. *Ekoloji.* 15(62):37-47.
- BAKER, J.L. and MELVIN, S.W., 1994. Chemical Management, Status and Findings, InAgricultural Drainage Well Research and Demonstration Project. Annual Report and Project Summary. Iowa Department of Agriculture and Land Stewardship. Iowa State University. pp. 27– 60.
- BAO, X., WATANABE, M., WANG, Q., HAYASHI, S. and LIU, J., 2006. Nitrogen budgets of agricultural fields of the Changjiang River basin from 1980 to 1990. *Science of theTotal Environment* 363:136-148.
- BARROS, R., ISIDORO, D. and ARAGUES, R., 2012. Irrigation Management, Nitrogen Fertilization and Nitrogen Losses in the Return Flows of La Violada Irrigation District (Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 155:161-171.
- BEAUDOIN, N., SAAD, J.K., VAN, L., MACHET, J.M., MAUCORPS, J. and MARY, B., 2005. Nitrate Leaching in Intensive Agriculture in Northern France: Effect of Farming Practices, Soils and Crop Rotations. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 111(1-4):292-310).

- BERENQUER, P., SANTIVERI, F., BOIXADERA, J. and LOVERAS, J., 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 30:163-171.
- BERGSTROM, L.F., 1987. Nitrate Leaching and Drainage from Annual and Perennial Crops in Tile-Drained Plots and Lysimeters. *Journal of Environmental Quality*. 16:11-18.
- BERGSTROM, L.F and JOKELA, W.E., 2001. Ryegrass Cover Crop Effects in Nitrate Leaching in Spring Barley Fertilized with $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$. *Journal of Environmental Quality*. 30:659-1667.
- BHATTARAI, S.P., SU, N. and MIDMORE, D.J., 2005. Oxygenation Unlocks Yield Potentials of Crops in Oxygen-Limited Soil Environments. *Advances in Agronomy*. 88:313-377.
- BJORNEBERG, D.L., KANWAR, R.S. and MELVIN, S.W., 1996. Seasonal Changes in Flow and Nitrate-N Loss from Subsurface Drains. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 39:961-976.
- BOLTON, E.F., AYLESWORTH, J.W. and HORE, F.R., 1970. Nutrient Losses through Tile Drains under Three Cropping Systems and Two Fertility Levels on a Brookston Clay. *The Canadian Journal of Soil Science*. 50:275-279.
- BORIN, M., BONATI, G. and GIARDI, L., 2001. Controlled Drainage and Wetlands to Reduce Agricultural Pollution: A Lysimetric Study. *Journal of Environmental Quality*. 30:1330-1340.
- BOUWER, H., 1990. Agricultural chemicals and groundwater quality. *Journal of Soil and Water Conservation*. 45(2):184-189.
- BREMEN PAMUK RAPORU., 2012.
<http://www.baumwollboerse.de/index.php?l=2&n=>.
- BÜYÜK, G., 2006. Çukurova koşullarında mısır çeşitlerine değişik dönemlerde uygulanan farklı azot dozlarının azot kullanım etkinliğine, tane verimine ve kaliteye etkisi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi, Adana.

- ÇAKMAK, B., UCAR, Y. and AKUZUM, T., 2007. Water Resources Management, Problems and Solutions For Turkey. International Congress on River Basin Management. DSI&WWC. 2:867-880. Turkey.
- CAMP, C.R., 1998. Subsurface Drip Irrigation: A Review. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 41:1353-1367.
- CASSMAN, K.G., DOBERMANN, A. and WALTERS D.T., 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*. 31:132-140.
- CAUSAPE, J., AUQUE, L., GIMENO, M.J., MANDADO, J., QUILEZ, D. and ARAGUES, R., 2004. Irrigation Effects on the Salinity of the Arba and Riguel Rivers (Spain): Present Diagnosis and Expected Evolution Using Geochemical Models.
- CAUSAPE, J., QUILEZ, D. and ARAGUES, R., 2004. Assessment of Irrigation and Environmental Quality at the Hydrological Basin Level II. Salt and Nitrate Loads in Irrigation Return Flows. *Agricultural Water Management*. 70:211-228.
- CAUSAPE, J., QUILEZ, D. and ARAGUES, R., 2006. Irrigation Efficiency and Quality of Irrigation Return Flows in the Ebro River Basin: An Overview. *Environmental Monitoring and Assessment*. 117:451-461.
- CATT, J.A., HOWSE, K.R., CHRISTIAN, D.G., LANE, P.W., HARRIS, G.L. and GOSS, M.J., 1998. Strategies to decrease nitrate leaching in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire, UK. 1988–93: The effects of winter cover crops and unfertilized grass leys. *Plant Soil*. 203:57-69.
- CAVERO, J., BELTRAN, A. and ARAGUES, R., 2003. Nitrate exported in the drainage water of two sprinkler irrigated watershed. *Journal of Environmental Quality*. 32:916-926.
- ÇETİN, M., KIRDA, C., İBRİKÇİ, H., TOPÇU, S., KARACA, Ö.F., KARNEZ, E., EFE, H., SESVEREN, S., ÖZTEKİN, E., DİNGİL, M. and KAMAN, H., 2008. Sulu Tarım Alanlarına Su, Tuz ve Nitrat Bütçesinin CBS Ortamında Saptanması Aşağı Seyhan Ovası Örneği. Sulama ve Drenaj Konferansı. Adana.

- ÇETİN, M., İBRİKÇİ, H., BERBEROĞLU, S., GÜLTEKİN, U. ve KARNEZ, E., SELEK, B., 2012. Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin). Proje Raporları. Proje No: 108O582.
- ÇETİN, M., İBRİKÇİ, H., BERBEROĞLU, S., GÜLTEKİN, U. ve KARNEZ, E., SELEK, B., 2011. Yarı Kurak İklimli Akdeniz Bölgesi Tarım Alanlarında Tuzluluk Etkisini Azaltmak İçin Sulama Randımanlarının Analiz ve Optimizasyonu (Medsalin). 4. Gelişme Raporu. Proje No: 108O582.
- DAVID, M.B., GENTRY, L.E., KOVACIC, D.A. and SMITH, K.M., 1997. Nitrogen balance in and export from an agricultural watershed. *Journal of Environmental Quality*. 26:1038-1048.
- DAVIS, D.M., GOWDA, P.H., MULLA, D.J. and RANDALL, G.W., 2000. Modeling Nitrate-Nitrogen Leaching in Response to Nitrogen Fertilizer Rate and Tile Drain Depth or Spacing for Southern Minnesota, USA . *Journal of Environmental Quality*. 29:1568-1581.
- DELGADO, J.A., SHAFFER, M., HU, C., LAVADO, R.S., CUETO WONG, J., JOOSSE, P., LI, X., RIMSKI-KORSAKOV, H., FOLLETT, R., COLON, W. and SOTOMAYOR, D., 2006. Adecade of change in nutrient management: a new nitrogen index. *Journal of Soil and Water Conservation*. 61:63-71.
- DIPUTACION PROVINCIAL DE JAEN-ITGE., 1997. Atlas hidrogeológico de la Provincia de Jaén, Jaén. 175 pp.
- DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S., KAPUR, S., SAYIN, M., DERİCİ, M.R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N. ve SCHLICHTING, E., 1995. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı. No: 26, 2. baskı.
- DRURY, C.F., McKENNEY, D.J., FINDLAY, W.I. and GAYNOR, J.D., 1993. Influence of Tillage on Nitrate Loss in Surface Runoff and Tile Drainage. *Soil Science Society of America Journal*. 57:797-802.
- DSİ, 2006. DSİ' celişletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri 2005 Yılı Değerlendirme Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü. İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- EPA, Environmental Protection Agency, 2000. National Primary Drinking Water Regulations. EPA 815-F00-007.
- FAGERIA, N.K., BALIGAR, V., C., JONES, C., A., 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Third Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group. 550p.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003. Unlocking the Water Potential of Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4525S/Y4525S00.HTM>.
- FENELON, J.M. and MOORE, R.C., 1998. Transport of agrichemicals to ground and surface water in a small central Indiana watershed. *Journal of Environmental Quality*. 27:884-894.
- FLORES, D., RAMIEZ, A. and BELLON, M.R., 2004. Characterization of the formal maize seed supply system in the Frailesca region, Chiapas, Mexico. Report to the Agricultural and Development Economics Division (ESA).
- GABRIEL, J.L., MUNOZ-CARPENA, R. and QUEMADA, M., 2012. The Role of Cover Crops in Irrigated Systems: Water Balance, Nitrate Leaching and Soil Mineral Nitrogen Accumulation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 155:50-61.
- GABRIEL, J.L. and QUEMADA, M., 2011. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: yield, N uptake and fertiliser fate. *European Journal of Agronomy*. 34:133-143.
- GAIN Report, 2011.
<http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Forms/SevenDayReporting.aspx>.
- GALLARDO, M., THOMPSON, R.B., FERNANDEZ, M.D. and LOPEZ-TORAL, J., 2006. Effect of Applied N Concentration in a Fertigated Vegetable Crop on Soil Solution Nitrate and Nitrate Leaching Loss. *Acta Horticulturae*. 700:221-224.
- GAST, R.G., NELSON, W.W. and RANDALL, G.W., 1978. Nitrate accumulation in soils and loss in tile drainage following nitrogen applications to continuous corn. *Journal of Environmental Quality*. 18 : 258 – 261 .

- GEHL, R.J., SCHMIDT, J.P., STONE, L.R., SCHEGEL, A.J. and CLARK, G.A., 2005. In Situ Measurements of Nitrate Leaching Implicate Poor Nitrogen and Irrigation Management on Sandy Soils. *Journal of Environmental Quality*. 34(6):2243-2254.
- GHEYSARI, M., MIRLATIFI, S.M., HOMAEE, M., ASADI, M.E. and HOOGENBOOM, G., 2009. Nitrate leaching in silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural Water Management*. 96:946-954.
- GEREN, H., AVCIOĞLU, R., KIR, B., DEMİROĞLU, G., YILMAZ, U. ve CEVHERİ, A.C., 2003. İkinci Ürün Silajlık Olarak Yetiştirilen Bazı Mısır Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 40(3):57-64.
- GILLIAM, J.W., SKAGGS, R.W. and WEED, S.B., 1979. Drainage Control to Diminish Nitrate Loss from Agricultural Fields. *Journal of Environmental Quality*. 8:137-142.
- GILLIAM, J.W., OSMOND, D.L. and EVANS, R.O., 1997. Selected Agricultural Best Management Practices to Control Nitrogen in the Neuse River Basin. *North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin*. North Carolina State University. 311.
- GILLIAM, J.W., BAKER, J.L. and REDDY, K.R., 1999. Water quality effects of drainage in humid regions. *Agricultural drainage*. Agronomy Monograph 38, ASA, CSSA, and SSSA. 801-830
- GOOLSBY, D.A., BATTAGLIN, W.A., AULENBACH, B.T., and HOOPER, R.P., 2001. Nitrogen input to the Gulf of Mexico. *Journal of Environmental Quality*. 30:329-336 .
- GOSS, M.J., HOWSE, K.R., LANE, P.W., CHRISTIAN, D.G. and HARRIS, G.L., 1993. Losses of Nitrate-Nitrogen in Water Draining from under Autumn-Sown Crops Established by Direct Drilling or Mouldboard Ploughing. *Journal of Soil Science*. 44(1):35– 48.
- GOSS, M.J., COLBURN, P., HARRIS, G.L. and HOWSE, K.R., 1988. Leaching of nitrogen under autumn sown crops and the effects of tillage: Nitrogen

- efficiency in agricultural soils. Elsevier Applied Science. England. pp:269-282.
- GOSS, M.J., HOWSE, K.R., CHRISTIAN, D.G., CATT, J.A. and PEPPER, T.J., 1998. Nitrate leaching: modifying the loss from mineralized organic matter . Journal of. Soil Science. 49:649 – 659.
- GOSS, M.J., HOWSE, K.R., COLBURN, P. and HARRIS, G.L., 1986. Nitrate in water drainage from arable land under autumn-sown crops and the influence of cultivation. Hydraulic design in water resources engineering: Land drainage. Proc. 2nd International Conf., Southhampton University, Springer. pp:457– 464.
- GRIGNANI, C., ZAVATTARO, L., SACCO, D. and MONACO, S., 2007. Production, Nitrogen and Carbon Balance of Maize-Based Forage Systems. European Journal of Agronomy. 26(4):442– 453.
- GÜZEL, N., GÜLÜT, Y.K. ve BÜYÜK, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Genel Yayınları. No: 246 Ders Kitapları Yayın No: A – 80. Adana.
- HARMELE, R.D., TORBERT, H.A., HAGGARD, B.E., HANEY, R. and DOZIER, M., 2004. Water Quality Impacts of Converting to a Poultry Litter Fertilization Strategy. Journal of Environmental Quality. 33:2229-2242.
- HARRIS, G.L., GOSS, M.J., DOEDEL, R.J., HOWSE, K.R. and MORGAN P., 1984. A study of Mole Drainage with Simplified Cultivation for Autumn-Sown Crops on a Clay Soil. 2. Soil Water Regimes, Water Balances and Nutrient Loss in Drain Water, 1978– 80. The Journal of Agricultural Science, Cambridge.102:561-581
- HERPE, Y.V., TROCHA, P.A., CALLEWIER, L. and QUINN, P.F., 1998. Application of a Conceptual Catchment Scale Nitrate Transport Model on Two Rural River Basins. Environmental Pollution. 102(1):569-577.
- IBRIKCI, H., BUYUK, G., YAGBASANLAR, T., KEKLIKCI, Z., TOKLU, F., GUZEL, N. and OZKAN, H., 2001. Contribution of Soil Mineral Nitrogen (Nmin) in Wheat Production. Journal of Plant Nutrition. 24:1871-1883.

- ISIDORO, D., QUILEZ, D. and ARAGUES, R., 2004. Water Balance and Irrigation Performance Analysis: La Violada Irrigation District (Spain) as a Case Study. *Agricultural Water Management*. 64:123– 142.
- ISIDORO, D., QUILEZ, D. and ARAGUES, R., 2006. Environmental Impact of Irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen Fertilization and Nitrate Export in Drainage Water. *Journal of Environmental Quality*. 35:776-785.
- JAYNES, D.B., COLVIN, T.S., KARLEN, D.L., CAMBARDELLA, C.A. and MEEK, D.W., 2001. Nitrate Loss in Subsurface Drainage as Affected by Nitrogen Fertilizer Rate. *Journal of Environmental Quality*. 30:1305-1314.
- JENSEN, M.E., RANGELEY, W.R. and DIELEMAN, P.J., 1990. Irrigation Trends in World Agriculture. In: *Irrigation of Agriculture Crops*. WI:USA. 32-63.
- JUERGENS– GSCHWIND, S., 1989. Ground Water Nitrates in Other Developed Countries (Europe)- Relationships to Land Use Patterns. In: *Nitrogen Management and Ground Water Protection. Development in Agricultural and Managed Forest Ecology*. 21:75-138.
- KAMAN, H., 2007. Geleneksel Kısıntılı ve Yarı Islatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi - Doktora tezi 127 sayfa.
- KANWAR, R.S., COLVIN, T.S. and KARLEN, D.L., 1997. Ridge, moldboard, chisel and no-till effects on tile water quality beneath two cropping systems *Journal of Production Agriculture*. 10:227-234.
- KARNEZ, E., 2010. Aşağı Seyhan Ovasında Buğday ve Üretim Alanlarında Azot Bütçesine İlişkin Girdi ve Çıktıların İrdelenmesi. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi - Doktora Tezi 137 sayfa.
- KARNEZ, E., İBRİKCI, H., CETİN M., RYAN, J., DINGİL, M., OZTEKİN, E. and KORKMAZ, K., 2013. Implications of Profile Mineral Nitrogen in an Irrigated Project Area of Southern Turkey, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:783-793.
- KESKİNER, A.D., 2008. Farklı Olasılıklı Yağış ve Sıcaklıkların CBS Ortamında Haritalanmasında Uygun Yöntem Belirlenmesi ve M.TURC Yüzey Akış Haritasının Geliştirilmesi: Seyhan Havzası Örneği .

- KAPLAN, M., SÖNMEZ, S. ve TOKMAK, S., 1999. Antalya– Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23:309-313.
- KARAMAN, M.R., ERSAHIN, S., SALTALI, K., GÜLEÇ, H. and DERİCİ, M.R., 2004. Modeling nitrate uptake and potential nitrate leaching under different irrigation programs in nitrogen-fertilized tomato using the computer program NLEAP. Environmental Monitoring and Assessment. p:17:58.
- KLADIVKO, E.J., VAN SCOYOC, G.E., MONKE, E.J., OATES, K.M. and PASK, W., 1991. Pesticide and Nutrient Movement into Subsurface Tile Drains on a Silt Loam Soil in Indiana. Journal of Environmental Quality. 20:264-270.
- KLADIVKO, E.J., GROCHULSKA, J., R.F. TURCO , G.E. VAN SCOYOC , and J.E. EIGEL. 1999. Pesticide and nitrate transport into subsurface tile drains of different spacings. Journal of Environmental Quality. 28:997-1004 .
- KLADIVKO, E.J., FRANKENBERGER, J.R., JAYNES, D.B., MEEK, D.W., JENKINSON, B.J. and FAUSEY ,N.R., 2004. Nitrate Leaching to Subsurface Drains as Affected by Drainspacing and Changes in Crop Production System. Journal of Environmental Quality. 33(5):1803 – 1813.
- LAWLOR, P.A., BAKER, J.L, MELVIN, S.W and HELMERS, M.J., 2004. Nitrification Inhibitor and Nitrogen Application Timing Effects on Yields and Nitrate-N Concentrations in Subsurface Drainage from a Corn-Soybean Rotation. American Society of Agricultural Engineers. No: 042273. St. Joseph, MI:ASAE.
- LETEY, J., BLAIR, J.M., DEVITT, D., LUND, L.J. and NASH, P., 1977. Nitrate-Nitrogen in Effluent from Agricultural Tile Drains in California. Hilgardia. 45:289-319.
- LIU, C., WATANABE, M. and WANG, Q., 2008. Changes in nitrogen budgets and nitrogen use efficiency in the agroecosystems of the Changjiang River basin between 1980 and 2000. Nutrient Cycling in Agroecosystems 80:19-37.
- LOGAN, T.J., RANDALL, G.W. and TIMMONS, D.R., 1980. Nutrient Content of Tile Drainage from Cropland in the North Central Region. Research Bulletin. Ohio Research and Development Center.

- LOGAN, T.J., ECKERT, D.J. and BEAK, D.G., 1994. Tillage, Crop and Climatic Effects on Runoff and Tile Drainage Losses of Nitrate and Four Herbicides. *Soil and Tillage Research*. 30:75-103.
- LORÍTE, H.M. and ESPINOSA, R.J., 2008. Impact of Agricultural Activity and Geologic Controls on Groundwater Quality of the Alluvial Aquifer of the Guadalquivir River (Province of Jaén, Spain): A Case Study. *Environmental Geology*. 54:1391– 1402.
- LUCEY, K.J. and GOOLSBY, D.A., 1993. Effects of climatic variations over 11 years on nitrate-nitrogen concentrations in the Raccoon River, Iowa . *Journal of Environmental Quality*. 22:38-46.
- MARTÍNEZ-ALCANTARA, B., QUINONES, A., GINER-FORNER, M.A., IGLESIAS J.D., PRIMO-MILLO, E. and LEGAZ, F., 2012. Impact of Fertilizer-Water Management on Nitrogen Use Efficiency and Potential Nitrate Leaching in Citrus Trees. *Soil Science and Plant Nutrition*. 58:659-669.
- MARTÍNEZ-ALCANTARA, B., QUINONES, A., PRIMO-MILLO, E. and LEGAZ, F., 2011. Nitrogen Remobilization Response to Current Supply in Young Citrus Trees. *Plant Soil*. 342:433– 443.
- MOLL, R.H., KAMPRATH, E. J., and JACKSON, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*. 74:562-564.
- NGUYEN, H.Q., 2012. Impacts of Long-Term Application of Poultry Manure on Subsurface Drain Water Quality. Iowa State University. Doctor of Philosophy.
- ÖZER, N. ve ASLAN, C., 2004. Tarımsal Drenaj Çalışmaları, Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 20-21 Mayıs 2004. Ankara. s:59-68.
- PARAMASIVAM, S., ALVA, A.K., FARES, A. and SAJWAN, K.S., 2001. Estimation of Nitrate Leaching in an Entisol under Optimum Citrus Production. *Soil Science Society of America Journal*. 65:914– 921.

- PATNI, N.K., MASSE, L. and JUI, P.Y., 1996. Tile Effluent Quality and Chemical Losses under Conventional and No-Tillage – Part 1: Flow and Nitrate. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 39:1665-1672.
- PEREGO, A., BASILE, A., BONFANTE, A., DE MASCELLIS, R., TERRIBILE, F., BRENNNA, S. and ACUTIS, M., 2012. Nitrate Leaching under Maize Cropping Systems in Po Valley (Italy). Agriculture, Ecosystems & Environment. 147:57– 65.
- PRAKASA RAO, E.V.S. and PUTTANNA, K., 2000. Nitrates, Agriculture and Environment. Current Science. 79(9):1163-1168.
- POWER, J.F., WIESE, R. and FLOWERDAY, D., 2001. Managing farming systems for nitrate control. American Society of Agronomy. 30(6):1866-1880.
- QUALIWATER Projesi Sonuç Raporu, 2010. Diagnosis and Control of Salinity and Nitrate Pollution in Mediterranean Irrigated Agriculture" adlı proje (Proje No: INCO-CT-2005-015031).
- QUESADA, J.P., KILLORN, R. and DIERDICKX, A.M., 2000. Response of corn grown in two crop rotations to different N rates and nitrapyrin, 2000. InAgronomy abstracts. ASA, Madison, WI. p:274.
- RANDALL, G.W. 2000. Nitrogen Management and its Influence on N Losses to Surface Water through Subsurface Tile Lines. 2. InProc. 30th North Central Extension– Industry Soil Fertility Conf. 15 November. St. Louis, MO. pp.14–3
- RANDALL, G.W., VETSCH, J.A. and HUFFMAN, J.R., 2003. Nitrate losses in subsurface drain-age from a corn-soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrapyrin. Journal of Environmental Quality. 32:1764-1772.
- RANDALL, G.W., 2004. Subsurface drain flow characteristics during a 15-year period in Minnesota. 8th Intl. Drainage Symp. Drainage VIII. 21– 24 March, 2004. Sacramento, CA. ASAE.

- RANDALL, G.W., and IRAGAVARAPU, T.K., 1995. Impact of Long Term Tillage Systems for Continuous Corn on Nitrate Leaching to Tile Drainage. *Journal of Environmental Quality*. 24:360-366.
- RANDALL, G.W and SCHMITT, M.A., 1998. Advisability of fall-applying nitrogen.. In *Proc. of the 1998 Wisconsin Fertilizer, Aglime, and Pest Management Conf.* 20 January, 1998. Middleton, WI. pp:90– 96.
- RANDALL, G.W. and VETSCH, J.A. 2005. Nitrate Losses in Subsurface Drainage from a Corn-Soybean Rotation as Affected by Fall and Spring Application of Nitrogen and Nitrapyrin. *Journal of Environmental Quality*. 34(2): 590– 597.
- RANDALL, G.W. and GOSS, M., J., 2008. Nitrate Nitrate Losses to Surface Water Through Subsurface, Tile Drainage. Chapter 6. *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management*. Elsevier Inc.
- RIHN, 2012. Design local framework of IWRM. Project. Japonya RIHN-ÇÜ İkili İşbirliği Projesi.
- RYDEN, J.C., BALL, P.R. and GARWOOD, E.A., 1984. Nitrate leaching from grassland . *Nature*. 311:50-53.
- SAEZ, F., POZO, C., GOMEZ, M.A., RODELAS B., GONZALEZ and LOPEZ J., 2003. Growth and Nitrite and Nitrous Oxide Accumulation of *Paracoccus Denitrificans* ATCC 19367 in the Presence of Selected Pesticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 22:1993– 1997.
- SOGBEDJI, J.M., ES VAN, H.M., YANG, C.L., GEOHRING, L.D. and MAGDOFF, F.R., 2000. Nitrate Leaching and Nitrogen Budget as Affected by Maize Nitrogen Rate and Soil Type. *Journal of Environmental Quality*. 29:1813-1820.
- SONG, X.Z., ZHAO, C.X., WANG, X.L. and LI, J., 2009. Study of Nitrate Leaching and Nitrogen Fate under Intensive Vegetable Production Pattern in Northern China. *Comptes Rendus Biologies*. 332(4):385– 392.
- SÖNMEZ, I., KAPLAN, M and SÖNMEZ, S., 2007. Investigation of Seasonal Changes in Nitrate Contents of Soils and Irrigation Waters in Greenhouses Located in Antalya-Demre Region. *Asian Journal of Chemistry*. 19(7):5639-5646.

- STANDARD METHODS, 1998. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association. Water Environment Federation. USA.
- STROCK, J.S., PORTER, P.M. and RUSSELLE, M.P., 2004. Cover Cropping to Reduce Nitrate Loss through Subsurface Drainage in the Northern US Corn Belt. *Journal of Environmental Quality*. 33: 1010 – 1016.
- Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği. 18 Şubat 2004.
- TEKİNEL, O. ve KANBER, R., 1987. Sulamada Tuzluluk ve Drenaj. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi. Seri Konf. Osmaniye, 9 s.
- THOMPSON, R.B., GRANADOS, M.R., GAZQUEZ, J.C., RODRIGUEZ-LOPEZ, J.S., FERNANDEZ, M.D., GALLARDO, M., MARTINEZ-GAITAN, C. and GIMENEZ, C., 2006. Nitrate Leaching Losses from a Recently Developed Intensive Horticultural System in a Previously Disadvantaged Region In: Schroder. N Management in Agroecosystems in Relation to the Water Framework Directive, Proceedings of 14th N Workshop. Plant Research International. B.V. Wageningen, The Netherlands. pp:420– 422.
- TOMER, M.D., MEEK, D.W., JAYNES, D.B. and HATFIELD, J.L., 2003. Evaluation of Nitrate Nitrogen Fluxes from a Tile-Drained Watershed in Central Iowa . *Journal of Environmental Quality*. 32:642-653.
- WEHRMANN, J., SCHARPF, H.C. and KUHLMANN, H., 1988. The Nmin-method—an aid to improve nitrogen efficiency in plant production. In: Jenkinson, D.S., Smith, K.A. (Eds.), Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils. Elsevier Science, BV, Amsterdam, The Netherlands, pp. 38– 45.
- YADAV, S.N., PETERSON, W. and EASTER, K.W., 1997. Economic and Environmental Evaluation of Alternative Pollution-Reducing Nitrogen Management Practices in Central Illinois. *Environmental and Resource Economics*. 9:323– 340.
- YÜCEL, E., 1999. Canlılar ve Çevre. In (Ed.) Özata, A., Biyoloji, Anadolu Üniversitesi Yayınları, No:1083:823-109.

ÖZGEÇMİŞ

12/07/1988 yılında İzmir’ de doğdu. İlk, orta öğrenimini Salihli Altınordu İlköğretim Okulu’ nda, lise öğrenimini İzmir Özel Türk Koleji’ nde tamamladı. 2006 yılında başladığı Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Programı Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’ nden 2010 yılında mezun oldu ve aynı yıl Toprak Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’ ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen görevine devam etmektedir.