

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Ebru KARNEZ

**AŞAĞI SEYHAN OVASINDA BUĞDAY VE MISIR ÜRETİM
ALANLARINDA AZOT BÜTÇESİNE İLİŞKİN GİRDİ VE ÇIKTILARIN
İRDELENMESİ**

TOPRAK ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AŞAĞI SEYHAN OVASINDA BUĞDAY VE MISIR ÜRETİM
ALANLARINDA AZOT BÜTÇESİNE İLİŞKİN GİRDİ VE ÇIKTILARIN
İRDELENMESİ**

Ebru KARNEZ

DOKTORA TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu Tez 03/02/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Cevat KIRDA
ÜYE

.....
Prof. Dr. Zülküf KAYA
ÜYE

.....
Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
ÜYE

.....
Yard. Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Bitki Koruma Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2007D16

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

DOKTORA TEZİ

AŞAĞI SEYHAN OVASINDA BUĞDAY VE MISIR ÜRETİM ALANLARINDA AZOT BÜTÇESİNE İLİŞKİN GİRDİ VE ÇIKTILARIN İRDELENMESİ

Ebru KARNEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TOPRAK ANABİLİM DALI

Danışman :Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ

Yıl: 2010, Sayfa:137

Jüri :Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ

:Prof. Dr. Cevat KIRDA

:Prof. Dr. Mahmut ÇETİN

:Prof. Dr. Zülküf KAYA

:Yrd. Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ

Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan başlıca bitki besin elementlerinden birisi olan azot, aşırı ve bilinçsiz bir biçimde kullanılarak çevreyi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, topraklarda azotun dinamiğinin araştırılması ve risk faktörlerinin belirlenerek daha kapsamlı olarak N bütçelerinin oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bu amaçla, 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında azot bütçesini önemli bir şekilde etkileyen buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ve gübre faktörleri kullanılarak Çukurova Bölgesinde, Aşağı Seyhan Ovası Akarsu Sulama Sahasında (9 495 ha) azot bütçesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bileşeni oluşturan parçalardan her birinin seçilmiş azot girdi ve çıktısı (toprak azotu, bitki azotu, suda azot ve yağış azotu), ilgili bitkilerin azot bütçesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Üç bitki ve iki yıl için toplam altı N bütçesi hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre azot bütçesi incelendiğinde, 2007 ve 2008 yılları süresince sırasıyla; buğdayda 40 ve 49 kg N ha⁻¹, 1. ürün mısırdaki 46 ve 82 kg N ha⁻¹ ve 2. ürün mısır yetiştirme alanlarında 176 ve 229 kg N ha⁻¹ sistemde kalan miktar olarak belirlenmiştir. Akarsu Sulama Bölgesinde oluşturulan azot bütçesindeki bileşenler içerisinde gübre azotu ve bitki ile kaldırılan azotun en önemli bileşenler olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, özellikle 2. ürün mısırdaki yüksek verim beklentileri nedeniyle yüksek miktarlarda uygulanan azot, toprak ve iklim faktörlerinin etkisiyle araştırma alanındaki N birikimine önemli oranda katkı sağlamıştır. Araştırma sonuçlarına göre, çalışma alanı N kirliliği bakımından potansiyel olarak risk altındadır ve azot girdi ve çıktı bileşenlerinin izlenerek dönemsel olarak kontrol altında tutulmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Azotlu gübreleme, azot yıkanması, nitrat kirliliği, mineral azot

ABSTRACT

PhD THESIS

EVALUATION OF NITROGEN BUDGET INPUTS AND OUTPUTS IN WHEAT AND CORN GROWING AREAS IN LOWER SEYHAN PLAIN

Ebru KARNEZ

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

Supervisor :Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
Year: 2010, Pages:137

Jury : Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Prof. Dr. Cevat KIRDA
: Prof. Dr. Zülküf KAYA
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
:Asst. Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ

Nitrogen (N) is one of the major plant nutrients extensively used in plant production, its excess and unconscious use effect an important negative role in environment and human health. Therefore, nitrogen dynamics in soils need to be studied to determine the N-budget in a broader level to control and prevent the risk factors. The plant, consequently fertilization, affected N budget has been studied in Akarsu Irrigation District of Lower Seyhan Plain (9 495 ha) of the Cukurova Region using wheat, 1st and 2nd crop corn during 2007 and 2008 hydrological years. Selected N input and output constituents (i.e. soil N, plant N, water N and rainfall N) have been determined to use in N budget of these related crops. Total of six N budgets were calculated for three crops and two years. According to the results of the research when the N budget was examined, there were 40 and 49 kg N ha⁻¹ in wheat, 46 and 82 kg N ha⁻¹ in 1st crop corn, and 176 and 229 kg N ha⁻¹ in 2nd crop corn growing areas were recorded as the amount of remaining N in the system during 2007 and 2008 hydrological years. The input and output values indicate that fertilizer N, and N uptake by plant are the most important and valuable budget constituents affecting the N budget in Akarsu Irrigation District. The high amounts of nitrogen applied to soil for high yields in corn as a second crop have significantly contributed to then accumulation in the soils of the experimental field based on factors of soil and climate. Based on the overall results of this research, there may be potential risk of N pollution in the region and some input and output constituents need to be controlled and monitored periodically.

Key Words: Nitrogen fertilizer, nitrate leaching, nitrate pollution, mineral nitrogen

TEŞEKKÜR

Başarı, parçaların gerektiği gibi birleştirilmesiyle oluşan bütünüdür. Bu bütüne ulaşmamda bana yol gösteren, çalışmamın her aşamasında yardımlarını bilgisini ve ilgisini esirgemeyen yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima her türlü konuda en büyük desteği gösteren saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ' ye sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Cevat KIRDA'ya çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı ve yine Tez İzleme Komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Zülküf KAYA'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim. Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mahmut ÇETİN'e tezimin önemli bir parçasının tamamlanabilmesi için çalışmamın her aşamasında değerli vaktini bana ayırdığı ve koşulsuz olarak hiçbir şekilde yardımlarını ve bilgisini benden esirgemediği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Kürşat KORKMAZ'a tezime katkıda bulunup hiçbir zaman beni yalnız bırakmadığı için teşekkürlerimi sunarım. Tez konumun oluşum aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Sevilay TOPÇU'ya verdiği önemli bilgiler ve değerli katkıları için çok teşekkür ederim. Doktora tezim içerisinde yer alan laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Zir. Yük. Müh. Hacer OĞUZ'a ve tezimle ilgili tüm arazi çalışmalarında 2 yıl süresince benden desteklerini esirgemeyen Sayın Dr. M. Eren ÖZTEKİN' e ve Sayın Dr. Mahmut DİNGİL' e teşekkür ederim. T.C. Yüreğir Sulama Birliği Başkanı Sayın Abdurrahman ÖZDOĞAN' a ve yine aynı kurumun çalışanlarından Sayın Şeyhmus ANAÇKAYA'ya ve Sayın Mehmet EKMEK'e arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmadıkları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ve yine arazi çalışmalarında benimle büyük özverilerde bulunarak gönüllü olarak çalışan Zir.Mühendisleri Ali Korcan TAN' a, Dara BİLGE' ye, Mehmet FIRAT'a, 4. sınıf öğrencilerinden Burak TİLKİCİ' ye ve Yunus BÜLBÜL'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi olarak her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Doktora çalışmalarım esnasında maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: ZF2007 D16 ve ZF2006 KAP 1 (Akdeniz Sulu Tarım Alanlarında Tuzluluk ve Nitrat Kirliliğinin Tanımı ve Kontrolü (Diagnosis and Control of Salinity and Nitrate Pollution in Mediterranean Irrigated Agriculture (QUALIWATER) 2006-2010)) 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. Tarımsal Açıdan Azotun Önemi ve Döngüsü.....	5
2.2. Toprakta Azot.....	8
2.3. Bitkide Azot.....	12
2.4. Azot Kullanım Etkinliği.....	13
2.5. Suda Nitrat.....	15
2.6. Çevresel Açıdan Azot.....	17
2.7. Azot Bütçesi.....	19
3. MATERYAL VE METOD.....	23
3.1. Çalışma Alanı.....	23
3.1.1. Coğrafi Konum.....	23
3.1.2. İklim Özellikleri.....	24
3.1.3. Toprak Özellikleri ve Yaygın Toprak Serileri.....	26
3.1.4. Ürün Deseni.....	30
3.1.5. Uygulanan Azotlu Gübre Dozları.....	34
3.1.6. Sulama Koşulları.....	34
3.1.7. Sulama ve Akım Gözlem İstasyonları.....	35
3.1.8. Taban Suyu Gözlem Ağı.....	37
3.2. Örneklemeler ve Parametre Ölçümleri/Analizler.....	38
3.2.1. Toprak Örneklemesi ve Analizleri.....	38
3.2.2. Bitki Örneklemesi ve Analizleri.....	40
3.2.3. Su Örneklemesi ve Analizleri.....	40

3.2.3.1. Sulama Suyu Örneklemesi	40
3.2.3.2. Taban Suyu Örneklemesi	41
3.2.3.3. Yağmur Suyu Örneklemesi	42
3.2.3.4. Drenaj Suyu.....	42
3.3. Azot Bütçesi.....	42
3.4. Girdi ve Çıktı Terimlerinin Hesaplanması	44
3.4.1. Bitkilerce Kaldırılan Azot	44
3.4.2. Sulama Suyu Miktarı ve N yükü.....	44
3.4.3. Taban Suyu Miktarı ve N Yükü.....	48
3.4.4. Yağmur Suyu N Yükü.....	51
3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi	52
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	53
4.1. Bitki Deseni	53
4.2. Toprakta Mineral Azot	54
4.3. Gübre Azotu.....	69
4.4. Bitkilerce Azot Kullanımı.....	73
4.4.1. Bitki Tarafından Kaldırılan Azot.....	73
4.4.2. Azot Kullanım Etkinliği	82
4.5. Su Kaynakları ile Giren ve Çıkan N.....	84
4.5.1. Sulama Suyu ile Giren N.....	84
4.5.2. Yağış ile Giren N	89
4.5.3. Taban Suyuna Bağlı Olarak Alanda Bulunan N.....	95
4.5.4. Taban Suyundan Drenaja Olan Katkı	97
4.6. Azot Bütçesi.....	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR.....	115
ÖZGEÇMİŞ	137

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Toprak-Bitki/Hayvan-Atmosfer sisteminde azotun yaklaşık dağılımı	6
Çizelge 2.2. Toprak-Bitki-Atmosfer sisteminde N-girdileri; N-yitimi ve N-dolaşımı	7
Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait iklim verileri (2007-2008 hidrolojik yılları).....	25
Çizelge 3.2. Aşağı Seyhan Ovasında fiilen sulanan alanlardaki bitkilerin yıllara göre ekim oranları	33
Çizelge 3.3. 2007 ve 2008 yılları buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır yetiştirme dönemleri içerisinde bitkiye topraktan uygulanan gübre miktarları	34
Çizelge 3.4. 2008 hidrolojik yılı otomatik örnekleme aletinin örnekleme programı.....	36
Çizelge 3.5. Limnigrafların kurulduğu yerler ve koordinatları.....	37
Çizelge 3.6. Toprak örnekleme zamanı ve örnekleme amacı.....	39
Çizelge 4.1. 2007-2008 yıllarında çalışma alanındaki bitkilerin alansal dağılımları.....	53
Çizelge 4.2. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NO_3^- (mg kg ⁻¹) değerleri.....	57
Çizelge 4.3. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NH_4^+ (mg kg ⁻¹) değerleri.....	58
Çizelge 4.4. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NO_3^- (mg kg ⁻¹) değerleri.....	60
Çizelge 4.5. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim Alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NH_4^+ (mg kg ⁻¹) değerleri.....	61

Çizelge 4.6. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında ölçülen $NO_3^- - N$, $NH_4^+ - N$ ve mineral azot (N_{min}) miktarları	64
Çizelge 4.7. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday ekim alanlarında topraktaki mineral azot miktarı ($kgN_{min} ha^{-1}$)	66
Çizelge 4.8. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır ekim alanlarında topraktaki mineral azot miktarı ($kgN_{min} ha^{-1}$)	67
Çizelge 4.9. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır ekim alanlarında topraktaki mineral azot miktarı ($kgN_{min} ha^{-1}$)	67
Çizelge 4.10. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanında ekimi yapılan bitkilerin dağılımı ve bu bitkilere uygulanan N' lu gübre dozları	71
Çizelge 4.11. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarına ait buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır bitkilerinin ekili olduğu toplam alanlara gübre ile uygulanan N miktarları	72
Çizelge 4.12. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında elde edilen bitkisel verim, bitkideki %N ve topraktan kaldırılan N miktarları	74
Çizelge 4.13. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında azot kullanım etkinlikleri (%)	83
Çizelge 4.14. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında sulama suyu ile bitkisel alanlara giren $NO_3^- - N$ miktarları	85
Çizelge 4.15. Yağış ve sulama suyu ile çalışma alanına giren ve drenaj suları ile çalışma alanından çıkan $NO_3^- - N$ yükü	90
Çizelge 4.16. Bitkisel alanlardaki N yükü	91
Çizelge 4.17. 2007 hidrolojik yılında Akarsu Sulama alanında taban suyu nitrat konsantrasyonlarının ($mg L^{-1}$) alansal dağılımı (%)	96
Çizelge 4.18. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında bitkiler için hesaplanan azot bütçesi ($kg N ha^{-1}$)	102

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1. Azotun doğadaki dolaşımı	7
Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu	23
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait uzun yıllık yağış, buharlaşma ve sıcaklık değişimi	26
Şekil 3.3. Çalışma alanının toprak serileri	27
Şekil 3.4. Akarsu Sulama Birliği Sahası genel vaziyet planı	35
Şekil 3.5. Sulama (L3,L5,L6,L7,L9) ve drenaj kanalları (L2,L4,L11) üzerinde tesis edilen akım gözlem istasyonları (AGİ' ler)	36
Şekil 3.6. Çalışma alanında taban suyu gözlem kuyularının dağılımı.....	38
Şekil 3.7. El pompası yardımıyla taban suyu gözlem kuyusundan taban suyu örnekleme.....	41
Şekil 4.1. 2007 ve 2008 yıllarında çalışma alanına ait bahar ve yaz aylarındaki bitki desenleri.....	54
Şekil 4.2. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında toprakta etkili kök derinliğinde NH_4^+ ve NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$) ortalama değerleri dağılımları	63
Şekil 4.3. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday bitkisinde tane verimi ($kg\ ha^{-1}$) ile 1. ürün mısır alanlarında ekim öncesi toprakta N_{min} ($kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için n=18; 2008 yılı için n=36)	77
Şekil 4.4. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır bitkisinde tane verimi ($kg\ ha^{-1}$) ile 1. ürün mısır alanlarında ekim öncesi toprakta N_{min} ($kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için n=54; 2008 yılı için n=56)	78
Şekil 4.5. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır bitkisinde tane verimi ($kg\ ha^{-1}$) ile 2. ürün mısır alanlarında ekim öncesi toprakta N_{min} ($kg\ N_{min}\ ha^{-1}$) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için n=54; 2008 yılı için n=56)	79

Şekil 4.6. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday ekili alanlarda bitki ile kaldırılan azot ile topraktaki N_{\min} miktarı arasındaki ilişki.....	80
Şekil 4.7. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır ekili alanlarda bitki ile kaldırılan N miktarı ile topraktaki N_{\min} miktarı arasındaki ilişki	81
Şekil 4.8. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır ekili alanlarda bitki ile kaldırılan N miktarı ile topraktaki N_{\min} arasındaki ilişki.....	82
Şekil 4.9. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanına sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ miktarı ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$)	86
Şekil 4.10. 2007 hidrolojik yılında 1. ve 2. ürün mısır alanlarına aylara göre sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$).....	87
Şekil 4.11. 2008 hidrolojik yılında 1. ve 2. ürün mısır alanlarına aylara göre sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$).....	88
Şekil 4.12. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanına yağış ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$).....	92
Şekil 4.13. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarına yetiştirme periyodu boyunca yağış ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$).....	93
Şekil 4.14. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarına yetiştirme periyodu boyunca yağış ile giren $NO_3^- - N$ ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$).....	94
Şekil 4.15. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında taban suyundan drenaja olan $NO_3^- - N$ ($kg NO_3^- - N ha^{-1} yıl^{-1}$) katkısı.....	99

Şekil 4.16. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında taban suyundan drenaja olan $NO_3^- - N$ (kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ yıl⁻¹) katkısı..... 100

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde, hızla değişen ve gelişen süreçte nüfus artışıyla beraber insanların beslenme ihtiyacı da artış göstermiştir. Bu nedenle insanların gıda gereksinimini karşılamak için birim alandan alınan verimi artırmak zorunlu hale gelmiştir. Bunu sağlayabilmenin başlıca yolu ise gübrelemedir. Tarımsal girdilerden gübre ve su yıllardır bitkisel üretimde önceliğini korumaktadır. Tarımsal üretimde, besin elementi noksanlıklarını gidererek stres koşullarında; bitki verimini, dayanıklılığını ve ürün kalitesini arttırarak toprak verimliliğini optimum düzeyde sürdürmek amacıyla kimyasal gübreler yoğun olarak kullanılmaktadır. Kimyasal gübrelerin kullanımı son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi, Çukurova bölgesinde de hızla artmıştır. Ürün verimini artırmak için sulu ve kuru tarımın yapıldığı koşullarda en çok kullanılan gübreler azotlu gübrelerdir ve dünyada kullanılan gübrelerin % 70'ini azotlu gübreler oluşturmaktadır. Yapılan tahminlere göre global N'lu gübre üretiminin 2025 yılına kadar % 60-90 düzeyinde artacağı ve bunun 2/3'ünün gelişmekte olan ülkelerde kullanılacağı kaydedilmektedir (Galloway ve ark., 1995). Ancak azotlu gübrelerin aşırı ve bilinçsiz bir biçimde tüketilmesi, son yıllarda azotun bitki besin elementi olmasından daha çok bir kirletici olarak anılmasına neden olmaktadır. Azot, baklagil olmayan bitkilerde verimi en çok etkileyen element olarak hem inorganik hem de organik gübre ve çeşitli endüstriyel atıklarla toprağa verilmektedir (Fedkiw, 1991). Azot, bitkilerde özellikle de tahıllarda verimi en çok etkileyen bitki besin elementidir. Bu nedenle baklagiller dışında kalan bitkilerin N ile gübrenmesi kaçınılmazdır. Follet ve Walker (1989)'a göre, son 10 yılda, yıllık gübre N'u kullanımındaki artışın, gelişmiş ülkelerde % 25, gelişmekte olan ülkelerde ise % 160' ı bulunduğu rapor edilmektedir.

Bitkilerce kullanılan azotun tek kaynağı atmosferin %78' ini oluşturan N_2 gazıdır. Bilindiği gibi, yüksek bitkiler, N_2 gazını doğrudan protein sentezinde kullanamazlar; bu nedenle, N_2 gazı öncelikle toprakta bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürülmelidir. Yapılan çalışmalarda, tüm azot bağlama mekanizmaları ile (Haber Bosch bağlaması, fiksasyon, biyolojik fiksasyon, organik döngü,

atmosferdeki depolanmalar) toprağa bağlanan 8 kg azotun ancak 1 kg'ı bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılabilir hale gelmektedir (Smil, 2002). Öte yandan kimyasal gübre formunda üretilen 20 kg aktif azotun halk sağlığının ve beslenmesinin korunmasında ancak 2 kg'ı harcanmaktadır (Galloway ve Cowling, 2002). Genel olarak bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi ekosisteme giren azot gerek bitkisel üretim amacıyla gerekse beslenme amacıyla kullanılanın çok üzerindedir. Hızla artan dünya nüfusu göz önüne alındığında bu artışa bitkisel üretim anlamında cevap verebilmek için kullanılan geleneksel yöntemler (bilinçsizce yapılan gübreleme, uygulama dozları ve zamanları, sulama yöntemleri) kirlilik tehlikesini arttırmaktadır.

Son zamanlarda, gerek dünyada gerekse ülkemizde birim alandan elde olunan tarımsal ürün verimlerini arttırmanın yanı sıra, çevreyi de korumak güncel bir konu haline gelmiştir. Hala çoğu bitkisel üretim, inorganik azotlu gübrelerin kullanımına bağlı olmaktan kurtulamamıştır. Bu durum hem kırsal ve hem de kentsel kesimde aşırı gübre kullanımına bağlı olarak birçok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir (Fletcher, 1991; Van Eck, 1994; Olsthoorn ve Fong, 1998).

Ülkemiz genel olarak gübre girdileri açısından incelendiğinde, azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübreler için 2004, 2005, 2006, 2007 yıllarına ait gübre üretimi sırasıyla 1 204 187 ton, 1 172 798 ton, 1 103 980 ton, 851 201 ton iken yine aynı yıllara ait gübre tüketimi 2 663 159 ton, 2 689 459 ton, 2 631 545 ton, 2 193 723 ton' dur (FAO., 2009). Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi gübre üretimi yıldan yıla azalmıştır. Bununla birlikte gübre üretimi ve tüketimi arasındaki oluşan fark ise yurt dışından gübre ithalatı ile karşılanarak ülke ekonomisine de olumsuz yönde etki etmektedir.

Günümüzde hem ekonomik hem de insan ve çevre sağlığı açısından azot dozunu optimize etmek, çiftçi açısından hem hızlı hem de uygulanabilir yöntemleri, geliştirmek ve pratiğe aktarmak öncelikli olarak ele alınması gereken tarımsal bir strateji halini almıştır. Ilık ve yağışlı bir iklime sahip olan Akdeniz Bölgesinde yağışın miktarı ve dağılımı başarılı bir tarımın en önemli belirleyicisidir. Öte yandan sulanan koşullarda azotun uygulanması en önemli bir gerekliliktir. Dolayısıyla, azotlu gübrelerin kullanımını ve sulama birbirinden ayıramayacak çok önemli iki

üretim koşuludur. Böylelikle toprak, bitki besin elementleri ve su yönetimi birbirinden ayrılmayan iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

Toprağa uygulanan azot yalnız bitkiler tarafından alınmayıp, aynı zamanda fiziko-kimyasal ve biyolojik süreçlerin de rol aldığı bir döngü içerisine girmektedir. Bu süreç toprak, iklim ve arazi kullanımına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Birçok gelişmiş ülkede dahi, tarla koşullarında azot çalışması oldukça zor olmakla birlikte sonuçlar basit bir yaklaşımdan öteye gidememektedir. Bu nedenledir ki, topraklarda ve bitkilerde azotun dinamiği konusu halen güncelliğini korumaktadır. Geniş bir alanı kapsayan verimli topraklara sahip olan Çukurova Bölgesi'nde de bugüne kadar ürün miktarını ve kalitesini yükseltmek için birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen toprak ve su kaynaklarının kirlilik durumu ve özellikle de aşırı ve bilinçsiz bir biçimde uygulanan azotlu gübrelerin kirlilik oluşturabilme riski yeterince çalışılmamıştır.

Anlaşıldığı gibi, tarımsal açıdan azotu bir bütün olarak işlemek ve anlamaya çalışmak gerekmektedir. Bu amaçla, azotlu gübreleme uygulamasına ilişkin olarak, sınırları yıllık su bütçesi yapılabilmesine olanak sağlayacak şekilde belirli, Akarsu Sulama Sahasında azot bütçesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Özellikle yüksek miktarlarda azotlu gübre uygulanan ve bölgenin ürün deseninde %70'in üzerinde bir paya sahip olan buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkilerinin kullanıldığı çalışmada azot bütçesine ilişkin terimler ve çalışma alanının da azot kirliliğinin risk potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hızla değişen dünya nüfusu, küresel ısınma, iklim değişikliği ve ekosistemdeki denge gözönünde bulundurulduğunda, hedeflenen maksimum ürün ve doğal kaynakları korumak için bunlara yönelik üretim sistemleri geliştirmek kaçınılmaz olmuştur. Bitkisel üretimde kullanılan tarımsal girdilerin başında her türlü organik ve inorganik gübre kullanımı önde gelen faktörlerden biridir. Ancak, organik gübrelerin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan etkisi bilinse de, bitkisel üretimde tüm ihtiyacı karşılaması oldukça zordur. Bu nedenle, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de inorganik gübrelerin ve özellikle de bu gübreler içerisinde en büyük kullanım payına sahip olan azotlu (N) gübrelerin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Öte yandan, ekosistemde oluşabilecek potansiyel kirlenme veya birikme, bitki besin elementleri arasında en çok N için söz konusu olmaktadır. Toprakta N’ un tutulması, taban suyuna yıkanması, atmosfere volatilizasyonu ve olası form değişikliği bu elementin yararlılığını olumsuz yönde etkileyen mekanizmalardır. Aşırı N kullanımından olumsuz etkilenen çiftçi ekonomisi de olayın diğer önemli bir yanıdır.

N’ lu gübre bütçesinin ayrıntılı olarak hesaplanmasının yapıldığı bu tez çalışmasında literatür çalışmalarının ele alındığı bu bölümde; N’un hem bitkisel üretimdeki rolü, hem de ekosistemde bulunma ve dönüşüm mekanizmaları değerlendirilmiştir.

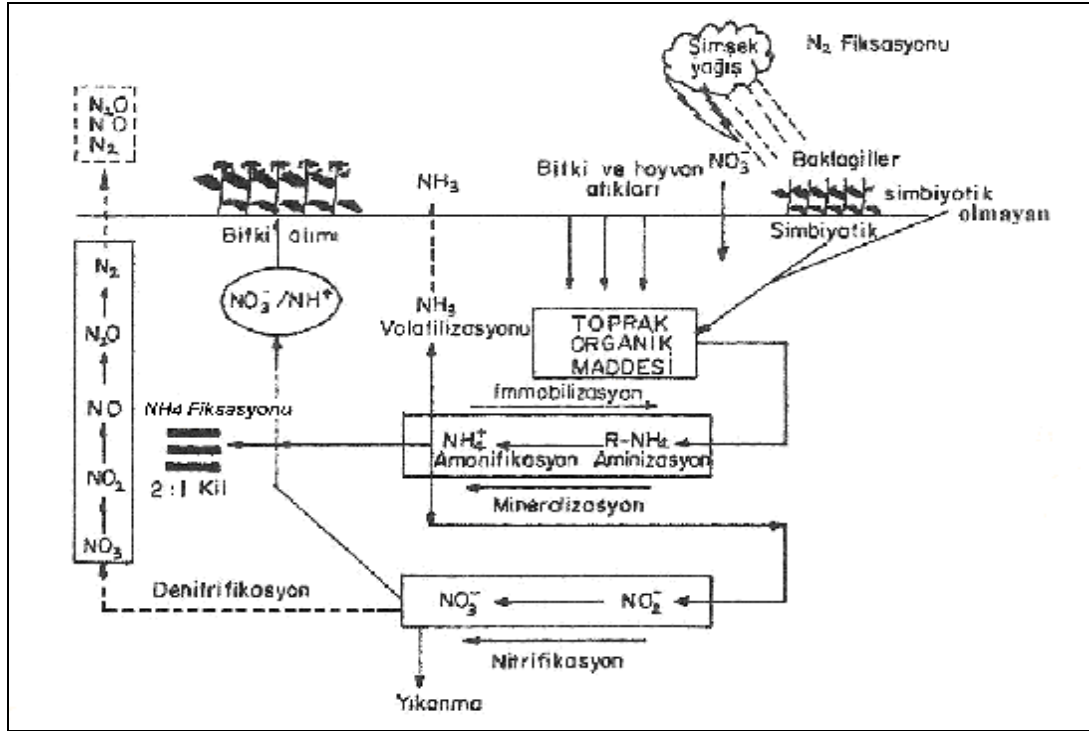
2.1. Tarımsal Açıdan Azotun Önemi ve Döngüsü

Bitkisel üretimde en çok kullanılan ve noksanlığı en sık görülen element azottur. Bitki dokularında karbon, hidrojen ve oksijenden sonra miktar olarak en fazla azot bulunup, içeriği ağırlık esasına göre % 1-5 oranlarında değişmektedir (Güzel ve ark., 2002). Bitkinin N içeriği bitkinin yaşı, türü, çeşidi ve organlarına bağlı olarak değişmektedir (Kaçar, 2006). Azot, bitki hücrelerindeki biyokimyasal süreçlerin oluşumunda rol alıp, bitkideki proteinlerin yapı taşı oluşturulan amino asitlerin ve nükleik asitler ve nükleozit fosfatların da yapısında bulunmaktadır (Marschner, 1997; Kaçar, 2002).

Bitkilerin azot kaynaklarını toprak, atmosfer ve azotlu gübreler oluştururlar. Bitkisel üretimin tamamına yakını toprak ortamında olagelir. Bu sebeple toprak bitkilerin beslenmesinde gerekli besin elementleri bakımından azotta dahil olmak üzere temel kaynaktır. Dünya da bulunan azotun yaklaşık % 98'i litosferdedir. Bitkiler için azotun ikinci önemli kaynağı da atmosferdir. Çevremizdeki atmosfer, azotun miktarı sınırsız bir depo olarak tanımlanabilen tükenmez kaynağıdır. Evrendeki toplam azotun %2 kadarı atmosferde bulunur. Bitkiler atmosferde hacim ilkesine göre %78 civarında bulunan moleküler azottan (N_2) doğrudan yararlanamazlar (Kaçar, 2002). Atmosferde fazla miktarda bulunan N_2 formu; toprak, su, canlı ve cansız organizmalarca çeşitli formlarda fikse olunmuş N ile denge durumundadır (Çizelge 2.1). Deniz seviyesinde, arazinin her bir hektarı üzerindeki atmosferde yaklaşık 78 000 ton N bulunur. Azot çeşitli yollarla fikse edildikçe, sayısız mikrobiyal ve kimyasal süreçlerle formunda yeniden atmosfere salınır. Azotun toprak-bitki-atmosfer sisteminde dolaşımı (Şekil 2.1), inorganik ve organik N formları arasında birçok dönüşüm süreçlerini kapsamaktadır (Güzel ve ark., 2002).

Çizelge 2.1. Toprak-bitki/hayvan-atmosfer sisteminde azotun yaklaşık dağılımı
(Güzel ve ark., 2002)

Yerküresinin Bölümleri	Azot Miktarı (ton)	Toplamdaki Oranı (%)
Atmosfer	3.9×10^{15}	99.3840
Denizler (Çeşitli)	2.4×10^{13}	0.6116
Toprak (Cansız)	1.5×10^{11}	0.0038
Bitkiler	1.5×10^{10}	0.00038
Toprak mikroorganizmaları	6×10^9	0.00015
Hayvanlar (Arazideki)	2×10^8	0.000005
İnsanlar	1×10^7	0.00000025



Şekil 2.1. Azotun doğadaki dolaşımı (Güzel ve ark., 2002)

Azotun topraktaki bu dolaşımı; N-girdileri (kazanımları), N-kayıpları ve N-dolaşımı olarak üç grupta incelenebilir. Toprak içerisinde N-dolaşım sürecinde, azotun kazanımı ve kaybı söz konusu değildir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Toprak-Bitki-Atmosfer Sisteminde N-girdileri; N-yitimi ve N-dolaşımı* (Güzel ve ark., 2002)

Azot girdileri	Azot yitimleri	Azot dolaşımı
Fiksasyon	Bitkilerce absorpsiyon	İmmobilizasyon
Biyolojik	Denitrifikasyon	Mineralizasyon
Endüstriyel	Volatilizasyon	Nitrifikasyon
Elektriksel	Yıkama	
Yakma	Amonyum fiksasyonu ⁺	
Hayvan gübreleri		
Bitkisel artıklar		

* Bazı azot girdileri ve dolaşım öğeleri yönetimce etkilenebilir. Fakat genellikle yönetilemez.

⁺ Bir miktar fikse edilmiş amonyum toprakta serbest bırakılabilir.

Ekosisteme N kazanımını sağlayan başlıca olaylar; fiksasyon (biyolojik, endüstriyel, elektriksel, yakma), hayvan gübreleri ve bitkisel artıklardır. Biyolojik azot fiksasyonu ile şu anda yeryüzüne girdi olarak sağlanan azot miktarı yılda

139-170 x 10⁶ ton'dur; bu miktar azot gübrelemesi ile sağlandığında yılda 65x10⁶ ton azota denk gelmektedir. Günümüzde sentetik azot fiksasyonu tarımsal azot girdilerinin başında gelmektedir (Galloway ve ark., 2004). Bitkilere N'u gübre ile uygulamak için çok çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. İnorganik N kaynaklarının (kimyasal gübreler) yanında, çiftlik gübresinden ve atıklardan gelen organik N ile, baklagillerce atmosferde bulunan elementel azotun (N_2) fiksasyonu, N kaynaklarının başlıcalarıdır (Güzel ve ark., 2002; Howard ve Brand-Hardy, 2003).

Azotun başlıca yitim yolları ise; bitkilerce absorpsiyon, denitrifikasyon, volatilizasyon, yıkanma ve amonyum fiksasyonudur. Topraklarda, suya doymun koşulların yarattığı oksijen noksanlığında anaerobik organizmalar ihtiyaç duydukları oksijeni NO_2^- ve NO_3^- 'ten sağlarlar. Böylece azotun gaz formları olan N_2 ve N_2O atmosfere volatilize olur. Azot döngüsü içerisindeki bu olay denitrifikasyon olarak adlandırılır. Volatilizasyon olarak adlandırılan olay ise NH_4^+ iyonlarının bir bölümünün NH_3 olarak gaz formuna dönüşmesiyle oluşan bir olaydır. Endüstriyel olarak üretilen azotun hemen hemen yarısı NH_3 şeklinde atmosfere geri dönmektedir (Erisman ve ark., 2007). Bu nedenle amonyağın üretimi kadar yönetimi de önem kazanmaktadır. Amonyumun biyolojik oksidasyonla nitrata yükseltgenmesi olayı nitrifikasyon olup, temel N yitim mekanizmalarının en önemlilerindedir.

Azotun dolaşımının başlıca yolları immobilizasyon, mineralizasyon ve nitrifikasyondur. Gerek bitkisel üretim, gerekse çevre açısından bu dönüşüm mekanizmaları oldukça önemlidir (Mengel, 1991; Marschner, 1997; Prakasa ve Puttanna, 2000; Güzel ve ark., 2002; Erisman ve ark., 2007). Her bir mekanizma iklim, toprak ve bitki faktörlerince etkilenmekte olup (Owens, 1994), kesin sınırlarla birbirlerinden ayrılmaları çok zordur.

2.2. Toprakta Azot

Atmosferde bulunan azot ile karşılaştırıldığında, toprakta bulunan N miktarı çok azdır. Çoğu mineral toprakların toplam N içerikleri % 0.02 ile % 0.5 arasında değişmekte olup, ortalama miktar % 0.15 kadardır. Toprak azotunun büyük bir

bölümü organik formdadır. Normal koşullar altında her yıl organik azotun % 2-3 kadarı ancak mineralize olur. Yüzeysel toprağında bulunan azotun %8 ve alt toprakta bulunan azotun ise %40 kadarı NH_4^+ formunda kil mineralleri tarafından fikse edilmiş durumda olup, bu formdan bitkilerin yararlanmaları yavaş ve güçtür. Bitkiler tarafından topraktan kolay yararlanılabilen azotun miktarı toplam azotun nadiren % 1-2'sinin üzerindedir. Tarımsal üretimin yoğun olduğu ve fazla miktarda kimyasal gübrelerin kullanıldığı topraklarda azot miktarı artmaktadır (Kaçar ve ark., 2002; Liu ve ark., 2003; Liang ve ark., 2005; Bao ve ark., 2006).

Mineral Azot: Bitki besleme ve gübreleme açısından, toprakta etkili kök derinliğinde bulunan mineral azot (N_{min}) bitki kullanımı için önemli bir kaynaktır (Wehrmann ve Scharpf, 1979, Wehrmann ve Scharpf, 1986; Wehrmann ve ark. 1988; Neeteson, 1995). Mineral azot, teorik olarak $NO_3^- - N$ ve $NH_4^+ - N$ 'lerinin toplamına eşit olsa da, genelde topraktaki serbest NH_4^+ çok az olduğu için (Liu ve ark., 2003) $NO_3^- - N$ 'unun mineral azota denk olduğu vurgulanmaktadır (Wehrmann ve Scharpf, 1979). Ancak toprakların havalanma durumları ve bünyeleri –özellikle kil içerikleri– toprakta $NH_4^+ - N$ 'unun da bulunabileceğini göstermektedir. Çukurova Bölgesinde yapılan bazı N beslenmesi çalışmalarında, toprakta sınırlı miktarda da olsa $NH_4^+ - N$ 'unun varlığı saptanmıştır (İbrikçi ve ark., 2000; Coşkan ve ark., 2002; Qualiwater projesi 2006-2010 hidrolojik yılları raporları). Kullanılan gübrenin türü, miktarı ve uygulama şekilleri, sulama koşulları, bitki türü ve toprak koşulları topraktaki NO_3^- ve NH_4^+ miktarını etkilemektedir (Delgado ve ark., 2006; Liu ve ark., 2003). Nemli, ılık ve iyi havalanabilen topraklarda azot bileşiklerinin çoğu, amonyum formundan çok, nitrat formunda bulunur. Bu iki N formu bitki köklerine kütle akımı ve yayılım ile taşınır (Güzel ve ark., 2002).

Ekim öncesinde toprak profilindeki N_{min} miktarının saptanması, uygulanacak gübre miktarının belirlenmesi ve uygulama zamanının programlanmasında kullanılmaktadır (Ramos ve ark., 2002; Staugaitis ve ark., 2007; Berenguer ve ark., 2009). Gübre önerilerinin, yalnız bitkinin kaldırdığı miktara göre yapılmasının doğru olmadığı, N_{min} 'in de dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Berenguer ve ark.,

2009). Etkili kök derinliğinde (birçok tek yıllık bitki için 0-90 cm) ölçülen N_{\min} miktarına göre uygulanacak olan taban veya ekim öncesi N'lu gübre miktarları azaltılarak verilmektedir (Wehrmann ve Scharpf, 1986). Böylece her bir birim alan için azaltılan N'lu gübre, hem çiftçi ekonomisi, hem de azotun yıkanma ve volatilizasyonla kaybı açısından önemli bir tasarruf sağlamaktadır. Bu kapsamda 1980'li yıllardan beri öncelikli olarak Avrupa'da başlatılan " N_{\min} 'e bağlı gübre önerileri" çalışmaları (Wehrmann ve ark. 1988; Scharpf ve Weier, 1996) daha sonra gübrelemenin daha bilinçli yapıldığı birçok ülkede uygulanmış ve önemli miktarda gübre tasarrufu yapılabilmektedir (Feller ve Fink, 2001; Ramos ve ark., 2002; Berenguer ve ark., 2009; Vazquez ve ark., 2006). Ancak, NO_3^- 'in toprakta çok hareketli olması ve çabucak form değiştirmesi nedeniyle N_{\min} analizlerinin ekimden hemen önce yapılması bu yaklaşımın başarılı bir şekilde kullanılması açısından önemlidir. Öte yandan N_{\min} yaklaşımı, toprak analizlerine alışık olmayan çiftçiler tarafından ve küçük ölçekli araziler için rutin olarak kullanılmamaktadır (IVE, 1999). Geniş kapsamlı azot dinamikleri ve ürün sistemleri çalışmalarında, azot bütçesinin yapılabilmesinde N_{\min} önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Sogbedji ve ark., 2000).

Son yıllarda " N_{\min} " çalışmaları, "bitkide hızlı doku testleri" ile birleştirilerek azotun daha da ekonomik ve çevre ile barışık kullanımı sağlanmıştır (Çakır ve ark., 2002; Korkmaz ve ark., 2008). Doku testleri, arazi koşullarında bitkinin belirli gelişme dönemlerinde ksilem suyunda bulunan NO_3^- konsantrasyonunu oluşturulan mavi renk intensitesine göre ölçme yaklaşımına dayanmaktadır. Mavi rengin koyuluğu o anda dokulardaki NO_3^- konsantrasyonunun çokluğunu/yeterliliğini, dolayısıyla gübrelemeye gerek olmadığını göstermektedir. Bu durumda uygulanacak N'lu gübre miktarı ya azaltılarak ya da ertelenerek daha sonra verilmektedir. Örneğin; buğday, mısır, patates, domates, biber vb. bitkilerde yapılan doku testleri, uygulanacak N'lu gübre miktarının belirlenmesinde başarılı sonuçlar vermiştir (Çakır ve ark., 2002; Korkmaz ve ark., 2008). Sonuçta, gerek toprakta N_{\min} miktarının

ölçülmesi, gerekse bitkilerde hızlı nitrat doku testi yaklaşımları azot kaybını önlemek ve çevre ile barışık bir gübreleme programı ortaya koymak amacıyla geliştirilmiştir.

Azot Yıkanması: Nemli, ılık ve iyi havalanabilen topraklarda azot bileşiklerinin çoğu, amonyum formundan çok, nitrat formunda bulunur. Topraktaki nitrat iyonu toprak suyunda genelde çözülmüş formdadır. Kimyasal gübrelerle toprağa katılan ya da amonyumun nitrifikasyonu ile oluşan nitrat, hızlı dinamizmi nedeniyle kolayca yıkanabilmektedir (Kladivko ve ark., 1991; Randal ve Mulla, 2001; Ng ve ark., 2002). Yıkanma ile nitratın yitimlerini etkileyen bazı faktörler (Güzel ve ark.,2002):

1. Gübre N’u uygulama dozu, zamanı, N kaynağı ve uygulama yöntemi,
2. Nitrifikasyon engelleyicilerin kullanımı,
3. Bitki yetiştirme intensitesi ve N’ un bitkilerce alımı,
4. Suyun profilden süzülmesi ve yıkanmayı etkileyen toprak karakteristikleri,
5. Yağışın miktarı, dağılımı ve zamanı ve/veya sulama ile ilgili uygulanan su miktarıdır.

Tarımsal alanlardan nitrat yıkanması, önemli miktarda azotlu gübrenin kaybına neden olmakta, kayıplarda mevsimsel olarak çok büyük değişkenlikler rapor edilmektedir (Riley ve ark., 2001). Yapılan birçok çalışmada toprak, iklim ve tarımsal yönetim sistemleri ne olursa olsun, nitrat yıkanmasında en etkili olan faktör olarak tarımsal amaçlı kullanılan gübrenin fazlalığı gösterilmektedir (Asadi ve ark., 2002; Liu ve ark., 2003; Jalali ve ark., 2005; Zoltan ve ark., 2005; Gheysari ve ark., 2009). Dolayısıyla, fazla gübre kullanımını yönlendiren faktör de bitkisel üretimin türü ve yoğunluğudur (Venugopal ve ark., 2009). Örneğin mısır-buğday-mısır ekim sisteminde, 2 sulama programı ve 3 gübre çeşidi ile yapılan bir çalışmada yıkanma 128 kg N ha^{-1} ’a kadar çıkmıştır (Diez ve ark., 1997). Gübre dozu ile beraber sulama programı da azotun yıkanmasında önemli bir etkidir (Behera ve Panda, 2009). Bu nedenle hem N yıkanmasını hem de ekonomik olarak azotlu gübre kaybını önlemek açısından, sulama ve gübreleme programlarının iyileştirilmesi (Isidoro ve ark., 2006; Alva ve ark., 2006) ve uygun bir gübre yönetiminin gerektiği rapor edilmektedir (Riley ve ark., 2001). Yağışlı dönemlerde ya da sulama suyunun fazla olduğu koşullarda azotun yıkanması sulama mevsimine, yağış miktarına ve derinliğine göre

de değişmektedir (Gheysari ve ark., 2009). Geleneksel ve etkin sulamanın yapıldığı koşullarda, daha fazla $NO_3^- - N$ u yıkanması geleneksel sulama durumunda gerçekleşmiştir (Diez ve ark, 1997). Mevsimsel değişiklikler olarak ortaya çıkan yağışlı ve kurak dönemler taban suyundaki iyon konsantrasyonunu değiştirmektedir (Venugopal ve ark., 2009; Garcia-Garizabal ve Causape, 2010). Ayrıca, toprak ve toprak yüzeyindeki çeşitlilikler de NO_3^- ' ın yıkanmasını ve dinamiğini etkilemektedir (Young ve Briggs, 2007).

Nitratin toprak profilinde yıkanması, bitki rotasyonu ile de yakından ilişkili bulunmuştur (Liu ve Mu, 1993; Liu ve ark., 2003). Son yıllarda Çin'de yapılan bir çalışmada, mısır-buğday rotasyonunda, mısıra uygulanan azotun 1.2 m'den daha derine yıkanması sonucunda bu miktardan daha derin köklü olan buğday bitkisinin fazlasıyla yararlandığı ortaya konulmuştur (Zhou ve ark., 2008). Çukurova koşullarından benzer bitki rotasyonu uygulanması sonucu, 1. ve 2. ürün mısır hasadından sonra toprakta kalacak ve daha derinlere taşınabilecek azot buğday tarafından kullanılabilir.

Sonuçta, gübrelenen alanlarda azotun yıkanmasını anlamak; nitrat ve nitritin insan (Mansouri ve Lurie, 1993) ve hayvan sağlığına (Lewis, 1951) olan etkileri; su kaynaklarını kirleterek oluşacak ötrofikasyon (Justic ve ark., 1995; Rabalais ve ark., 1996), çiftçi gelirleri ve çevreye olan olumsuz etkileri açısından güncelliğini korumaktadır.

2.3. Bitkide Azot

Bitki dokularında besin elementleri bakımından en fazla bulunan element azot olup, ortalama %1-5' luk bir paya sahiptir (Bergmann, 1995). Bu nedenle bitkilerde hem en fazla noksanlığı görülen element, hem de en fazla gübrelenmesi yapılan element olarak bitki gelişiminin her döneminde önemini korumaktadır. Bitkiler için yaşamsal öneme sahip olan azotun amonyum ve nitrat formları, yüksek bitkilerin kökleri tarafından alınan inorganik azot kaynağıdır (Neeteson, 1990; Marschner, 1997; Prasaka ve Puttanna, 2000; Kaçar ve ark., 2006). Bunların bitki tarafından absorpsiyonu bitkinin çeşidi, türü, yaşı ve toprak koşulları (toprak pH' sı vb.),

toprağın özellikle su ile doygun olma veya olmama gibi durumlarına bağlıdır. Azot formları, kendi içerisinde bitkiler tarafından birinci derecede nitrat formunda, daha az oranlarda amonyum ve üreyi de içeren diğer bileşikler olarak absorbe olunur (Prasaka ve Puttanna, 2000; Güzel ve ark., 2002; Kaçar ve ark., 2006).

Yıllardır yapılan klasik bitki besleme ve gübreleme çalışmalarında çeşitli azot kaynaklarının özellikle de azotlu gübrelerin bitkisel üretimde ürün miktarı ve kalitesi üzerine etkileri çalışılmıştır (Ottman ve ark., 2000; Cox ve Cherney, 2001; Shapiro ve Wortmann, 2006). Yetiştirme koşulları ve yönetim sistemleri ne olursa olsun uygulanan N dozları genel olarak ve belli bir düzeye kadar verim de dahil tüm ürün parametrelerini arttırmıştır (Tisdale, ve ark., 1993). Öte yandan, aşırı gübreleme ile verim artmazken, toprakta kalan azot miktarı artmaktadır (Porter ve ark., 1996; Bhogal ve ark., 2000; Zhong, 2004; Liang ve ark., 2005). Buğday ve mısır gibi tek yıllık bitkilerde azotun anılan etkisi daha belirgin olarak görülmektedir (İbrikçi ve ark., 2000; Güzel ve ark., 2002; Büyük, 2006; Korkmaz ve ark., 2008; Ju ve ark., 2006). Azotun bitkiler tarafından kullanımında, bitkinin yaşı ve cinsi, gelişme dönemi, iklim ve toprak koşulları ile günümüzde küresel ısınma ile önemini daha da arttıran sulamanın etkisi çok önemlidir. Gerek yağışla, gerekse sulama ile toprağa verilen su, N formlarının özellikle de NO_3^- ' in bitki köklerine taşınmasında ve çoğu N formlarının çözünür hale gelmesinde etkili olmaktadır. Ancak, fazla su ve uygun olmayan sulama koşulları azotun yıkanmasını da beraberinde getirmekte ve istenmeyen bir koşul olarak karşımıza çıkmaktadır (Jenkinson, 2001).

Öte yandan, tarımsal üretimin sulu ve kuru koşullarda yapılması ve damla sulama veya fertigasyon uygulaması gübre uygulama dozunu ve gübre kayıplarını etkilemektedir. Genelde, N' un bitki kök bölgesine verilmesi (fertigasyonla veya banda), hem çiftçilik kârlılığı açısından hem de çevre ile gübre kayıpları açısından önemlidir.

2.4. Azot Kullanım Etkinliği

Bitkilerin N kullanım etkinliğinin bilinmesi uygun bir gübreleme programı kadar önemlidir. Moll (1982) tarafından detayları açıklanan N-etkinliği; "N kullanım

etkinliği” ve “N alım etkinliği” gibi alt gruplara ayrılmıştır. Ancak tüm bu etkinlik kavramlarının geliştirilmesi ve tarımda kullanılmalarının amacı azotun daha bilinçli, ekonomik ve dolayısıyla azaltılarak kullanılmasıdır. Matematiksel olarak da girdi/çıktı oranının farklı şekillerde tanımlanmasına dayanır (Baligar ve Bennett, 1986; Huggins ve Pan., 1993; Cassman ve ark., 2002).

Çeşitli ekosistemler ve bitkiler için belirlenen azot kullanım etkinlikleri (AKE) farklı değerlerde olsa da genelde %50’yi geçmemektedir (Eickhout ve ark., 2006). Bu değer örneğin hububatlar için %29-42 arasında kaydedilmiştir (Raun ve Johnson, 1999). Ma ve ark. (2009)’da Çin’de yapılan bir çalışmada gübre azotu kullanım etkinliğinin buğday, çeltik ve mısır için oldukça düşük olduğu rapor edilmektedir. Etkinliğin düşük olması, bitkisel/genetik faktörler kadar, tarımsal yönetim sistemleri ile de ilgilidir ve ayrıntılı çalışmalar gerektirmektedir. Gereğinden fazla kullanılan azotlu gübreler ve yıkanmanın fazlalığı AKE’ni azaltmaktadır (Li ve ark., 2007). Toprak bitki sisteminde azot kayıplarını azaltmak dolayısıyla N-etkinliğini arttırmak için rotasyon, baklagil çayır-mera bitkilerinin üretim sistemine dahil edilmesi, hibrit veya kültür çeşitlerinin kullanılması, uygun toprak işleme, azot kaynağı olarak NH_4 ’un kullanılması, zamanında ve yapraktan azotun uygulanması ve uygun sulamanın yapılması uygulanabilecek başlıca yaklaşımlardır (Raun ve Johnson, 1999). Sonuçta AKE’ nin artması, azotun çevreye olan kirlenici riskini azaltacaktır.

Azot kullanım etkinliği zamansal ve yersel olarak değişmektedir. Çin’de yapılan çok yıllık bir çalışmada 1980-2000 yılları arasındaki AKE ayrıntılı olarak çalışılmıştır (Liu ve ark., 2008). 1980-1990 yılları arasında AKE artarken, 1990-2000 yılları arasında kullanılan azotlu gübrelerin artışına bağlı olarak belirgin bir düşüş göstermiştir. Yüksek azot kayıpları ile oluşan düşük azot etkinliği, taban suyu kirliliğine, göl ve nehir sularının ötrofikasyonuna neden olmaktadır (Hatfield ve Prueger, 2004; Dobermann ve Cassmann, 2005).

Azot bütçesinin hesaplanması, çalışılan sistemdeki AKE’ni hesaplamada iyi bir yaklaşım olmakta ve ekosistemdeki azot durumunu yansıtmaktadır.

2.5. Suda Nitrat

Bu literatür çalışmasında anlatıldığı gibi, su kaynakları farklı düzeylerdeki nitrat kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Dünyanın birçok yerinde nitrat kirliliği su kalitesini etkileyen ana etken olup, sudaki yüksek nitrat konsantrasyonu çevre ve sağlık açısından risk oluşturmaktadır (Andraski ve Bundy, 2002).

Kirletici kaynaklar çok çeşitli olup, bunların başında insan faaliyetleri ve aşırı gübreleme gelmektedir (McLay ve ark., 2001; Cepuder ve Shukla, 2002; Visser ve ark., 2009). Tarım alanlarındaki aşırı azot uygulamaları, yeraltı suyunda artan nitrat konsantrasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır (Andraski ve ark., 2000; Byre ve ark., 2001; Mahvi ve ark., 2005). Taban sularındaki nitrat konsantrasyonunun artması, global bir risk oluşturmakta ve gün geçtikçe de artmaktadır. Son yıllarda yarı-kurak bölgelerde, taban suyu nitrat konsantrasyonunun arttığı kaydedilmiştir (Aranibar ve ark., 2003; Walvoord ve ark., 2003). Ancak nitratın topraktan taban suyuna yıkanmasında birçok faktörün etkili olduğu ve bunların tam olarak henüz anlaşılamadığı rapor edilmektedir (Verhagen, 1990; DeVries ve Simmers, 2002; Walvoord ve ark., 2003; Schwiede, 2007). Bu çalışmalarda, nitrat kirliliğinin yersel dağılımlarının etkileri de ayrıca vurgulanmaktadır (Stadler ve ark., 2008). Yarı kurak bölgelerde, su ile doymun olmayan katmandaki yüksek nitrat konsantrasyonunun zamanla taban suyuna karışabileceği ve bunun halihazırdaki arazi kullanımından etkilenebileceği; ancak, taban suyu kalitesini etkilemesinin de onlarca yıl alabileceği belirtilmektedir (Stadler ve ark., 2008).

Ürün deseni, taban suyu nitrat konsantrasyonunu etkileyen faktörlerden biridir. Örneğin; seralarda ve açıkta sebze üretimi sırasında aşırı gübreleme ve sulama uygulamaları taban suyu nitrat konsantrasyonunu 270 mg L^{-1} 'ye çıkarmıştır (Ju ve ark., 2006; Babiker ve ark., 2004). Özellikle sera sebzeleri yüzlek kök sistemine sahip oldukları için sulama sık yapılmaktadır, dolayısıyla taban suyuna yıkanma daha fazla olmaktadır (Ramos ve ark., 2002; Kraft ve Stites, 2003).

Taban suyu kirliliği, aşırı ve kontrolsüz azot gübresi kullanımı nedeniyle endişe vericidir. Nevşehir' de sulu koşullarda patates bitkisinden yüksek verim almak için 900 kg ha^{-1} a varan dozlarda azotlu gübre uygulaması yapılmaktadır. Ünlü ve

ark. (1999) Nevşehir’ de kurdukları bir arazi denemesinde ¹⁵N kullanarak suyun hareketini ve toprak-su-bitki sistemi içerisinde azot formlarının dağılımını ve yayılımını izlemişlerdir. Ayrıca sistem içerisinde azot döngüsünün detaylı dinamikleri incelenmiştir. Çalışma, uzun dönem model uygulamalarını ve LEACHN modelinin (LEACHN, versiyon 3) azot açısından doğruluğunu içermektedir. Uzun dönemli gübreleme ve sulama altındaki azot dinamiklerini model ile tahmin etmişler ve büyüme sezonu esnasında uygulanan amonyum azotunun yarısının nitrat azotuna dönüştüğünü ve artan azot ilaveleri ile bitki alım oranının azaldığını belirlemişlerdir. Yıkanmanın önemli ölçüde, toprak profili içerisinde kalan azot fraksiyonlarının ise az miktarda arttığını belirtmişlerdir. Uzun dönemli uygulamalarda, gübrelerin büyük bir bölümü bitki tarafından alınan değil de, artık azot olarak toprakta ilk yıldan sonra birikme eğilimi gösterdiği ve biriken artık azotun nitrat azotuna dönüştüğü ve hasattan sonraki ıslak dönemde toprak profilinden hızlı bir şekilde yıkandığı belirlenmiştir. Tarımsal birçok önlem alınsa da taban suyuna doğru yıkanma kaçınılmaz olmaktadır (Addiscot ve ark., 1991; Sankararamakrishnan ve ark., 2008). Artık azotun yıkanmasını azaltmak için gübre uygulamaları ve sulama zamanlamalarını, sıklıklarını ve dozlarını bitki gelişim dönemlerine ve toprağın hidrolik özelliklerine bağlı olarak önceden planlamak gerekmektedir (Ünlü ve ark., 1999).

Buğday-mısır rotasyonunun olduğu alanlarda yine aşırı gübrelemeden kaynaklanan derin taban suyu kirlenmesi söz konusudur. Ju ve ark. (2006)’ nın bildirdiği gibi 1.4 m derinliğinde olan taban suyunda nitrat konsantrasyonu 12-39 mg L⁻¹ düzeylerinde değişmiştir. Genelde taban suyu derinliği arttıkça, nitrat konsantrasyonu da azalmaktadır (Hudak, 1999; Liu ve ark., 2005a).

Kuyu sularının nitrat içeriklerinin araştırılması amacıyla Kaplan ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, Kumluca yöresindeki 20 kuyudan su örnekleri alındığı ve su örneklerinde EC, NO₃⁻ ve NH₄⁺ analizi yapıldığı ve bölgeye ait suların NO₃⁻ içeriklerinin 2.46-164.91 mg L⁻¹ arasında değiştiğinin görüldüğü belirtilmiştir. Yöredeki kuyu sularında NO₃⁻ kirlenmesinin çok önemli düzeye ulaştığı, 45 mg L⁻¹ olarak ele alınan sınır değerinin üzerinde NO₃⁻ içeren su örnekleri

oranının % 50 olduğu saptanmış ve özellikle bu kuyu sularının içilmesini önleyecek tedbirler alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Son yıllarda tarım alanlarından aşırı nitrat-azotunun (nitrat) taban suyunun yanısıra, yüzey sularına yıkanması da çevresel sorun yaratmaktadır (Van Eck, 1994; Olsthoorn ve Fong, 1998; Cepuder ve ark., 2005; Schilling ve Wolter, 2007). Dere ve nehirlere karışan su, besin elementi fazlalığına ve dolayısıyla ötrofikasyona neden olmaktadır (Addiscot ve ark., 1991; Rabalais ve ark., 1996; Dodds ve Welch, 2000).

Son on yılda tüm dünya çapında kıyı kesimlerde yaygın olarak görülen, suda oksijenin az olması (hipoksia) veya hiç olmaması (anoksia) yönünde, doğal yaşam alanlarında bozunma, besin ağında değişiklik, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve zararlı alglerin çok sık görülmesi ve bu alglerin bulunduğu bölgenin genişliğinin, bulunma süreçlerinin artması kıyıdaki ötrofikasyonun arttığının göstergesidir (Howarth ve ark., 2000; Boesch, 2002; Howarth, 2008). Kıyılarda çoğunlukla ötrofikasyonun artışına her ne kadar fosfor kirlenmesinin de katkısı olsa da ötrofikasyon daha çok N girdisinin artmasından kaynaklanmaktadır (Howarth ve ark., 2005; Howarth ve Marino, 2006).

Gübrelemenin fazla olması, toprak bünyesi, sulama koşulları ve sulama suyu nitrat konsantrasyonuna bağlı olarak, drenaj sularında ölçülen NO_3^- konsantrasyonu da oldukça yüksek olabilmektedir (Isidoro ve ark., 2006). Uygulanan azotlu gübrenin %30'a varan bir bölümü drenaja karışmaktadır (Lucey ve Goolsby, 1993; Isidoro ve ark., 2006)

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, GIS, çevresel özellikle de taban suyu kirlenmelerine ait olan verilerin işlenmesinde güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır (McLay ve ark., 2001; Praharaj ve ark., 2002; Babiker ve ark., 2004). Bu yolla, geniş alanlara ait veriler toplanmakta ve aynı değere sahip olan veriler karşılaştırılarak işlenebilmektedir (Bonham-Carter, 1996).

2.6. Çevresel Açıdan Azot

Avrupa Birliği azotun çevresel etkilerini azaltmak amacıyla iki önemli direktif yayınlamıştır. Birincisi, su kaynaklarındaki nitratı azaltmaya yönelik 1991

yılında yayınlanan “*Nitrate Directive*” (1991/69/EC), ikincisi yeraltı su kaynaklarını korumaya yönelik 2000 yılında yayınlanan “*The Water Framework Directive*” (2000/60/EC)’dir. Bu iki direktif zaman içerisinde birbirleri ile entegre olmuşlar (O’Shea ve Wade, 2009) ve su kaynaklarını korumak amacıyla alınan önlemlerin başında gübre kullanımının azaltılması gelmiştir.

Beş önemli faktör, azotlu gübrelerin çevreyi ve içme suyunu kirleterek potansiyel toksik etki yaratmasına neden olmaktadır; bunlar: (1) uygulanan gübre azotu formu, (2) bitkilerce azotun kullanım etkinliği, (3) su kaynaklarının kendi hareket ve yapıları, (4) toprakların su kaynakları ile olan ilişkileri ve (5) yöresel iklim koşulları ve sulama yöntemleridir (Lorenz, 1978; Akkurt ve ark., 2002).

Son yıllarda yeraltı ve yüzey sularında NO_3^- ’ in birikmesi ve bunun, çocuk sağlığı üzerindeki etkileri, tüm dünyaca dikkatle izlenen bir konu olmuştur (Fletcher, 1991). Küçük çocuklarda, kandaki hemoglobinin nitrit (NO_3^- ’ın indirgenmiş formu) aracılığı ile methemoglobine dönüşmesi, oksijenin kan tarafından vücut içerisinde taşınmasını engellemektedir. Cenin ve genç çocukları etkileyen methemoglobin adı verilen bu olay (veya mavi bebek sendromu) içme sularındaki aşırı nitratın etkisine bağlanmaktadır (Ray ve Jain, 1999). Sadece bununla kalmayıp, azotlu gübrelerin iklim değişmelerine, çevre kirlenmesine, insan ve hayvan sağlığı üzerine olan ciddi ve tehlikeli etkileri çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur (Keeney, 1982; Stevenson, 1986). Çoğu gelişmiş ülkelerde, azot kullanım etkinliğinin artırılması ve iyileştirilmesinin yanı sıra, yeraltı ve yüzey sularının NO_3^- ’ca kirlenmesi yönünde çalışmalar hızla yapılmakta olup, bunların ancak yöresel tarla ve sera denemeleriyle çözümlenebileceği vurgulanmaktadır (Bock ve Hergert, 1991).

Genelde su kaynakları için verilen nitrat kirlilik düzeyleri neredeyse evrensel olmuştur. Türk Standartları Enstitüsü (TSE 266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği’nin (EC) önerdiği değer 50 mg L^{-1} olarak kaydedilmiştir (TSE, 1997; WHO, 1998). Ancak, TSE ve EC kritik düzeyi 25 mg L^{-1} olarak vermektedir. Avrupa’da yapılan bir çalışmada tarım alanlarının %22’sinden alınan taban suyu örneklerinde nitrat konsantrasyonu Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suları için belirlenen $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ sınır değeri seviyesini geçmiştir (Laegreid ve ark., 1999).

İçme sularında oluşan yüksek nitrat konsantrasyonunun en önemli risklerinden biri insanlarda methomoglobin, gastrik kanser ve non-Hodgkin's lymphoma'dır (Merrington ve ark., 2002; Pavoni, 2003). Kişisel günlük nitrat alımının genelde başta sebzeler, içme suyu ve et ürünleri olmak üzere üç kaynaktan olduğu belirtilmektedir (Shao-ting ve ark., 2007).

Azotlu gübrelerin yüksek konsantrasyonu taze sebzelerde nitrat birikimine neden olarak kanserojen etki yapmaktadır. Almanya'da, dört yaşına kadar olan çocuklar için maksimum nitrat limiti taze sebzeler için $900 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ taze ağırlık, konserveler için $450 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$; bu yaştan daha büyükler için ise, bu sınırlar sırasıyla $1209 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ ve $1200 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Schütt, 1977; Allan ve ark., 1995; Shao-ting ve ark., 2007).

Su kaynaklarında yıkanmadan kaynaklanan azot konsantrasyonu genelde yerleşim alanlarında, tarımın ve gübre kullanımının yoğun olduğu alanlarda daha fazla olmaktadır (WHO, 1985; Rass ve ark., 1999; Nas ve Berktaş, 2006; Ju ve ark., 2006). İntensif tarım alanlarında da örneğin Ju ve ark. (2006)'nın bildirdiği gibi bitki deseni önemli olup, seralarda sebze yetiştirilen alanlardaki taban ve kuyu sularındaki nitrat konsantrasyonu daha fazla olmaktadır. Üretilen bitki ne olursa olsun, N girdisi genelde bitkinin gereksindiğinden daha fazla bulunmuştur. Toprak profilindeki nitratın varlığı ve serbest su hareketinin fazlalığı yıkanmanın birinci koşuludur. Sulama suyunun fazlalığı ve aşırı yağışlar nitratın profildeki hareketini kolaylaştırmaktadır (Ju ve ark., 2003).

2.7. Azot Bütçesi

Azot bütçesi, tarımsal ekosistem içerisinde azot girdi ve çıktılarını değerlendirerek, dolaşımını sayısallaştırmak için kullanılmaktadır (Ross ve ark., 2008). Azot bütçesini hesaplamak, çevre kirlenmesi, bitkisel üretim, çiftçi ekonomisi ve insan sağlığı açısından önemlidir (Barry ve ark., 1993; Pucket ve ark., 1999). Üzerinde çalışılan besin elementleri bütçeleri farklı yaklaşımlara göre geliştirilmişlerdir (Oenema ve Heinen, 1999; Watson ve Atkinson, 1999; Oborn ve ark., 2003). Bunlardan birincisi, verilen kimyasal ve organik gübreleri girdi olarak ve

bitki tarafından kaldırılanı da çıktı olarak değerlendiren “toprak yüzeyi bütçeleridir” (Ruiz ve ark., 2002). Diğeri ise “toprak sistemi bütçesi” olup, yüzey bütçesine ek olarak yıkanmayla oluşan elementin akışını ve denitrifikasyonunu da içine alan daha kapsamlı dinamik bir sistemi kapsamaktadır.

Bütçe çalışmaları, azot girdilerinin kaynağını ve kayıplarını bilmek, oluşabilecek potansiyel kirliliği de anlamak açısından önemlidir. Yapılan bütçe hesaplamalarında ve kullanılan parametrelerde belirsizlik söz konusu olmaktadır. Bu belirsizliğin nedenleri şöyle özetlenebilir: (i) birçok bütçe parametrelerinin seçimi literatürlere göre belirlenmiş ve bu parametreler kendi koşulları için geliştirilmiştir (Ammann ve ark., 2009), (2) özellikle “N kaynağı” ve “su kaynaklarına taşınım”la ilgili terim ve ögeler tam olarak belirlenememektedirler (Bao ve ark., 2006). Bu nedenle, lokasyona ait bütçe parametrelerinin ölçülmesi, başarılı bir bütçe hesaplaması için önemlidir (Ammann ve ark., 2009).

Hesaplanan veya üzerinde çalışılan azot bütçe denklemleri her ne kadar belirsizlik taşısa da; rakamsal somut bir değeri ortaya koymak açısından tek yol olup, yıllardır toprak, bitki, su ve ekosistem bazında farklı koşullar için geliştirilmiştir (Liu ve ark., 2003). Bu modellerin bazıları basit yaklaşımlara dayanırken (Howarth ve ark., 1996), bazıları da daha karmaşık ve kompleks parametreler ve varsayımlarla geliştirilmişlerdir (Ross ve ark., 2008; Ammann ve ark., 2009). Genelde, çalışılan alanın kompleksliği ve toprak-bitki-su-atmosfer faktörlerinin hesaba katılması bütçe hesaplamalarını zorlaştıran nedenler arasında sayılabilir.

Azot bütçeleri rakamsal olarak bir değer ortaya koymakla beraber, pratikte dikkate alınmaları çok yaygın değildir. Ju ve ark. (2006)’nın bildirdiği gibi yayım servisinin eksikliği ve kurumsal ve ekonomik zorluklar bütçesel rakamları çok da fazla kullanılır kılmamaktadır. Öte yandan, gübre azotunu fazlasıyla kullanan çiftçiler, ahır gübresi ve sulama suyundan gelen azotu dikkate almamaktadırlar. Ayrıca; uzmanlar tarafından da bu konuda yeterli öneriler yapılmamakta ve eğitici bilgiler verilmemektedir. Örneğin, sığ taban suyu ile sulanan sera bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda önemli miktarda azot sulama suyu ile sisteme girmektedir (Ju ve ark., 2006). Havza bazında yapılan bir çalışma da, toplam N girdilerinin %24 kadarının havzadaki su kaynaklarına karıştığı vurgulanmaktadır (McKee ve Eyre,

2000). Başta iklim ve birçok toprak faktörünün etkilediği toprakta azotun mineralizasyonu ve nitrifikasyonu bütçe oluşturmada önemli parametrelerdir (Richter ve Roelcke, 2000; Liu ve ark., 2003).

Başarı ile yürütülen azot bütçesi çalışmalarında, toplam N girdi ve çıktıları birbirlerine yakın bulunarak, uygulanan gübreleme programlarının ekolojik sürdürülebilirlik açısından yerinde olduğu vurgulanmıştır (Ventura ve ark., 2008). Ventura ve ark., (2008)'nin bütçe çalışmasında başlıca girdinin azotlu gübreler (Yoshikawa ve ark., 2008), çıktının ise ürünle kaldırılan olduğu belirtilmektedir. Örneğin; küçük boyutlu sulanabilir alanlarda N bütçesinin 30-85 kg N ha⁻¹ (Bechmann ve ark., 1998), mısır ve soyanın yoğun üretiminin yapıldığı Illinois'de 59-117 kg N ha⁻¹ (David ve ark., 1997) ve İspanya'nın Ebro Nehri ovasında ise 27-41 kg N ha⁻¹ (Isidoro ve ark., 2006) olduğu kaydedilmiştir.

Ventura ve ark. (2008)'nin iki yıllık çalışmalarında, azot çıktılarının biraz daha fazla olduğu, ancak bunun bitki büyümesinin azotça sınırlandırıldığı anlamına gelmeyeceği ve topraktaki N-mineralizasyonun önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Zougmore ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, azot bütçesinin negatif çıkmasının nedenleri olarak sorgum bitkisi tarafından kaldırılan ve erozyonla beraber topraktan olabilecek azot kayıplarının %43'e ulaştığı belirtilmektedir. Hatta bu miktarın 0-50 cm'lik toprak katmanında 90 kg N ha⁻¹ olabileceği kaydedilmektedir. Ancak yıllar içerisinde sistemden azotun yıllık bazda sürekli kaybolması, bitkisel üretimi etkilemesi açısından istenmeyen bir durum olmaktadır. Azot bütçesinin oluşturulması, gübre önerilerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi açısından da önemli olmaktadır (Neetson, 1990).

Azot bütçesinin oluşturulmasında model çalışmalarının önemli bir yeri vardır (Ferrant ve ark., 2009). Ancak, kullanılan parametrelerin literatür değerleri yerine denemeler sonucunda ölçülmüş değerler olması modelin başarısı açısından önemlidir. Sistem dinamiklerindeki örneğin iklim (örneğin günlük değişkenlikler) ve toprak değişkenlikleri de dahil olmak üzere birçok etmen modellerin doğruluğunu ve başarısını etkilemektedir (Durand ve Juan Torres, 1996; Durand, 2004; Ferrant ve ark., 2009). Durand (2004), tarafından geliştirilen azot modelinde zamansal değişimlerin model üzerine olan etkileri ayrıntılı olarak çalışılmış ve çeşitli

senaryolar geliştirilmiştir. Doğru verilerin eksikliği, tarımsal uygulamalar, sosyo-ekonomik kavramlar ve havza dinamikleri arasındaki ilişkiyi oluşturan bilgi eksikliği nedeniyle model çalışmalarının güçlüğü aynı araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Ayrıca, farklı azot-bütçesi modelleri aynı amaç için karşılaştırılmıştır. Örneğin, Fransa’da yapılan bir çalışmada SWAT ve TNT2 modelleri karşılaştırılmış ve TNT2’nin daha kompleks tarımsal senaryoların test edilmesinde başarı ile kullanılabileceği belirtilmiştir (Ferrant ve ark., 2009). Azot bütçesinin önemli parametreleri olan bitki tarafından azot alımı ve kök bölgesi altına nitratin yıkanması için NLEAP (Karaman ve ark., 2005) ve LEACHM (Alva ve ark., 2006) bilgisayar modelleri, azot kayıpları için Mixing modeli (Tiemeyer ve ark., 2008), azot hareketi için CAWAQS (The Catchment Water Quality Simulator) modeli (Flipo ve ark., 2007) ve su ve topraktaki azot durumu için WANISIM (Antonopoulos, 2001) başarı ile kullanılmıştır.

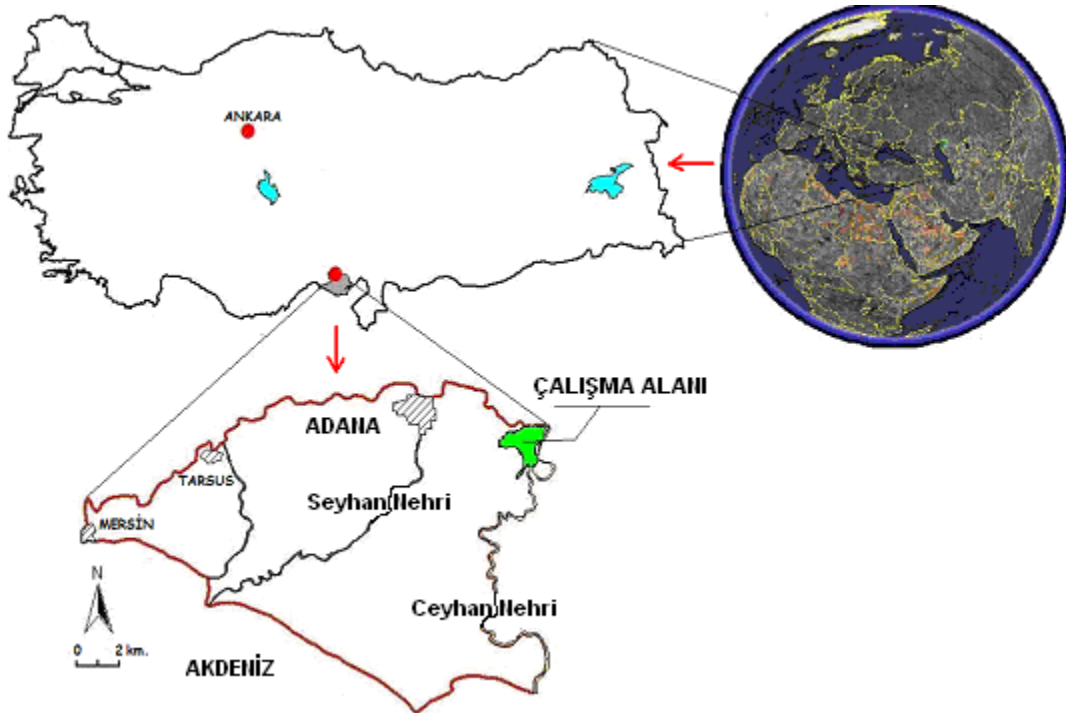
Bu literatür özetinin farklı bölümlerinde, azotun ekosistemdeki durumu, bitkisel üretimdeki yeri, çevre ve insan sağlığındaki rolü ve çiftçi ekonomisi açısından önemi genel hatları ile işlenmiştir. Anlaşıldığı gibi, tarımsal açıdan azotu bir bütün olarak işlemek ve anlamaya çalışmanın en uygun yolu, farklı amaçlara hitabeden “bütçe kavramlarını” geliştirmek ve çiftçinin kullanabileceği şekilde oluşturmak ve uygulamaya koymaktır. Bütçe öğelerinin çoğu literatürde genelleştirilmiş olsa da, bir grup parametre ve bütçe varsayımları araştırmanın amacına göre değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada, Akarsu Sulama Sahasında azot bütçesi oluşturularak özellikle bölgenin ürün deseninde %70’in üzerinde bir paya sahip olan buğday, 1. ve 2. ürün mısır bitkilerinin azot bütçesine ilişkin terimleri üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. Coğrafi Konum

Çalışma Aşağı Seyhan Ovası (ASO) sol sahil sulama alanında yer alan ve hidrolojik olarak “sınırları iyi tanımlanabilme” olanağı olan Akarsu Sulama Birliği sulama sahasında, 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 $36^{\circ} 51' 46''$ - $36^{\circ} 57' 00''$ kuzey enlemleri ve $35^{\circ} 24' 10''$ - $35^{\circ} 36' 34''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Çetin ve ark., 2008).



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Çalışma alanı Çukurova yöresinde, 213 000 ha'lık bir alan olan ASO'da toplam 9 495 ha'dır (Şekil 3.1). Söz konusu ovanın 174 088 ha'ı sulamaya uygun

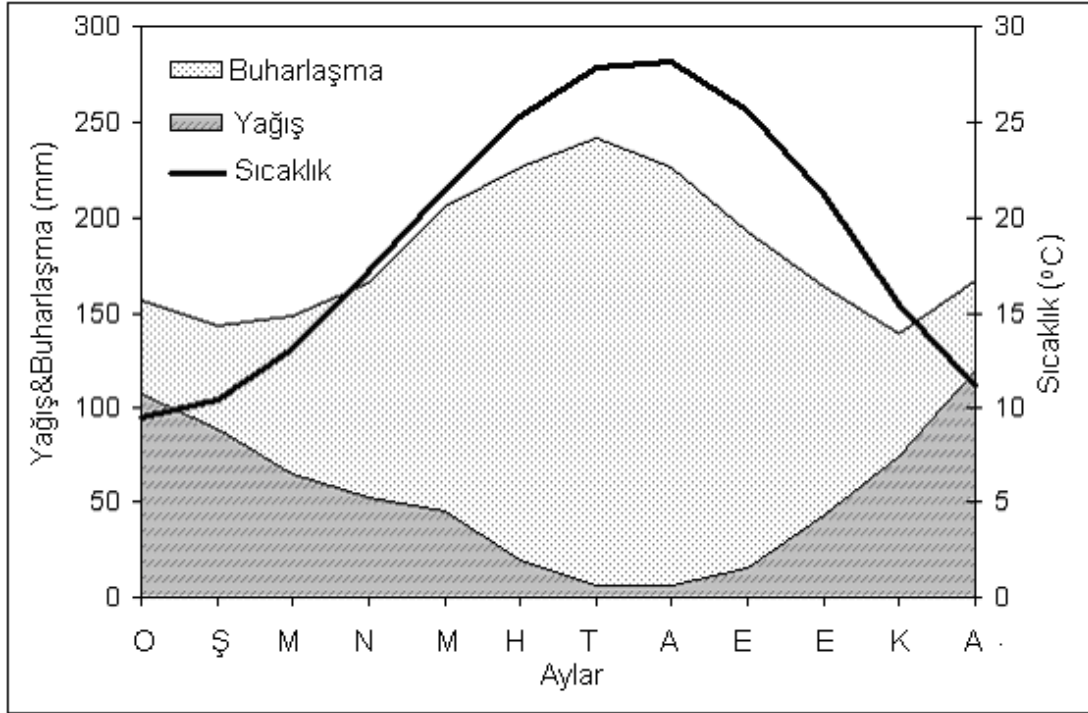
olup, sulanan alan 1960'dan 2002 yılına kadar 133 431 ha'a ulaşmıştır. Seyhan nehri ortalama yıllık 6.3 km^3 akış hacmi ile yüksek kalitede sulama suyu ($\text{EC} < 0.35 \text{ dS m}^{-1}$) sağlamaktadır.

3.1.2. İklim Özellikleri

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi hakimdir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde ve buharlaşmanın en az olduğu kış aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık $18.9 \text{ }^\circ\text{C}$, ortalama en yüksek sıcaklık $31.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ortalama en düşük sıcaklık ise $9.0 \text{ }^\circ\text{C}$ dir. Sıcaklık haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında en yüksek; aralık, ocak, şubat ve mart aylarında ise en düşük değerlere ulaşmaktadır (Kaman, 2007). 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. Bölgenin 2007 ve 2008 yıllarına ait minimum, maksimum ortalama sıcaklık değerleri ve yağış değerleri Çizelge 3.1'de ve araştırma alanına ait uzun yıllar aylık ortalama yağış, buharlaşma ve sıcaklık değişimleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Elde edilen bu değerler ve bitki su tüketiminin hesabına yönelik meteorolojik veriler çalışma alanının ağırlık merkezine yakın bir yere tesis edilmiş olan meteoroloji istasyonu (Şekil 3.5'de L8) kayıtlarından alınmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait iklim verileri (2007-2008 hidrolojik yılları)

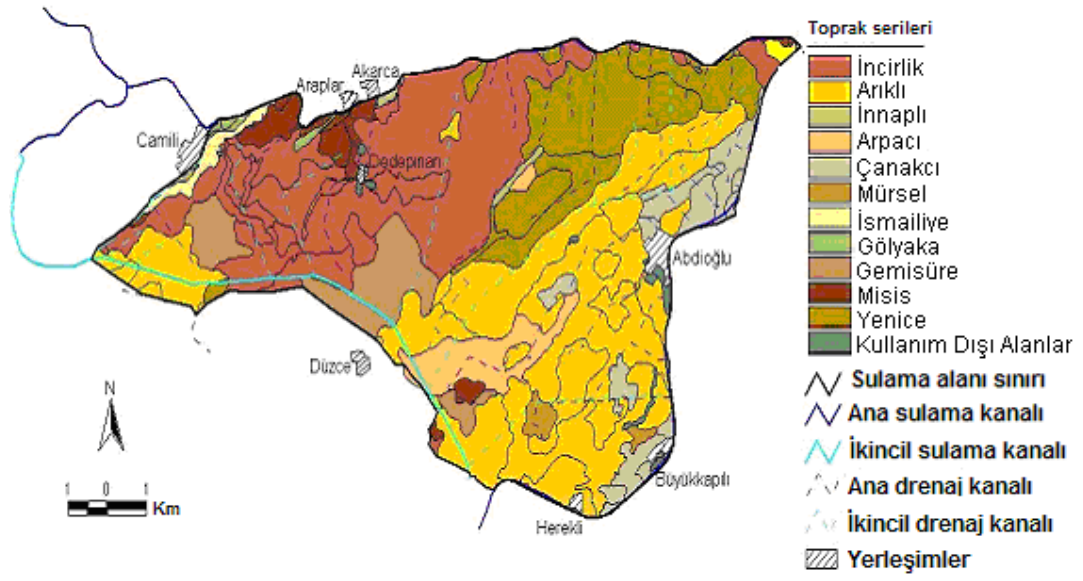
Hidrolojik su yılı	Aylar	Maksimum ortalama sıcaklık	Minimum ortalama sıcaklık	Aylık toplam yağış
	°C.....°C.....mm.....
2007	Ekim	25.37	13.73	112.6
	Kasım	21.31	5.92	132.6
	Aralık	17.79	1.53	0
	Ocak	16.42	0.67	42.4
	Şubat	17.04	5.96	149.4
	Mart	20.40	6.72	68.8
	Nisan	23.07	8.54	126.8
	Mayıs	30.40	16.12	29.4
	Haziran	32.53	18.18	13.8
	Temmuz	35.34	21.19	0.0
	Ağustos	34.76	20.09	0.0
	Eylül	34.21	17.33	0.0
Toplam		-	-	675.8
2008	Ekim	30.16	15.27	19.2
	Kasım	21.30	9.22	79.4
	Aralık	15.44	4.32	117.4
	Ocak	13.82	0.00	32.4
	Şubat	16.67	2.63	69.6
	Mart	22.85	8.97	51
	Nisan	26.51	10.83	5.6
	Mayıs	28.11	13.06	65.6
	Haziran	33.07	17.96	31.8
	Temmuz	34.32	21.84	0.0
	Ağustos	36.00	22.96	13.0
	Eylül	32.79	20.04	38.8
Toplam		-	-	523.8



Şekil 3.2. Çalışma alanına ait uzun yıllık yağış, buharlaşma ve sıcaklıkların aylara göre değişimi (Keskiner, 2008)

3.1.3. Toprak Özellikleri ve Yaygın Toprak Serileri

Çalışma alanında tanımlanmış toprak serilerinin dağılımları Şekil 3.3' de verilmiştir. Bölgede sulamanın yönetimi ve kontrolü için oluşturulmuş, Akarsu Sulama Birliğinin sahasındaki en yaygın toprak serileri Arıklı (%30), İncirlik (%27) ve Yenice (%14) serileridir. Bu üç toprak serisi tüm çalışma alanının %71'ini kaplamaktadır. Yayılımı en az olan toprak serileri ise; İsmailiye (%0.9), Gölyaka (%0.5) ve İnnaplı (%0.4) serileridir (Dinç ve ark., 1995). Yaygın toprak serilerinin özellikleri izleyen kısımlarda özetlenmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma alanının toprak serileri

Arıklı Serisi: Eski nehir teraslarının aluviyal depozitleri üzerinde gelişen bu seri toprakları, oldukça yüksek kil içeriğine sahiptirler. Dağılımı toplam alan içerisinde %30'dur. Kil içeriğine bağlı olarak kurak mevsimlerde en az 1 cm genişliğinde, derinliği 1 m'ye ulaşan çatlaklar oluşmaktadır. A-C horizonlu olan bu topraklar yüksek oranda kil içermektedir. Profillerinde az da olsa kireç hareketi görülmektedir.

Profil Tanımlaması

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.

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.

Profil Tanımlaması

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.

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

Profil Tanımlaması

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 sınır.
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 sınır.
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 sınır.
C	92-118	Sarımsı kahverengi (10YR 5/6) nemli; kil; masif; dağınık nemli, yapışkan plastik yaş; kireçli; 0.2-0.3 mm çaplı çakıllar.

(Dinç ve ark., 1995)

3.1.4. Ürün Deseni

Çalışma alanına ait ürün deseni yıldan yıla pazar ve ekim koşullarına göre zorunlu olarak çeşitlilik göstermiştir (Çizelge 3.2).

Bitki çeşitliliği açısından oldukça zengin olan çalışma alanında, narenciye en önemli kültür bitkisi konumundadır. Ayrıca, buğday ile 1. ve 2. ürün kültür bitkileri de yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bitki deseninin belirlenebilmesi amacıyla bitkilere ait yansıma değerlerinin bilinmesi gereklidir. Her iki deneme yılında da Akarsu Sulama Sahası'nda bitki deseninde meydana gelen değişiklikler bitki gelişme dönemleri de dikkate alınarak 01/04/2007-19/07/2007 ve 25/04/2008-14/07/2008

tarikhlerinde çekimi gerçekleştirilmiş toplam 4 adet ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) görüntüsü kullanılarak belirlenmiştir. Coğrafi düzeltmelerde ve arazi çalışmalarında araştırma alanına ait 4 adet 1/25 000 ölçekli orijinal topoğrafik haritalardan (Mersin O34-b2, b3 ve Mersin O35 a1, a4) yararlanılmıştır. Çalışmanın temelini oluşturan ve altlık olarak kullanılan 6 adet 1/5 000 ölçekli parselasyon haritası Akarsu ve Çotlu Sulama Birliği'nden alınmıştır. Koordinat sistemine oturtulan parselasyon haritası üzerindeki bütün parseller Arcview 3.2 ortamında sayısallaştırılarak daha sonra yapılacak arazi kontrolleri için gerekli altlık olarak hazır duruma getirilmiştir. Arazi çalışmalarında ASTER uydusuna ait VNIR (Görülebilir Yakın Kızılötesi) bant aralığı kullanılmıştır. Bu bantta, 0.52- 0.86 µm aralığındaki yansımalar bulunmaktadır. Çalışma alanına ait parselasyon haritaları ve topoğrafik haritalar tarayıcıdan taratılıp Arcview 3.2 ortamında sayısallaştırılmıştır. 01/04/2007 tarihli ASTER Uydu görüntüsünün coğrafik düzeltmesi ERDAS 8.4 ortamında topoğrafik haritalar kullanılarak yapılmış daha önce sayısallaştırılan parselasyon haritaları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında bitki yoğunluğunun olduğu alanlara ait görüntülerin çıktısı alınarak arazide yer gerçeği kontrolleri yapılmıştır. Arazide belirlenen bitki çeşitleri ve çeşitlerin tespit edildiği parsellerin koordinatları GPS kullanılarak belirlenmiştir. Olası bitki çeşitlerini gösteren bütün parsel koordinatları tek tek gezilerek GPS ile belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Arazi kontrolleri sonrasında bitkilere ait veri bankası oluşturulmuş ve NDVI yöntemine göre bitkilerin yansıma değerleri belirlenmiştir. ERDAS 8.4 ortamında yapılan NDVI işleminde Denklem 3.1'e göre uydu görüntülerine işlemler uygulanmıştır.

$$NDVI = \frac{NIR - Gr}{NIR + Gr} \quad (3.1.)$$

Buradan;

NDVI: Normalize edilmiş bitki indeksini,

NIR: Yakın kızıl ötesi boyunu (µm),

Gr: Yeşil bantı ((µm) göstermektedir.

Kontroller sonrasında bitki türleri belirlenerek her bitkinin kapladığı toplam alan belirlenmiş ve bitki deseni haritası (Öztekın, 2009) çıkarılmıştır.

Çizelge 3.2. Aşağı Seyhan Ovasında fiilen sulanan alanlardaki bitkilerin yıllara göre ekim oranları (Çetin ve Özcan, 1999)

Bitkiler	Hedeflenen	1964	1974	1985	1995	2000	2007*	2008*
Buğday	13	-	0.6	2.9	1.0	0.04	18.9	17.7
Sebze	15	-	0.3	1.1	2.0	2.82	-	0.3
Kavun ve Karpuz	1	-	0.6	7.4	5.0	4.66	1.9	0.5
Pamuk	35	94	96.5	50.3	35.0	9.98	8.0	8.5
1. ürün mısır	-	-	0.1	9.0	40.0	56.43	41.9	39.6
2. ürün mısır	-	-	-	-	-	5.22	6.0	1.3
Narenciye	8	1.0	1.0	2.7	10.0	11.28	21.6	29.2
Meyveler	-	2.0	0.4-	5.9	6.0	4.58	-	-
Baklagiller (soya)	-	-	-	17.6	-	1.44	-	-
Yer fıstığı	3	-	-	-	-	0.85	0.8	-
Soğan ve sarımsak	-	-	-	-	-	0.59	-	-
Yonca	20	-	-	-	-	0.04	-	-
Pirinç	5	1.0	0.4	1.4	-	-	-	-
Diğerleri	-	2.0	-	1.7	1.0	2.07	-	2.9
TOPLAM	100	100	100	100	100	100	-	-

*2007 ve 2008 yılları için veriler sadece bu çalışma kapsamında proje raporlarından alınmıştır. (FP6, QUALIWATER Projesi, <http://www.iamz.ciheam.org/qualiwater/contenidos/reports.htm>).

Çalışma alanında yüksek taban suyu nedeniyle ürünlerden yüksek verim alınmaması ana sorundur (FP6, QUALIWATER Projesi, 2006-2009 yılları raporları)

3.1.5. Uygulanan Azotlu Gübre Dozları

Çalışma alanındaki buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkilerine yetiştirme dönemleri içerisinde çiftçiler tarafından toprağa uygulanan N' lu gübre dozları ve gübrenin uygulandığı dönemler Çizelge 3.3.'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. 2007 ve 2008 yılları buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısırın yetiştirme dönemleri içerisinde bitkiye topraktan uygulanan gübre miktarları

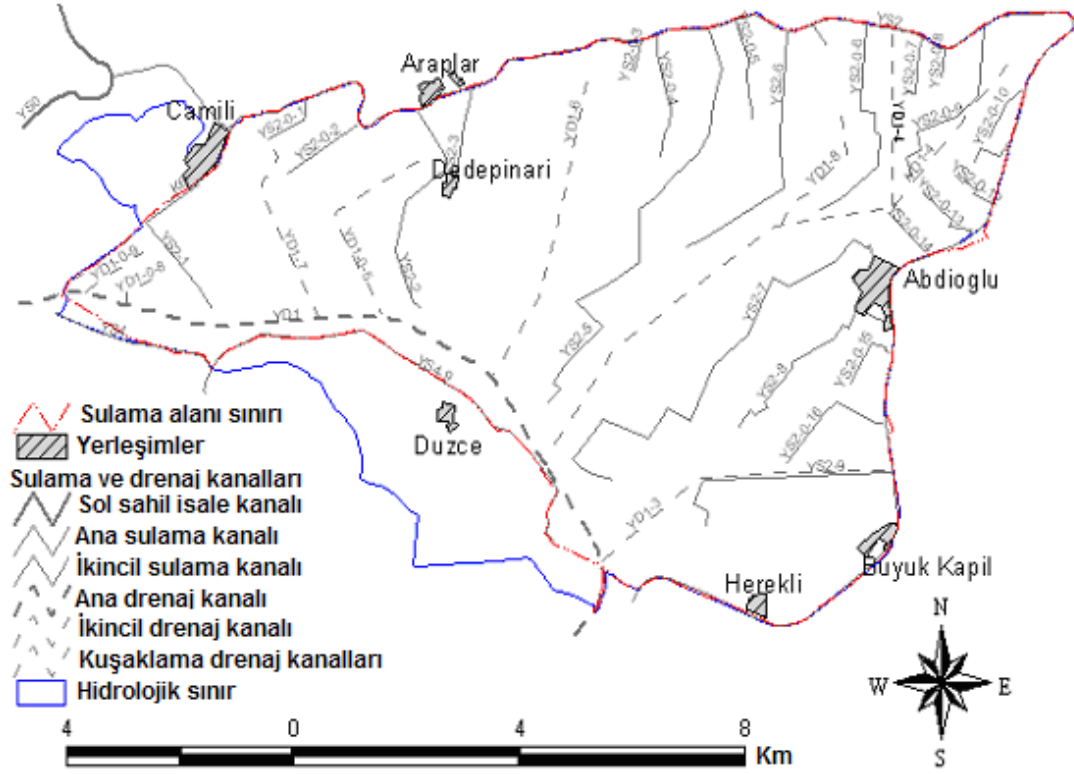
Bitki Türü	Gübre N Dozu *	
	(kg ha ⁻¹)	
	2007	2008
Buğday		
Ekim	65	65
Kardeşlenme	65	65
Sapa kalkma	65	65
Toplam	195	195
1. ürün mısır		
Ekim	170	170
7-8 yaprak	170	170
Toplam	340	340
2. ürün mısır		
Ekim	162.5	162.5
7-8 yaprak	162.2	162.5
Toplam	325	325

* Uygulanan azotlu gübre miktarları çiftçiler arasında yapılan anket çalışmaları sonucunda belirlenmiştir.

3.1.6. Sulama Koşulları

Çalışma alanındaki sulama ve drenaj şebekesi 1994 yılına kadar DSİ tarafından işletilmiştir. Şebeke 1994 yılında Akarsu Sulama Birliğine devredilmiş

olup, bakım ve onarım faaliyetleri Sulama Birliği'nin sorumluluğu altındadır. Sahanın genel vaziyet planı Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Akarsu Sulama Birliği Sahası genel vaziyet planı

3.1.7. Sulama ve Drenaj Akım Gözlem İstasyonları

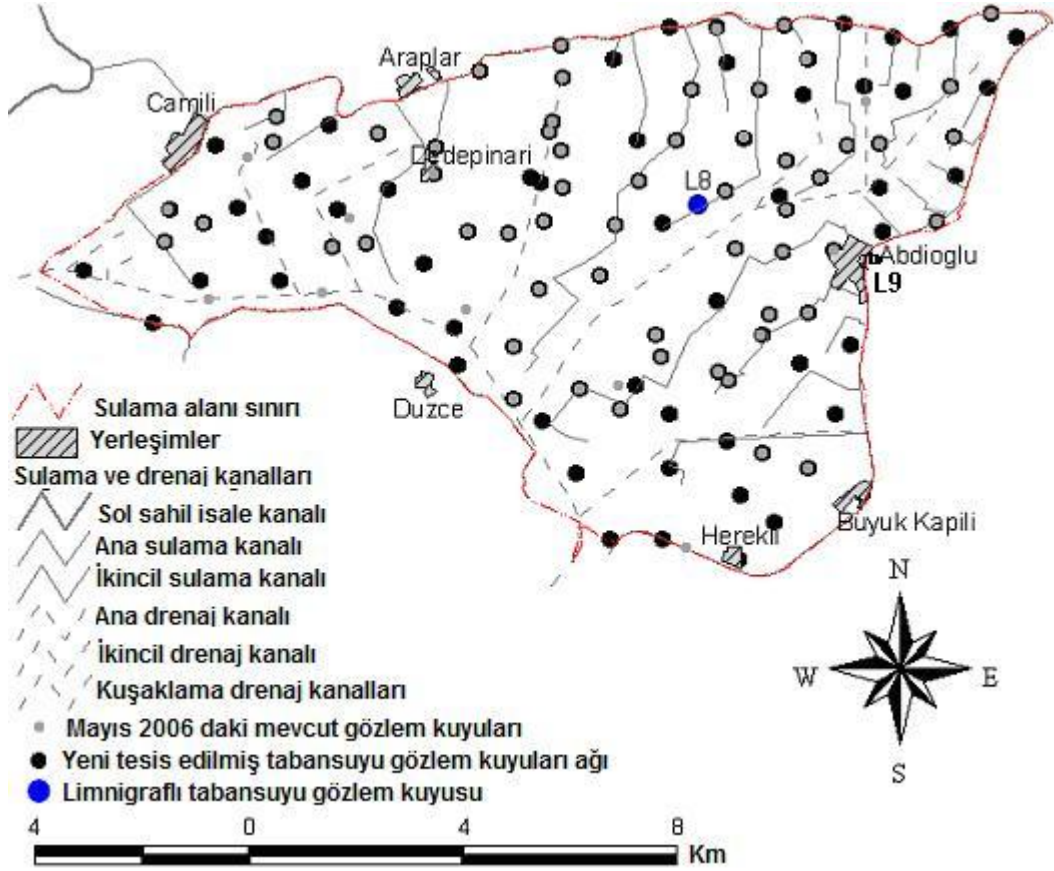
Araştırma alanına sulama ve drenaj kanalları ile giren ($L3$, $L6$, $L7$, $L9$; $L2$, $L11$) ve çıkan ($L5$; $L4$) su miktarlarının ölçülmesi için sulama kanalları üzerine beş adet, drenaj kanalları üzerine üç adet *akım gözlem istasyonu (AGİ)* tesis edilmiş (Şekil 3.5, Çizelge 3.5); giren ve çıkan akımlar saatlik olarak ölçülerek, dikkate alınan kesitteki derinlikleri otomatik kaydediciler (limnograflar) kullanılarak 2007 ve 2008 hidrolojik yılında saatlik olarak ölçülmüştür. Sulama kanallarındaki tüm *AGİ*lerden ve drenaj kanallarındaki iki adet su giriş noktasından ($L2$, $L11$) haftada bir kez; drenaj havzasının çıkış noktasına tesis edilen *AGİ*den ($L4$) ise otomatik örnekleyici kullanılarak on iki saatte bir su örnekleri alınmıştır. Hidrolojik yılın başında ve sonunda; yağışlı (ocak-şubat) ve sulamanın en yoğun olduğu (temmuz-ağustos)

Çizelge 3.5. Limnigrafların kurulduğu yerler ve koordinatları

Simgesi	Koordinat		Yeri
	X (m)	Y (m)	
L2	714242	4087973	YD1- K7 kesişimi
L3	716793	4086760	YS4-9 kanaleti başı
L4	723561	4082764	YD1 Ana Drenaj kanalı Çotlu köprüsü
L5	724387	4083114	YS2 Ana Sulama Kanalı Çotlu rampası
L6	715096	4091562	YS2 Ana Sulama Kanalı başı
L7	723291	4092090	YS1 kanaleti sonunda
L8	725840	4089152	Drenaj gözlem kuyusu
L9	728820	4087855	Ceyhan Nehri üzerinde Abdioğlu pompa istasyonu
L11	723612	4082887	Saha dışı drenaj girişi

3.1.8. Taban Suyu Gözlem Ağı

Çalışma alanında, taban suyu dalgalanmalarını belirlemek amacıyla, toprak profilinin durumuna göre 3-4 m derinliğe kadar el burgusu ile taban suyu gözlem kuyuları tesis edilmiştir. Toplam 108 adet drenaj gözlem kuyusu (Şekil 3.6) taban suyu örneklemede kullanılmış ve bu kuyulardan hidrolojik yıl (1 Ekim-30 Eylül) esas alınarak alınan su örneklerinin nitrat analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışma alanında taban suyu gözlem kuyularının dağılımı

3.2. Örneklemeler ve Parametre Ölçümleri /Analizler

3.2.1. Toprak Örneklemesi ve Analizleri

Toprak verimliliği ve gübreleme açısından toprağın özellikle mineral azot içeriğinin bilinmesi gerekir. Kavram olarak mineral azot, toprakta etkili kök derinliğindeki $NO_3^- - N$ ve $NH_4^+ - N$ toplamına eşit ve bitki kökünün hemen alabileceği form olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, ekim öncesinde ve hasat sonrasında toprak profilinde ölçülen mineral azot, hem bitki yetiştiriciliği hem de azotun topraktaki hareketi ve yıkanması açısından önemli olmaktadır. Bu bağlamda ölçülen $NO_3^- - N$ ve $NH_4^+ - N$ u azot bütçesinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Toprak serilerini ve çiftçi tarlalarını temsil edecek şekilde, 2007 yılında toplam 18 adet buğday, 54 adet 1.ürün mısır ve 53 adet 2. ürün mısır tarlasından;

2008 yılında ise toplam 36 adet buğday, 56 adet 1.ürün mısır ve 21 adet 2. ürün mısır tarlasından toprak ve bitki örneklemeleri yapılmış ve koordinatları GPS kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örnekleri ekimden hemen önce ve hasattan hemen sonra olmak üzere 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinden (etkili kök derinliği dikkate alınarak) alınmıştır. Toprak örneklerinin alınma zamanları ve örnekleme amaçları ayrıntılı olarak Çizelge 3.6'da verilmiştir. Her bir çiftçi tarlasının farklı noktalarından alınan toprak örnekleri her bir katman için karıştırılarak kimyasal analizler için alt örnekler alınmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler, mikrobiyal faaliyeti önlemek amacıyla birkaç damla toluen ile muamele edilerek, analizleri yapılmaya kadar soğuk odada +4 °C'de saklanmıştır. Toprak örnekleri doğal nem koşulları bozulmadan NO_3^- ve NH_4^- için analiz edilmişlerdir (Fabig ve ark., 1978).

Çizelge 3.6. Toprak örnekleme zamanı ve örnekleme amacı

Aylar* (2006-2008)	Örnekleme amacı
Kasım başı	0-90 cm toprak derinliğinden buğday ekim öncesinde toprak örnekleme
Mart	Birinci ürün mısır için etkili kök derinliğinden toprak örneklerinin alınması.
Haziran	1. Buğday hasadı sonunda toprak profilinde kalan azot belirlenmesi, 2. İkinci ürün mısır için toprakta başlangıç azotunun saptanması
Ağustos	Birinci ürün mısır hasatından sonra toprakta kalan azotun saptanması
Kasım	İkinci ürün mısır hasatından sonra toprakta kalan azotun saptanması

* Örnekleme 2006-2007 ve 2007-2008 hidrolojik yıllarında yapılmıştır.

3.2.2. Bitki Örnekleme ve Analizleri

Buğday, 1. ürün ve 2. ürün mısır bitki örnekleri toprak örneklemelemlerinin yapıldığı tarlaların aynı noktalarından, GPS kullanılarak alınmıştır. Bitki biomasının ve tanelerin tamamen olgunlaştığı dönem hasat zamanı olarak alınmış ve bu dönemden sonra bitkinin herhangi bir besin elementi almadığı kabul edilmiştir.

Buğday örnekleme genelinde haziran ayı başında, 1x1 m boyutlarında ahşaptan yapılmış örnekleme kasnakları kullanılarak yapılmış; mısır bitkileri ise 1 m uzunluğunda ahşap çubuklar kullanılarak söz konusu tarlanın toprak örnekleme yapılan yerlerinden sıra üzerlerinden alınmıştır. Toprak yüzeyinden makasla kesilen bitki örnekleri daha sonra seraya getirilerek açıkta hava kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Bitki örnekleri buğday için biyomas ve başak; mısır için ise biyomas ve koçan olarak ayrılıp ayrı ayrı tartılmıştır. Her bir tarlaya ait olan alt örnek rakamlarının ortalaması alınarak, o tarlanın ilgili değeri olarak kullanılmıştır. Bitki tarafından kaldırılan N miktarının belirlenmesinde örneklerin kuru ağırlıklarının bilinmesi gereklidir. Bu amaçla hava kuru örneklerden alınan alt örnekler 65 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş (Walsh ve Beaton, 1973) ve içerdikleri nem miktarı belirlenmiştir. Daha sonra tüm örneklerin kuru ağırlıkları alt örneklerden belirlenen nem oranına göre düzeltilerek hesaplanmıştır.

Kurutulan bitki ve tane örnekleri 0.5 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve uygun miktarda alt örnek alınarak N analizleri için cam saklama kaplarına konulmuştur. Öğütülmüş örneklerden 0.200 g alınarak Kjehdahl yöntemine göre yaş yakma işlemine tabi tutulmuş, daha sonra destilasyon ve titrasyon işlemlerinden geçirilerek bitki ve tane için % N ölçümleri yapılmıştır (Bremner, 1965).

3.2.3. Su Örnekleme ve Analizleri

3.2.3.1. Sulama Suyu Örnekleme

Her iki hidrolojik yıl içerisinde de sulama suyu örneklemelemleri çalışma alanına giren L3, L5, L6, L7 ve L9 (Şekil 3.5) limnigraflarından haftalık olarak yapılmıştır. Alınan örnekler analize hazırlanmak üzere laboratuvara getirilerek önce laboratuvar

kayıt defterine kaydedilmiş ve daha sonra mavi bant filtre kağıdından huni yardımıyla temiz plastik şişelere süzölmüş, ya hemen nitrat analizi yapılmış ya da daha sonra analizi yapılmak üzere soğuk odada (+4 °C) bekletilmiştir. Su örneklerindeki NO_3^- analizleri Standard Methods (1998) yöntemine göre yapılmıştır.

3.2.3.2. Taban Suyu Örnekleme

Taban suyu örnekleri çalışma alanından 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında her iki yıl içinde ayrı ayrı ekim, ocak, şubat, mayıs ve temmuz aylarında 108 adet taban suyu gözlem kuyusundan (Şekil 3.7) el pompası yardımı ile alınmıştır. Nitrat analizleri yapılmak üzere laboratuvara getirilen su örneklerinin laboratuvar kayıtları yapılarak mavi bant filtre kağıdı yardımıyla ya hemen süzölerek kimyasal analize hazırlanmış ya da soğuk odada (+4 °C'de) veya buzdolabında kısa bir süre için bekletilmiştir. Sularda nitrat analizleri Standard Methods (1998)'a göre yapılmış, elde edilen ekstraktlarda nitrat ölçümleri spektrofotometre kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır.



Şekil 3.7. El pompası yardımıyla taban suyu gözlem kuyusundan taban suyu örnekleme

3.2.3.3. Yağmur Suyu Örnekleme

Yağmur suyu örnekleri, çalışma alanında kurulmuş olan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Yağmur suyunun hem miktarı, hem de alınan örneklerinde NO_3^- konsantrasyonu Standard Methods (1998)'e göre ölçülmüştür.

3.2.3.4. Drenaj Suyu

Drenaj kanalı, taban suyu ve yağışla beslendiği için, bütçe formülü içerisinde de ayrıca drenajla çıkan nitrata yönelik herhangi bir terim bulunmamaktadır bunun yerine taban suyundan drenaja katkı hesabı yapılmıştır.

Her bir bitkinin ekili olduğu alanlardaki taban suyu sistemindeki $kg\ ha^{-1}$ olarak nitrat yükü hesaplanmıştır. Bu yükler dikkate alınarak drenaj kanalı (L4) çıkış noktasındaki nitrat yükleri bölümlendirilmiş ve her bir bitkinin ekili olduğu alanlardan taban suyundan drenaja olan nitrat katkısı belirlenmiştir. Çalışmada drenaj yükleri direkt olarak kullanılmamıştır.

3.3. Azot Bütçesi

Yukarıdaki bölümlerde toprak, bitki ve su örneklerinin alınması, analizlerinin yapılması ve ilgili terimlerin hesaplamasına ilişkin ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Söz konusu olan veriler/terimler bu tez konusu olarak ölçülmeye çalışılan “azot bütçesi”nde kullanılmıştır. Bütçe hesaplamaları her bitki ve yıllar için ayrı ayrı hesaplanmış olup, toplam 6 hesaplama yapılmıştır.

Bu araştırmada kullanılan genel azot bütçe denklemi:

$$(N_g + N_{ss} + N_y + N_{tp0} + N_{is0}) - (N_b + N_{tpb} + N_{ish} + N_{isd}) = \pm N_k \quad (3.2.)$$

Denklem 3.2 ile verilen bütçe denklemi; girdiler ve çıktılar olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır.

Bütçe Girdileri:

N_g : Çalışma alanında dikkate alınan bitkilere uygulanan azot miktarını (kg N ha⁻¹),

N_{ss} : Bitkilerin yetişme süresinde sulama suyu ile ortama giren azotu (kg N ha⁻¹),

N_y : İlgili bitki alanına yağışla giren azotu (kg N ha⁻¹),

N_{tp_0} : Dikkate alınan bitkinin yetişme döneminde toprak profilinde (etkili kök derinliği) ekim öncesinde bulunan mineral azotu ($NO_3^- - N + NH_4^+ - N$) (kg N ha⁻¹),

N_{ts_0} : Her bitki için üretim başlangıcında taban suyundaki N miktarını (kg N ha⁻¹)

Bütçe Çıktıları:

N_{tp_h} : Dikkate alınan bitki için hasat sonunda toprakta kalan mineral azotu (kg N ha⁻¹),

N_b : Bitkiler tarafından kaldırılan azot miktarını (kg N ha⁻¹),

N_{tsh} : Bitkilerin ekili olduğu alanlarda hasat sonunda taban suyunda kalan azot miktarını (kg N ha⁻¹),

N_{tsd} : Bitkilerin ekili olduğu alandan yetiştirme süreci içerisinde taban suyu ile alandan çıkan azot miktarını (kg N ha⁻¹),

N_k : Her bitki için sistemdeki azot miktarındaki değişimi (kg N ha⁻¹) göstermektedir.

Drenaj suyu olarak, taban suyu dolayısıyla onun drenaja karışımı ve yüzey akışı kastedilmektedir. Ancak, yağışla oluşan yüzey akışı bu çalışmada gözardı

edilmiş ve taban suyundan karışım drenaj ve drenajla çıkan olarak değerlendirilmiştir.

3.4. Girdi ve Çıktı Terimlerinin Hesaplanması

3.4.1. Bitkilerce Kaldırılan Azot

Bitki ve tane ile kaldırılan azot ayrı ayrı olmak üzere;

$$N_{bk} = Bitki_{KM} \times \%N \quad (3.3)$$

$$N_{tk} = Tane_{KM} \times \%N \quad (3.4)$$

$$N_k = N_{bk} + N_{tk} \quad (3.5)$$

Burada;

N_{bk} : Bitki üst aksamınca kaldırılan (kg N ha^{-1});

$Bitki_{KM}$: Kuru biomas (toprak üstü aksam),

N_{tk} : Tane ile kaldırılan N (kg N ha^{-1})

$Tane_{KM}$: Tane ağırlığı (kg ha^{-1}),

$\%N$: Bitki dokularındaki azot içeriği,

N_k : Bitkice kaldırılan (üst aksam + tane) toplam azotu (kg ha^{-1}) göstermektedir.

3.4.2. Sulama Suyu Miktarı ve N Yüğü

Çalışma alanına giren toplam sulama suyu miktarları tarihlere göre Sulama Birliğı kayıtlarından mm olarak alınmıştır. Sulama suyu ile tüm çalışma alanına giren azot miktarı belirlenirken, hidrolojik yıl içerisinde alana giren net sulama suyu miktarı (mm)

$$Q_{inet} = Q_{ss} - Q_{by-pass} \quad (3.6)$$

formülü kullanılarak hesaplanmış ve daha sonra birimi m^3 olacak şekilde çevrim yapılmıştır.

Burada;

Q_{ss} = Sahaya sulama suyu olarak saptırılan su miktarı (mm),

$Q_{by-pass}$ = Araziye hiç girmeden ve sulamada kullanılmadan doğrudan drenaj kanalına çevrilen su miktarı (mm).

Bu hesaplama ile, her iki sulama yılı içinde çalışma alanına tüm bitkiler için giren toplam net sulama suyu miktarı bulunmuştur (Q_{inet} , mm).

Daha sonra, her iki hidrolojik yıl kendi içerisinde 10 günlük peryotlara bölünmüş ve havzada yetişen bitkiler için, belirli olan sulama suyu tarihleri ve miktarları (mm) kullanılarak bir hidrolojik yıl içerisinde ekimi yapılan buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır, narenciye, pamuk ve diğerler bitkiler için ayrı ayrı işlenmiştir. Birimleri mm cinsinden olan her bitki için işlenmiş olan sulama suyu değerlerinin 10 günlük peryottaki toplamaları Denklem 3.7'den hesaplanmış, Denklem 3.8 kullanılarak da toplam sulama suyu miktarı m^3 'e çevrilmiştir.

$$Q_{t10(mm)} = \sum_{i=1}^r U_i \quad (3.7)$$

Burada;

$Q_{t10(mm)}$ = 10 gün içerisinde çalışma alanına giren sulama suyu miktarı toplamı (mm)

$\sum_{i=1}^r U_i$ = Bir hidrolojik yıl içerisinde alanda ekimi yapılan ve hali hazırda üretimi devam eden bitkiler için çevrilmiş olan toplam sulama suyu miktarını (mm) göstermektedir.

r = Dikkate alınan bitki sayısını göstermektedir.

Belirlenen 10 günlük süreç için sahaya çevrilen su miktarı m^3 olarak şöyle hesaplanır:

$$Q_{t10(m^3)} = Q_{t10(mm)} * k * A \quad (3.8)$$

Burada;

$Q_{t10(mm)} = 10$ gün için mm cinsinden alana tüm bitkiler için çevrilen su miktarı (mm),

$k =$ çevirme faktörü,

$A =$ Toplam alan (9 495 ha)' dır

Çalışma alanına tüm bitkiler için çevrilen toplam net sulama suyunun, dikkate alınan bitkinin ekili alanına giren miktarını bulabilmek için, toplam miktar içerisinde ilgili bitkinin (buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır) oranı 10 günlük periyotlar için Denklem 3.9 kullanılarak bulunmuştur. Elde edilecek rakamların güvenilirliği, doğruluğu ve hassaslığı açısından 10 günlük veriler üzerinden işlem yapılmıştır.

$$Y_i = \frac{U_{i(m^3)}}{Q_{t10(m^3)}} \times 100 \quad (3.9)$$

Burada;

$Y_i =$ Çalışma alanına tüm bitkiler için çevrilen toplam net sulama suyunun, dikkate alınan i bitkisi için kullanılan kısmını (%),

$U_{i(m^3)} =$ Çalışma alanında 10 günlük periyotta, i bitkisi için kullanılan sulama suyu miktarını (m^3) göstermektedir.

Çalışma alanında ilgili bitki için çevrilmiş olan net sulama suyunu bulabilmek için Denklem 3.10 kullanılmıştır.

$$B_{it10} = Y_i \times Q_{t10(mm)} \quad (3.10)$$

Burada;

B_{it10} = i bitkisinin ekili olduğu alanlara 10 günlük peryotta çevrilmiş olan net sulama suyu miktarını göstermektedir.

Sulama suyu ile giren NO_3^- miktarını bulmak için, öncelikle yukarıda ayrıntısı verilen su hesapları yapılmıştır.

Kimyasal analizlerle ölçülen sulama suyunun debi ile ağırlıklandırılmış günlük NO_3^- konsantrasyonları ($C_{inetbar}$, $mg L^{-1}$) yine 10 günlük ortalamalar şeklinde alınmış ve Denklem 3.11 kullanılarak 10 günlük peryotta çalışma alanına giren toplam nitrat yükü ($kg NO_3^- ha^{-1}$) olarak hesaplanmıştır.

$$B_{it10(NO_3^-)} = (Q_{t10(m^3)} \times k \times C_{inetbar t10}) / A_{bi} \quad (3.11)$$

Burada;

$B_{it10(NO_3^-)}$ = İlgili bitki için 10 günlük peryotta çalışma alanına giren toplam nitrat yükünü ($kg NO_3 ha^{-1}$),

k = çevrim faktörünü,

$C_{inetbar t10}$ = 10 gün içerisinde alana giren NO_3^- konsantrasyonu ortalamasını ($mg L^{-1}$),

A_{bi} = Çalışma alanında ilgili bitkinin ekili olduğu toplam alanı (ha) göstermektedir.

Her bir bitkinin yetiştirme periyodu 10'ar günlük peryotlara bölünmüştür. Bu 10 günlük peryotlardaki (ilgili bitkinin gelişim süresince örneğin; 1. ürün mısır için 167 gün gibi) giren NO_3^- yükleri, Denklem 3.12 kullanılarak toplanmıştır. Sonuçta, o bitki için bir ha alana sulama suyu ile giren toplam NO_3^- miktarı ($kg NO_3^- ha^{-1}$) bulunmuştur. Daha sonra, nitrat değeri $NO_3^- - N'$ a çevirmek için 4.43 faktörüne bölünmüştür.

$$N_s = \sum Q_{t10NO_3^- - N_{bitki}} \quad (3.12)$$

3.4.3. Taban Suyu Miktarı ve N Yüğü

Taban suyu örneklerinin nitrat içerikleri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak haritalanmıştır. Bu amaçla, taban suyu gözlem kuyularının koordinatları GPS kullanılarak arazide belirlenmiştir. Haritalamada, ters uzaklık (IDW) yöntemi kullanılmıştır. Nitrat haritalarının oluşturulmasında izlenen sıra ve IDW yöntemi ile kullanılan parametreler Çetin ve ark. (2009) tarafından yapılmış olan bir çalışmadan alınmış olup ve adı geçen çalışmada detayları ayrıntılı bir şekilde verilmiş, burada detaylara değinilmemiştir. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarının, taban suyu NO_3^- konsantrasyonunun zamansal ve mekansal (yersel) dağılımı ocak, şubat, mayıs, temmuz ve ekim ayları için ayrı ayrı haritalanmıştır.

Belirli bir dönemde, 0-3 m katmanındaki mevcut taban suyu sistemindeki azot miktarındaki değışimin belirlenmesinde taban suyu derinliğindeki dalgalanma ve taban suyu nitrat konsantrasyonu değışimi esas alınmıştır. Dikkate alınan taban suyu sistemindeki (0-3 m katmanı), taban suyunda bulunan NO_3^- miktarı ($kg ha^{-1}$) porozite haritası, taban suyu derinlik haritası ve taban suyu nitrat haritalarının ($mg L^{-1}$ olarak) CBS ortamında matematiksel işleme alınmasıyla bulunmuştur. Bitki deseni haritası ile elde edilen taban suyu nitrat haritası ($kg NO_3^- ha^{-1}$) CBS ortamında “overlay” tekniğı ile ekstrakt edilerek yeni bir harita elde edilmiş ve bu haritanın zonal istatistiklerinden, her bir bitkinin ekili olduğu alanlardaki ortalama taban suyu nitrat değeri $kg NO_3^- ha^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Havza çıkışındaki net nitrat yükü için ilgili harita sonuçları ve hidrograf ayırım tekniğı ile yapılan bölümlendirme Çetin ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır. Bu harita ile taban suyu nitrat haritası işleme sokularak taban suyundaki nitrat değeri bilgisayar ortamında $kg ha^{-1}$ biriminden elde edilmiştir. Elde edilen değeri haritaların oluşturulduğu iki yılın Ekim, Ocak, Şubat, Mayıs ve Temmuz aylarına aittir. Bu aylara ait taban suyu nitrat değeri temel değeri olarak kullanılmıştır. Bu değeri buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır ekim ve hasat dönemleri göz önüne alınarak ve ilgili bitkiler için ayrı ayrı ekili alanlardan çıkan taban suyu sistemindeki toplam NO_3^- ($kg NO_3^- ha^{-1}$) miktarı hesaplanmıştır. Böylece, ekim ve hasat dönemlerinde taban suyu sisteminde

bulunan NO_3^- ortaya konulmuştur. Hesaplamalar, 10' ar günlük periyotlar için yapılmış ve doğrusal enterpolasyonla zaman yüzdeleri esas alınarak ara değerler tamamlanmıştır.

Bu hesaplamalar ekim ve hasat tarihleri için ayrı ayrı yapılarak ilgili bitki periyodunda dönemsel olarak ekim öncesi (N_{ts0}) ve hasattaki (N_{ts_h}) NO_3^- miktarları bulunmuştur. Hesaplamalarda toprak yüzeyinden itibaren 3 m derinlerdeki bir katman esas alınmıştır.

Ekim ve hasat dönemleri arasındaki taban suyundaki NO_3^- değişimi ise yine yukarıda elde edilen temel değerler kullanılarak hesaplanmış ve bütçe içinde bir terim olarak daha ilerideki formüllerde kullanılmıştır. Temel değerler sadece taban suyunun arazideki genel örneklemesine ait olduğu için ara değerler yukarıdaki işlemde olduğu gibi doğrusal enterpolasyon ile zaman yüzdeleri esas alınarak tamamlanmıştır. Ara değerlerin hesaplaması yine hassaslık açısından 10 günlük dönemler olarak yapılmıştır.

Bu temel değerlerden, denklem 3.13 kullanılarak her bitkinin taban suyuna olan NO_3^- katkısı 10 günlük olarak alan bazında (NO_3^- kg ha⁻¹ gün⁻¹) bulunmuştur. Aynı denklem kullanılarak diğer bitkilerin de (pamuk, narenciye, sebzeler ve diğerleri) alan olarak taban suyuna katkıları hesaplanmıştır.

$$Q_{ts10(b)} = N_{ts(10)} \times A_b \quad (3.13)$$

Burada;

$Q_{ts10(b)}$ = Her bitkinin 10 günlük olarak taban suyuna olan katkısını (NO_3^- kg ha⁻¹ 10 gün⁻¹),

$N_{ts(10)}$ = İlgili bitkinin ekili alanlarından taban suyu sistemiyle çıkan NO_3^- 'ı
{kg (10 gün)⁻¹}

A_b = Ele alınan dönemdeki mevcut bitkinin toplam alanını (ha) göstermektedir.

Bu denklem, söz konusu dönemde yetişen ve alanı bilinen her bitkinin katkısının hesabında kullanılmıştır.

Denklem 3.14 kullanılarak tüm alanlardan taban suyu ile sistemden çıkan toplam NO_3^- miktarı bulunmuştur (ilgili bitkilerin yetişme döneminde alanda hangi bitki var ise formüldeki diğerleri kısmına o bitki ile değerler eklenerek hesaplama yapılmıştır.

$$B_{t10NO_3} = \sum_{i=1}^r Q_{tsNO_3 i} \quad (3.14)$$

Burada;

B_{ts10NO_3} : 10 günlük dönem için çalışma alanından tüm bitkilerin taban suyu sisteminden drenaja olan NO_3^- yükü katkısını ($kg NO_3^- ha^{-1}$),

$Q_{tsNO_3 i}$: i bitkisinin ekili olduğu alanlardan taban suyunun drenaja olan NO_3^- yükü katkısını,

r = Dikkate alınan bitki sayısını göstermektedir.

Bu toplam içerisinde ilgili bitkilerin ekili olduğu alanlardaki taban suyu sisteminden drenaja olan NO_3^- yükü katkı oranı Y_b Denklem 3.15 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Y_b = \frac{Q_{ts10(b)}}{\sum B_{t10NO_3}} \quad (3.15)$$

Burada;

$Q_{ts10(b)}$ = 10 günlük periyotta taban suyu ile alandan i bitkisinin üretim alanından çıkan NO_3^- miktarı,

$\sum B_{t10NO_3}$ = 10 günlük periyotta o dönemde alanda ekili olan tüm bitkilerin alanından çıkan NO_3^- miktarını göstermektedir.

Günlük olarak taban suyu örneklerinde yapılan kimyasal analizler sonucu elde edilmiş olan nitrat değerleri 10 günlük periyotlarda ilgili bitkilerin yetişme

dönemlerinde taban suyu ile akıp giden NO_3^- miktarını ($N_{tsb(10)}$) ($kg NO_3^- ha^{-1}$) bulabilmek için toplanmıştır. Ve bu değerler ile ilgili bitkinin 10 gün içerisindeki oranı çarpılarak bitkinin ekim alanından taban suyu ile ana drenaja olan katkısı denklem 3.16 kullanılarak bulunmuştur.

$$N_{tsb} = N_{tsb(10)} \times Y_b \quad (3.16)$$

Burada;

$N_{tsb(10)}$ = 10 günlük periyotlarda çalışma alanında ilgili bitkinin ekim alanından taban suyundan drenaja olan NO_3^- katkısıdır.

Elde edilen 10 günlük periyotlardaki değerler Denklem 3.16 kullanılarak (bitkilerin ekim hasat dönemleri göz önüne alınarak) toplanmış ve her bitki için alandan taban suyuna katkı ayrı ayrı $kg ha^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Ve sonuç 4.43' e bölünerek $kg NO_3^- - N$ olarak bulunmuştur.

3.4.4. Yağmur Suyu N Yükü

Her iki hidrolojik yıl için de, yağmur suyu nitrat konsantrasyonları bilgisayar ortamında 10 günlük periyotlara bölünerek bu 10 günlük periyotlar içerisindeki NO_3^- değerleri toplanmış ve denklem 1 kullanılarak ilgili bitkinin ekim ve hasat dönemleri göz önüne alınarak buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır bitkilerinin yetişme dönemlerinde çalışma alanına yağışla giren NO_3^- miktarı $kg NO_3^- ha^{-1}$ olarak bulunmuş ve sonuç 4.43 katsayısına bölünerek $NO_3^- -N$ olarak hesaplanmıştır.

$$N_y = \sum N_{y10NO_3^-} / A$$

Burada;

$\sum N_{y10NO_3^-}$ = 10 günlük dönemlerdeki yağış miktarı NO_3^- toplamını ($kg ha^{-1}$),

A = Çalışma alanını (9 495 ha) göstermektedir.

3.5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Analizler sonucunda elde edilen toprak, bitki ve su analiz değerleri, bitki deseni bazında araştırılan bitkilerin ekili toplam alanına çevrilerek, bütçe formülü yardımıyla olası sistem kayıpları hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Buğday, 1. ve 2. ürün mısır bitkilerinin 2007 ve 2008 yıllarında Akarsu Sulama Birliği alanı içinde azot bütçesine olan katkılarını belirlemek amacıyla ölçülen toprak, bitki, su ve yağışa ilişkin terimlerin rakamsal değerleri verilmiş ve bütçe üzerine olan etkileri aşağıdaki bölümlerde ayrıntıları ile tartışılmıştır.

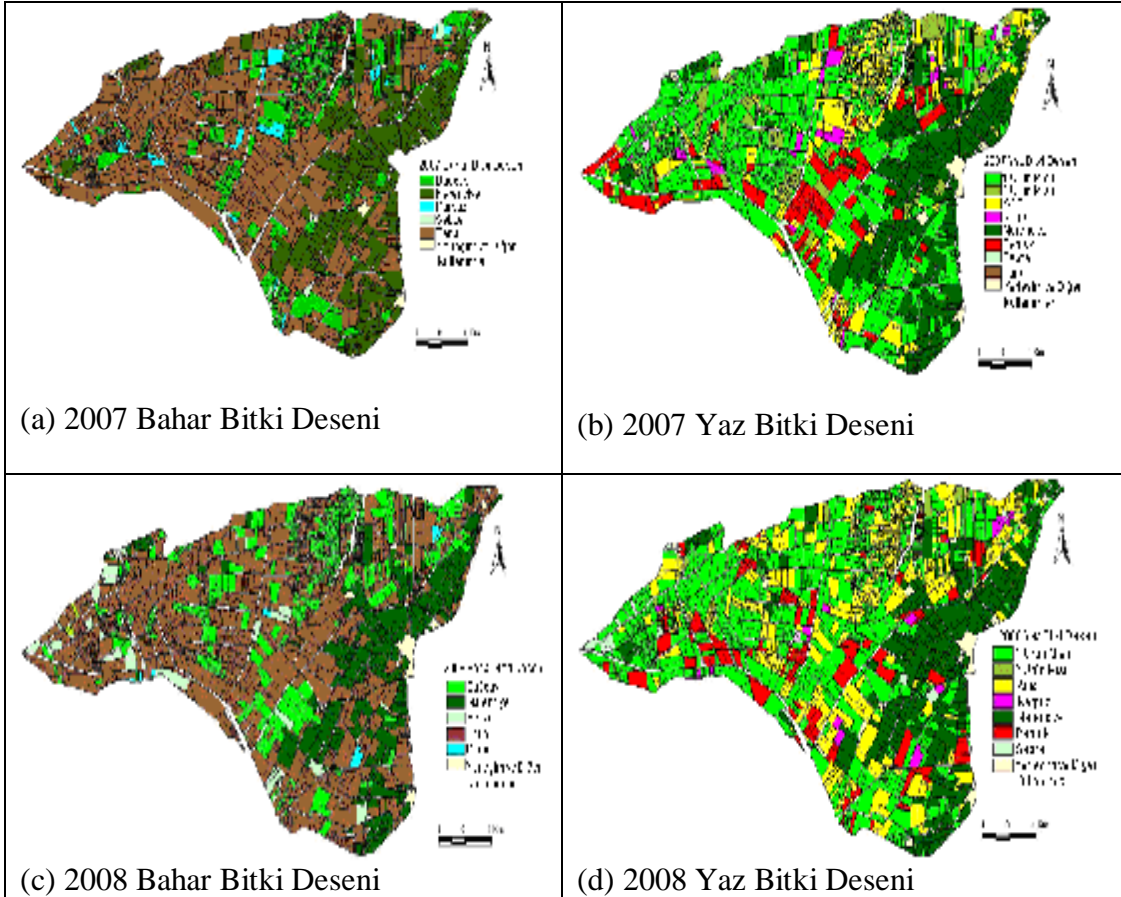
4.1. Bitki Deseni

Çalışma alanının 2007 ve 2008 yıllarına ait bitki deseni belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Yaklaşık olarak, 2007 yılında tüm alanın %70'inde, 2008 yılında ise %60'ında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkileri yetiştirilmiştir. Bu üç bitkiye uygulanan gübre miktarları da fazla olduğu için, N bütçesine olan katkıları da o ölçüde büyük olmaktadır. Buğday ekim alanındaki düşüş, 2008 hidrolojik yılında buğday ekim döneminde sıcaklığın mevsim normallerinin üzerinde olması ve yağışın az olmasından dolayı, tam anlamı ile çimlenme olmamış ve çoğu çiftçi ekim yaptığı buğday tarlalarını tekrar sürmek zorunda kalmasından kaynaklanmıştır. İkinci ürün mısır %5.4'den 2008 yılında %1.3'e düşmüştür, bunun en büyük nedeni, son yıllardaki sulama, hastalık ve zararlılarla mücadele zorluğu ve yemlik mısır fiyatının düşmesi olmuştur. Bunların dışında en büyük paya %25.8 ve 29.18 ile narenciye ve %8.9 ve 8.5 ile pamuk sahip olmuştur.

Çizelge 4.1. 2007-2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanındaki bitkilerin alansal dağılımları

Bitkiler	Kıpladığı alan (ha) ve %' si	
	2007 yılı	2008 yılı
Buğday	34.1 (3237 8 ha)	17.7 (1680 9 ha)
Narenciye	25.8 (2449 7 ha)	29.18 (2771 1 ha)
1.ürün mısır	29.2 (2772 5 ha)	39.58 (3758 6 ha)
2. ürün mısır	5.4 (512.7 ha)	1.33 (127.1 ha)
Pamuk	8.9 (845.1 ha)	8.46 (803.4 ha)
Kavun	1.3 (123.4 ha)	0.51 (48.8 ha)
Sebzeler	0.3 (28.5 ha)	-
Diğerleri	0.4 (38.0 ha)	4.55 (432.2 ha)

Yıllara göre değişen bitki deseninin alansal dağılımları yazlık ve kışlık olarak geliştirilmiş ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Narenciye yetiştirilen alanlar hariç olmak üzere, buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır da dahil olmak üzere diğer bitkiler tüm alana rastgele olarak yayılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanına ait bahar ve yaz aylarındaki bitki desenleri

4.2. Toprakta Mineral Azot

Toprak verimliliği ve N gübrelemesi açısından, toprağın özellikle mineral azot içeriğinin bilinmesi gerekir. Kavram olarak mineral azot, toprakta etkili kök derinliğindeki $NO_3^- - N$ ve $NH_4^+ - N$ toplamına eşit ve bitki kökünün hemen alabileceği form olarak kabul edilmektedir (Wehrmann ve Scharpf, 1979; Neeteson, 1995; Wehrmann ve Scharpf, 1986). Bu nedenle, ekim öncesinde ve hasat sonrasında toprak profilinde ölçülen mineral azot, hem bitki yetiştiriciliği hem de azotun

topraktaki hareketi ve yıkanması açısından önemli olmaktadır. Bu bağlamda, ölçülen $NO_3^- - N$ 'u ve $NH_4^+ - N$ 'u azot bütçesinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Her üç bitki için de, ekim öncesi ve hasat sonunda, toprak profilinin farklı katmanlarında ölçülen NO_3^- , NH_4^+ mineral azot ölçümleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. 2007 yılında, tüm sulama havzasını ve toprak serilerini temsil edici şekilde seçilen toplam 18 adet buğday tarlasındaki NO_3^- konsantrasyon ölçümleri 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinde gerçekleştirilmiştir. Buğday alanlarında ekim öncesi değerler etkili kök derinliğinde (0-90 cm) 0.6-44.2 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ilk iki katmandaki konsantrasyon hemen hemen aynı düzeyde ölçülmüştür. 60-90 cm toprak derinliğinde ise hızlı bir düşüşle 0.6-5.9 mg kg⁻¹ düzeyine gerilemiştir (Çizelge 4.2). Bir önceki yılda üretilen buğday ve 1. veya 2. ürün mısır bitkilerinden sonra toprakta kalan N çeşitli dönüşüm mekanizmaları ile ortamda bulunan NO_3^- konsantrasyonu ilk iki katmanda artış göstermiştir. Nitrat, doğası gereği yıkanabilir formda olsa da, buradaki yıkanma veya daha alt katmanlara taşınma toprak bünyesinin tüm havza bazında killi olması nedeniyle beklenenin altında gerçekleşmiştir. Ayrıca, buğday ekim öncesinde yağışlı bir dönemin olmaması da nitratin derinlere yıkanmasını engellemiştir. Bu dönemdeki ortalama değerler ilk iki katmanda 23 mg kg⁻¹ iken, alt katmanda 3.9 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Toprak bünyesine, yağış ve sulama koşullarına bağlı olarak NO_3^- 'ın daha çok üst katmanlarda bulunması çeşitli araştırmacılar tarafından da ortaya konulmuştur (Liu ve ark., 2003; Delgado ve ark., 2006). Buğday ekim öncesinde toprak profilinde bulunan bu değerler, daha önce Adana ve çevresinde buğday ve mısır bitkileri ile yapılan gübreleme çalışmalarında da aynı düzeyde bulunmuştur (İbrikçi ve ark., 2001). Son yıllarda yapılan bölgesel çalışmalara göre, toprak profilinde ekim öncesinde belli bir düzeyde $NO_3^- - N$ 'u bulunmakta ve bu düzey bazı dalgalanmalar gösterse de dengede kalıcılık eğilimini korumaktadır.

Buğday hasadı sonrasında ise (Haziran, 2007), yine yüksek konsantrasyonlar ilk iki katmanda bulunurken, 60-90 cm derinliğinde bir düşüş gözlenmektedir. Hem ekim öncesi hem de ekim sonrasında, üst katmanlardaki yüksek nitrat

konsantrasyonları dikkat çekmektedir. On sekiz tarlanın ortalama değerleri, ekim öncesi verilere benzerlik göstermektedir. Dolayısıyla buğdaya uygulanan azot ya bitki tarafından kullanılmış ya da sistemin kendi dengesi içerisinde form deęiőtirmiőtir.

2007 yılında örnekleme yapılan 54 adet mısır tarlasındaki ekim öncesi maksimum NO_3^- değerleri ilk iki katmanda 160.6 ve 130.5 mg kg^{-1} değerlerine ulaősa da ortalama değerler buğday alanlarındaki ortalamalara benzerlik göstermektedir. Ortalama nitrat değerleri 0-30 cm toprak katmanında 19.7 ve 30-60 cm katmanında ise 30.5 mg kg^{-1} olup, 60-90 cm derinliğinde 4.2 mg kg^{-1} olmuştur. Hasat sonundaki ortalama değerler ise yüzey katmanından itibaren sırasıyla 32.5, 24.8 ve 4.8 mg kg^{-1} olarak kaydedilmiştir (izelge 4.2).

Çizelge 4.2. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarında örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$) değerleri

Tarih	Örnekleme dönemi	Örneklenen tarla sayısı	Toprak derinliği (cm)	NO_3^- konsantrasyonları*	Ortalama NO_3^- değerleri
Kasım, 2006	Buğday ekim öncesi	18	0-30	3.0-44.2	23.5±12.6
			30-60	3.8-40.9	23.3±10.7
			60-90	0.6-5.9	3.9±1.7
Haziran, 2007	Buğday hasat	18	0-30	1.6-86.3	20.5±21.8
			30-60	8.3-119.0	23.8±26.4
			60-90	1.2-17.1	3.7±3.7
Mart, 2007	1. ürün mısır ekim öncesi	54	0-30	5.1-160.6	19.7±22.3
			30-60	6.5-130.5	30.5±22.3
			60-90	1.0-22.0	4.2±3.3
Ağustos, 2007	1. ürün mısır hasat	54	0-30	3.1-164.9	32.5±35.6
			30-60	3.7-175.0	24.8±33.4
			60-90	0.7-25.3	4.7±5.2
Temmuz, 2007	1. ürün mısır ekim öncesi	57	0-30	5.3-233.8	37.4±37.8
			30-60	4.0-178.5	36.0±40.8
			60-90	1.0-26.3	6.1±5.7
Kasım, 2007	2. ürün mısır hasat	57	0-30	3.4-252.5	35.9±34.4
			30-60	4.9-189.7	34.0±37.4
			60-90	1.7-36.8	5.7±5.5

* Konsantrasyonların minimum ve maksimum değerlerini, dolayısıyla verilerin değişim aralığını, \pm ler ise verilerin standart sapmalarını göstermektedir.

İkinci ürün mısır alanlarında ise hem ekim öncesi hem de hasat sonrası profildeki NO_3^- değerlerinde artış gözlenmektedir. Ekim öncesi ve sonrasında 0-30 ve 30-60 cm derinliklerindeki ortalama değerler 36.0 – 37.4 $mg\ kg^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Buğday hasadı sonunda toprakta kalan azot ve kısa süre içinde de olsa anızın bir parçalanma süreci geçirmesi, 2. ürün mısır alanlarında ekim öncesinde NO_3^- değerlerinin özellikle ilk iki katmanda yükselmesinin nedeni olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.3. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NH_4^+ ($mg\ kg^{-1}$) değerleri

Tarih	Örnekleme dönemi	Örneklenen tarla sayısı	Toprak derinliği (cm)	NH_4^+ konsantrasyonları*	Ortalama NH_4^+ değerleri
Kasım, 2006	Buğday ekim öncesi	18	0-30	1.2-9.6	5.1±2.52
			30-60	2.9-11.3	5.9±2.2
			60-90	0.4-1.4	0.9±0.3
Haziran, 2007	Buğday hasat	18	0-30	0.2-3.5	1.4±1.0
			30-60	0.8-8.2	2.4±1.7
			60-90	0.1-0.8	0.3±0.2
Mart, 2007	1. ürün mısır ekim öncesi	54	0-30	0.3-9.6	3.9±2.4
			30-60	0.3-12.2	4.5±2.3
			60-90	0.1-1.7	0.7±0.4
Ağustos, 2007	1. ürün mısır hasat	54	0-30	0.3-8.1	2.4±1.3
			30-60	0.01-8.5	2.4±1.3
			60-90	0.1-0.9	0.4±0.2
Temmuz, 2007	2. ürün mısır ekim öncesi	57	0-30	1.29-36.41	5.22±5.7
			30-60	1.42-66.09	5.47±8.7
			60-90	0.40-7.06	0.89±1.0
Kasım, 2007	2. ürün mısır hasat	57	0-30	1.55-16.45	6.37±4.3
			30-60	1.66-6.77	4.01±1.4
			60-90	0.30-1.73	0.87±0.4

* 2007 yılında söz konusu bitkisel alanlarda ölçülen NH_4^+ değerleri, \pm ler ise verilerin standart sapmalarını göstermektedir.

NH_4^+ değerleri, NO_3^- değerlerine göre oldukça düşük bulunmuştur. Bitkiler (buğday, 1. ve 2. ürün mısır) ve derinlikler bazında ortalama NH_4^+ değerleri 0.3 ile 6.4 $mg\ kg^{-1}$ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.3). Özellikle 2. ürün mısır alanlarında hem ekim öncesinde hem de hasat sonunda NH_4^+ konsantrasyonları daha yüksek bulunmuş olup, NO_3^- konsantrasyonlarının fazlalığı ile de bir paralellik göstermektedir. Çoğu araştırma sonuçları da toprak profilinde NH_4^+ konsantrasyonunun düşük olduğunu göstermektedir (Wehrmann ve Scharpf, 1979).

Bu nedenle, NH_4^+ genelde topraktaki mineral azotun hesaplanmasında dikkate alınmamaktadır. Elde edilen NH_4^+ değerleri her ne kadar düşük olsa da bitkiler tarafından alınabilen iki formdan biri olması ve toprağın mineral azot içeriğine önemli katkılarda bulunması nedeniyle N_{min} hesaplamalarında gözardı edilmemelidir.

Denemenin ikinci hidrolojik yılı 2008’de ölçülen NO_3^- konsantrasyon değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir. Üç bitki için de, 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerdeki NO_3^- konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. NO_3^- konsantrasyonunda derinlikle beraber bir azalma gözlenmiştir. İki yılda da ölçülen benzer konsantrasyon değerleri, aşağılara olan NO_3^- yıkanmasının düşük bir olasılık olduğunu göstermektedir. Daha önceleri Çukurova bölgesinde yapılan benzer çalışmalar da NO_3^- ’ın profilde dalgalanmalar gösterdiğini ve derinlere fazla yıkanmadığını vurgulamıştır (Kırda ve ark., 2001; İbrikçi ve ark., 2001). Bununla birlikte nitrat, toprağın katı fazı tarafından tutulamayan ve toprak çözeltisinde varlığını koruyan bir iyon olup, toprak ve nem koşullarına bağlı olarak profilden yıkanabilmektedir (Tisdale ve ark. 1993; Berenguer ve ark., 2009).

Çizelge 4.4. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum, minimum ve ortalama NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$) değerleri

Tarih	Bitki	Örneklenen tarla sayısı	Toprak derinliği (cm)	NO_3^- Konsantrasyonları*	Ortalama NO_3^- değerleri
Kasım, 2007	Buğday ekim öncesi	36	0-30	2.3-55.4	30.5±14.7
			30-60	4.7-67.8	27.2±15.2
			60-90	0.6-9.2	4.8±2.1
Haziran 2008	Buğday hasat	36	0-30	10.0-20.1	14.6±2.2
			30-60	6.9-14.2	9.8±1.3
			60-90	1.4-2.5	2.0±0.2
Mart, 2008	1.ürün mısır ekim öncesi	56	0-30	2.0-63.0	28.5±13.3
			30-60	12.1-162.4	37.0±26.6
			60-90	1.6-18.2	5.5±3.0
Ağustos, 2008	1. ürün mısır hasat	56	0-30	0.8-546.4	33.0±73.8
			30-60	0.1-154.9	29.5±37.5
			60-90	0.3-46.4	5.2±6.8
Temmuz, 2008	2.ürün mısır ekim öncesi	21	0-30	8.2-189.3	46.8±49.3
			30-60	4.8-315.2	37.8±68.2
			60-90	1.6-42.0	7.1±8.9
Kasım, 2008	2.ürün mısır hasat	21	0-30	5.1-38.2	17.3±9.6
			30-60	5.9-49.3	20.6±11.2
			60-90	1.0-6.3	3.2±1.3

* 2007 yılında söz konusu bitkisel alanlarda ölçülen NO_3^- değerleri, \pm ler ise verilerin standart sapmalarını göstermektedir.

2007 hidrolojik yılına benzer olarak, 2008 yılında NH_4^+ konsantrasyon değerleri tüm bitkiler ve derinlikler bazında düşük bulunmuş olup, ortalama değerler $0.2 - 5.3\ mg\ kg^{-1}$ arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Hatta bazı katmanlarda ölçümü yapılamayacak düzeyde minimum değerler bulunmuştur. Hem genel olarak, hem de profil bazında, NH_4^+ konsantrasyonlarındaki değişimler kalıcılığını ve sürekliliğini korumuştur.

Çizelge 4.5. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır ekim alanlarından örneklenen tarlalardan alınan topraklardaki maksimum minimum ve ortalama NH_4^+ ($mg\ kg^{-1}$) değerleri

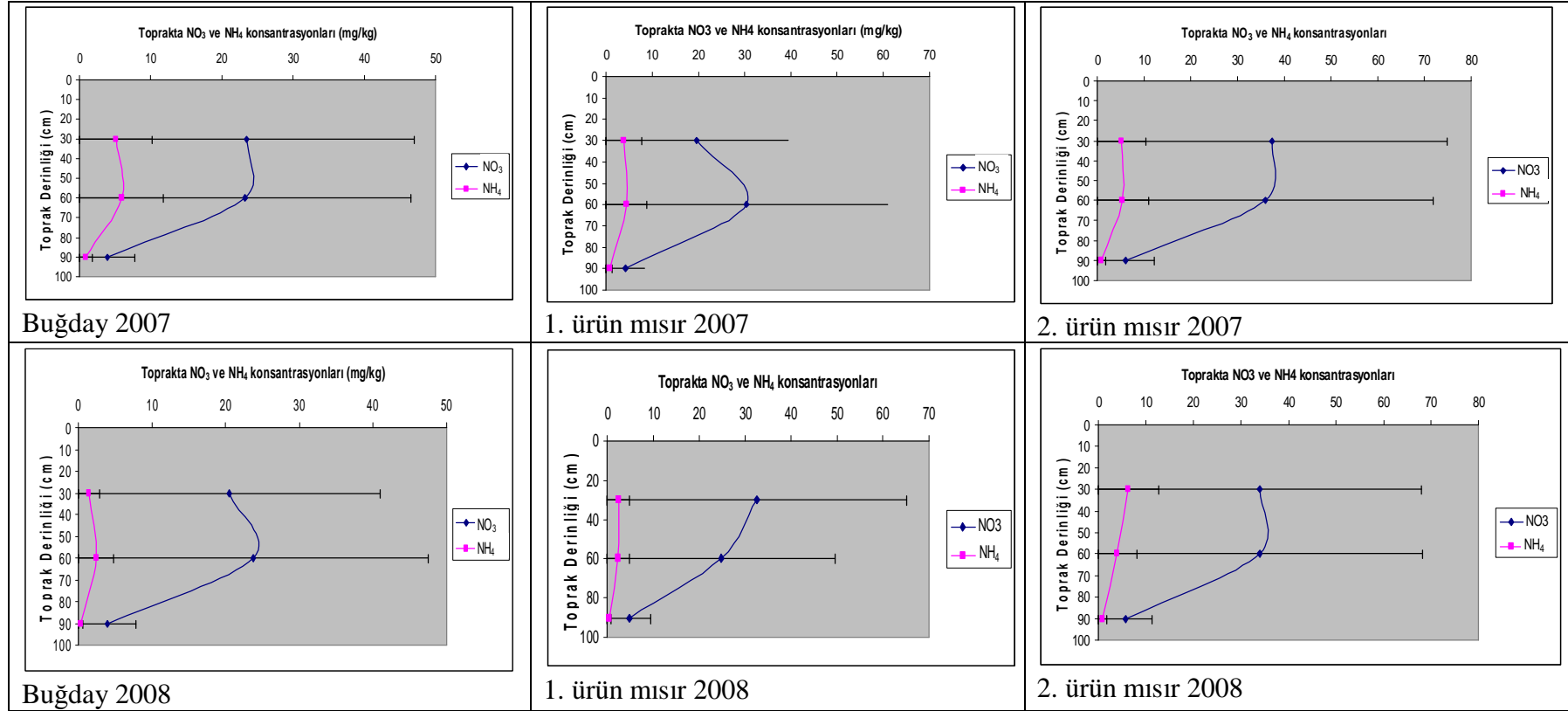
Tarih	Bitki	Örneklenen tarla sayısı	Toprak derinliği (cm)	NH_4^+ konsantrasyonları*	Ortalama NH_4^+ değerleri
Kasım, 2007	Buğday ekim öncesi	36	0-30	1.4-17.1	4.7±3.1
			30-60	1.2-17.3	3.6±3.4
			60-90	0.3-2.9	0.7±0.5
Haziran, 2008	Buğday hasat	36	0-30	1.2-12.7	3.7±2.5
			30-60	1.7-9.8	3.5±1.8
			60-90	0.3-1.9	0.6±0.3
Mart, 2008	1. ürün mısır ekim öncesi	56	0-30	0.0-11.5	3.3±2.2
			30-60	0.0-8.5	2.8±1.6
			60-90	0.00-1.4	0.5±0.2
Ağustos, 2008	1. ürün mısır hasat	56	0-30	0.1-16.3	3.4±2.9
			30-60	0.0-10.1	4.0±2.5
			60-90	0.0-1.9	0.6±0.4
Temmuz, 2008	2. ürün mısır ekim öncesi	21	0-30	2.6-10.5	5.3±2.0
			30-60	1.0-9.4	4.8±2.0
			60-90	0.4-1.3	0.8±0.2
Kasım, 2008	2. ürün mısır hasat	21	0-30	0.4-2.2	1.4±0.5
			30-60	0.4-3.1	1.6±0.8
			60-90	0.1-0.4	0.2±0.1

*2008 yılında söz konusu bitkisel alanlarda ölçülen NH_4^+ ($mg\ kg^{-1}$) değerleri, \pm ler ise verilerin standart sapmalarını göstermektedir.

Bu çizelgelerde verilen NH_4^+ ve NO_3^- konsantrasyonlarının profildeki dağılımları Şekil 4.2'de verilmiştir. Yüksek konsantrasyonların özellikle NO_3^- ' in üst katmanlarında olduğu dikkati çekmektedir.

2007 ve 2008 hidrolojik yıllarına ait topraktaki ortalama N_{min} değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Konsantrasyon değerlerinde de belirtildiği gibi, $NO_3^- - N$ ($kg\ ha^{-1}$) değerleri bitkiler ve profiller bazında daha yüksek bulunmuş ve 2007 yılında 3.7- 35.1, 2008 yılında ise 1.9-39.6 $kg\ NO_3^- - N\ ha^{-1}$ arasında değişmiştir.

Anlaşıldığı gibi, her üç derinlikte de toplam N_{min} değerlerinin büyük bir kısmını $NO_3^- - N$ 'u oluşturmaktadır. Nitratın az da olsa yıkanma ve profildeki konsantrasyon değerlenliğinden dolayı ilk iki katmandaki birikme daha fazla olmuştur. Genel olarak N_{min} değerlerinin yıllar, dönemler, bitkiler ve horizonlar bazında dağılımları değerlendirildiğinde, ortalama toplam N_{min} dağılımı 2007 yılında 0-90 cm etkili kök derinliğinde 58.4 – 111.3 ve 2008 yılında 46.4 – 114.3 kg N_{min} ha⁻¹ arasında bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.2. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında toprakta etkili kök derinliğinde NH_4^+ ve NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$) ortalama değerleri

{(2007 hidrolojik yılında; buğday n=18, 1. ürün mısır n= 54, 2. ürün mısır n=57, 2008 hidrolojik yılında; buğday n=36, 1. ürün mısır n=56, 2. ürün mısır n=21) ve yatay çubuklar ise ölçüm değerlerinin \pm standart sapmasını göstermektedir)}.

Çizelge 4.6. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında ölçülen $NO_3^- - N$, $NH_4^+ - N$ ve mineral azot (N_{min}) miktarları

Tarih	Bitki	Örneklenen tarla sayısı	Toprak Derinliği Cm	Ort	Ort	Ort	Profil toplamı
				$NO_3^- - N$ kg $NO_3^- - N$ ha ⁻¹	$NH_4^+ - N$ kg $NH_4^+ - N$ ha ⁻¹	N_{min} kg N_{min} ha ⁻¹	N_{min} kg N_{min} ha ⁻¹
Kasım, 2006	Buğday ekim öncesi	18	0-30	20.7	15.5	36.2	85.8
			30-60	22.7	19.8	42.5	
			60-90	3.9	3.2	7.1	
Haziran, 2007	Buğday hasat	18	0-30	18.1	4.3	22.4	58.4
			30-60	23.2	8.0	31.2	
			60-90	3.7	1.1	4.8	
Mart, 2007	1. ürün mısır ekim öncesi	54	0-30	16.7	11.2	27.9	76.2
			30-60	28.1	14.1	42.2	
			60-90	3.9	2.2	6.1	
Ağustos, 2007	1. ürün mısır hasat	54	0-30	27.6	7.1	34.7	70.9
			30-60	22.9	7.5	30.4	
			60-90	4.5	1.3	5.8	
Temmuz, 2007	2. ürün mısır ekim öncesi	57	0-30	32.9	15.8	48.7	111.3
			30-60	35.1	18.3	53.4	
			60-90	6.1	3.1	9.2	
Kasım, 2007	2. ürün mısır hasat	57	0-30	29.9	19.3	49.2	104.6
			30-60	33.2	13.5	46.7	
			60-90	5.7	3.0	8.7	

Çizelge 4.6'nın devamı

Kasım, 2007	Buğday ekim öncesi	36	0-30	25.8	13.7	39.5	82.5
			30-60	25.1	11.2	36.3	
			60-90	4.5	2.2	6.7	
Haziran, 2008	Buğday hasat	36	0-30	12.4	10.8	23.2	47.4
			30-60	9.1	11.2	20.3	
			60-90	1.9	2.0	3.9	
Mart, 2008	1. ürün mısır ekim öncesi	56	0-30	24.1	16.2	40.3	96.7
			30-60	34.1	14.5	48.6	
			60-90	5.1	2.7	7.8	
Ağustos, 2008	1. ürün mısır hasat	56	0-30	28.0	16.5	44.5	100.7
			30-60	27.1	20.9	48	
			60-90	4.9	3.3	8.2	
Temmuz, 2008	2. ürün mısır ekim öncesi	21	0-30	39.6	15.2	54.8	114.3
			30-60	34.9	15.3	50.2	
			60-90	6.6	2.7	9.3	
Kasım, 2008	2. ürün mısır hasat	21	0-30	14.7	4.1	18.8	46.6
			30-60	19.0	5.0	24	
			60-90	3.0	0.8	3.8	

2007 yılında buğday ekim alanlarında toprak profilinden olası kayıp veya ölçülemeyen $27.5 \text{ kg } N_{\min}$ iken, 2008 yılında bu rakam 35.2 kg ha^{-1} olmuştur (Çizelge 4.7). Benzer şekilde 1. ürün mısır alanları topraklarından iki yılda 1.6 ve 4.7 kg (Çizelge 4.8) ve 2. ürün mısır alanlarından da 6.8 ve 71.2 kg N_{\min} (Çizelge 4.9) kaybolmuştur. Aslında bu miktarlara kayıp demek yerine, “dönüşüme uğrayan” demek daha uygun olabilecektir. Topraktaki N döngüsünde başlıca mekanizmalar olan immobilizasyon, denitrifikasyon ve volatilizasyon prosesleri burada bizim bu yollarla ölçmediğimiz N_{\min} ’in bir açıklaması olabilir (Bao ve ark., 2006). Çukurova bölgesi topraklarında pH 7.5-8.2 arasında değişkenlik göstermektedir. Volatilizasyonun başlamasında pH ile alakalıdır. Toprakta pH >6’dan itibaren NH_3 ’ün dengedeki payı belirgin olarak yükselir ve bu şekilde de gaz halinde azot kayıpları yani volatilizasyon dediğimiz olay başlar (Özbek ve ark., 1984). Dolayısıyla bu tez çalışmasında ölçülmemiş olan terimlerden birisi olan volatilizasyon özellikle Çukurova Bölgesi gibi yüksek pH’ya sahip toprakları olan bölgeler için bütçeyi etkileyebilecek önemli terimlerden birisi olabilir.

Çizelge 4.7. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday ekim alanlarında topraktaki mineral azot miktarı ($\text{kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$)

	Ekim Öncesi	Ekim Sonrası	Olası Birikme veya Kayıp
2007			
Ortalama N_{\min}	85.8	58.3	27.5
Örnek Sayısı	18	18	
Standart Sapma	21.2	48.9	
Standart Hata	5.1	11.9	
2008			
Ortalama N_{\min}	82.6	47.4	35.2
Örnek Sayısı	36	36	
Standart Sapma	38.4	13.7	
Standart Hata	8.6	3.1	

Çizelge 4.8. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır ekim alanlarında topraktaki mineral azot miktarı (kg N_{\min} ha⁻¹)

	Ekim Öncesi	Ekim Sonrası	Olası Birikme veya Kayıp
2007			
Ortalama N_{\min}	72.4	70.8	1.6
Örnek Sayısı	57	57	
Standart Sapma	40.3	61.6	
Standart Hata	5.5	8.5	
2008			
Ortalama N_{\min}	84.8	80.1	4.7
Örnek Sayısı	56	56	
Standart Sapma	37.2	78.4	
Standart Hata	5.1	10.8	

Çizelge 4.9. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır alanlarında topraktaki mineral azot miktarı (kg N_{\min} ha⁻¹)

	Ekim Öncesi	Ekim Sonrası	Olası Birikme veya Kayıp
2007			
Ortalama N_{\min}	111.3	104.5	6.8
Örnek Sayısı	56	56	
Standart Sapma	86.3	64.8	
Standart Hata	11.9	8.9	
2008			
Ortalama N_{\min}	120.2	48.9	71.2
Örnek Sayısı	21	21	
Standart Sapma	107.9	16.8	
Standart Hata	23.6	3.7	

Buğday alanlarındaki ekim öncesi ve sonrası N_{\min} değerleri mısır alanlarındaki miktarlara göre daha fazla bulunmuştur. Ayrıca, 2008 yılı 1. ürün mısır alanlarına ait N_{\min} değerleri hariç, tüm alanlarda hasat sonrası toprakta ölçülen N_{\min} daha düşük çıkmıştır. Ancak, gerek bitki gerekse yıl olarak azalmanın seyri hakkında bir genelleme yapmak oldukça zordur. Bu rakamlar, toprak profilinde ekim öncesinde ve hasat sonrasında bitkinin hemen kullanımı için özellikle toprağın sıvı fazında bulunan N miktarını göstermektedir. Özellikle ekim öncesi etkili kök derinliğinde bulunan değerler, gübre önerilerinin ve N'lu gübre dozunun belirlenmesi

açısından son derece önemlidir (Kırda ve ark., 2001; İbrikçi ve ark., 2001, Berenguer ve ark., 2009). Uygulanacak taban gübresi veya ekimle verilecek gübre dozu, bu miktar kadar azaltılarak verilebilmektedir. 1980’li yıllardan beri Almanya’da tarla bitkileri ile başlatılan N_{min} ’e bağlı gübre önerileri (Wehrmann ve Scharpf, 1986; Wehrmann ve ark., 1988), 1990’lı yıllarda ABD ve birçok gelişmiş ülkede hem tarla hem de bahçe ve sera bitkilerinin gübrenmesinde; örneğin biber ve domates, başarı ile kullanılmıştır. Çukurova Bölgesinde buğday ve mısır ile yürütülen denemelerde de toprak profilindeki N_{min} değerleri saptanmış ve uygulanacak gübre dozu bu miktar kadar azaltılarak verilmiştir (İbrikçi ve ark., 2001; İbrikçi ve ark., 2000; Keklikçi ve ark., 2001). Söz konusu olan çalışmalarda, azaltılarak verilen gübre dozları hedeflenen ürün miktarında bir düşüşe neden olmamıştır. Ayrıca, ekim sonunda toprakta kalan N’a sulama yöntemlerinin önemli etkide bulunduğu Çukurova bölgesinde yapılan bir çalışmada detayları ile ortaya konulmuştur (Kırda ve ark., 2005). Örneğin, mısır PRD (*partial root drying*) yöntemine göre sulandığında, mısır hasadı sonunda toprak profilinde daha az mineral azot kaldığı saptanmıştır.

Azotun azaltılarak verilmesi yalnız ürün açısından önemli olmayıp aynı zamanda çevre koruma açısından da önemlidir. Tokat yöresinde yapılan çalışmalarda, topraktaki yıkanmaya uygun nitratin da (NAL) gübre önerileri açısından önemli olduğu tartışılmıştır (Erşahin, 2001; Erşahin ve Karaman, 2001). Su kaynaklarının besin elementlerince kirletilmesi birinci derecede azotlu gübrelerin yıkanması, dolayısıyla yüzey ve taban sularına karışması ile gerçekleşmektedir (Isidoro ve ark., 2006; Li ve ark., 2009). Söz konusu yıkanma ve kirlenmeyi azaltmak amacıyla tüm Avrupa Birliği ülkelerine hitabeden “*Nitrate Directive*” (1991/69/EC), ve “*The Water Framework Directive*” (2000/60/EC) geliştirilmiş ve zaman içerisinde birbirleri ile entegre edilmişlerdir (O’Shea ve Wade, 2009). Farklı ekolojik koşullarda yapılan çalışmalarda su kaynaklarındaki kirlenmenin birinci derecede gübrelerden kaynaklandığı detayları ile vurgulanmıştır (Liu ve ark., 2003; Liang ve ark., 2005; Bao ve ark., 2006; Isidoro ve ark., 2006). Bu nedenle, çevre kirlenmesi açısından azotlu gübrelerin kullanımı ve yönetimi, uygulanması gereken önemli bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca, bölgede daha önce yapılan çalışmalarda ve bu tez araştırmasında, çok geniş bir alanda profildeki toplam N_{\min} değeri fazla bir değişiklik göstermemektedir (İbriki ve ark., 2001). Bölgenin toprak serileri, ürün deseni ve bitkilerin gübreleme programları farklı olsa da, değişim dar bir aralıkta gerçekleşmektedir. Toprağın her zaman kendi mevcut dengesini koruma eğiliminin temel bilimsel dayanağı olduğu gibi, her şeye rağmen topraktaki hareketli sistem kendini bu kapasitede tutma eğiliminde görünmektedir.

Buğday, 1. ve 2. ürün mısır bitkileri için ekim öncesinde ve ekim sonrasında toprak profilinde bulunan değerler $46.6-114.3 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, daha sonra her bir bitki için yapılacak azot bütçesinde potansiyel girdi veya çıktı olarak kullanılacaktır. Gerek havza bazında, gerekse bitkiler için azot bütçesi hesaplamalarında toprağın mineral azot içeriği birçok çalışmada sıklıkla kullanılmaktadır (Sogbedji ve ark., 2000; Liu ve ark, 2003).

4.3. Gübre Azotu

2007 ve 2008 yıllarında havzadaki tüm bitkilere uygulanan azotlu gübre dozları anket çalışmaları sonucunda belirlenmiştir (FP6,QUALIWATER, 2006-2009 yılları raporları) (Çizelge 4.10). Araştırmanın her iki yılında da buğdaya 195 , 1. ürün mısıra 340 ve 2. ürün mısıra 325 kg N ha^{-1} olarak uygulandığı belirlenmiştir. Azot uygulamasının bölge çiftçileri arasında benzerlik göstermesi ve bazı üreticilere ait tarla mülkiyetinin fazla olması, gübre uygulama miktarlarının hemen hemen sabit kalmasına neden olmaktadır. Son yıllarda, bölgesel düzeyde birkaç adet toprak ve bitki analiz laboratuvarları açılıp, buna bağlı olarak çiftçiye kredi desteği sağlanmış olsa da gübre miktarları hala çiftçinin isteği doğrultusunda gerçekleşmektedir. Bu nedenle, gübre uygulama dozları yıllar içerisinde fazla bir değişkenlik göstermemektedir.

Dikkat çekici bir nokta, 2007 hidrolojik yılında %5.4 olan 2. ürün mısır alanları, 2008 hidrolojik yılında 1.34'e düşmüştür. Söz konusu azalma 2008'de olmayıp daha önceki yıllardan gelen bir azalma eğiliminin devamıdır. Çünkü bölgedeki sulama koşullarının yetersizliği ve çiftçiler ile sulama birlikleri arasında

ciddi sorunların olması, hastalık ve zararlılarla mücadelenin bazen yetersiz kalması ve piyasa koşulları gibi nedenlerle, bu bölgede zamanında pamuğun yerini alan 2. ürün mısır üretimi yok denecek kadar azalmıştır. Çizelge 4.10'da çeşitli bitkilerin ekim alanları, tüm ekilen alanlar içerisinde % dağılımı ve ha'a uygulanan toplam N miktarı detayları ile verilmiştir. Genel bir değerlendirme yapıldığında araştırma alanı olan Akarsu Sulama havzasında toplam alana en fazla azotlu gübre 1. ürün mısır için verilmektedir. Öte yandan, araştırma amaçlı bölgede yapılan çalışmalarda maksimum ürün için 1. ve 2. ürün mısıra uygulanan azotun 230-250 kg arasında değiştiği saptanmıştır (İbrikçi ve ark., 2001; Büyük, 2002). Dolayısıyla yaklaşık olarak 1/3 oranında daha fazla azot mısıra uygulanmaktadır. Genel olarak gübre kullanım etkinliğinin birçok tarımsal sistem için %50 olduğu dikkate alınırsa (Hardy ve Havelka, 1975; Kırdı ve ark., 2001; Eickhout ve ark., 2006; Ma ve ark., 2009), uygulanan azotun çoğu, sistem içerisinde ya kayıp olmakta ya da form değiştirerek varlığını farklı şekillerde korumaktadır. Ayrıca, fazla azot uygulamaları düşük azot kullanım etkinliğine neden olmaktadır (Hatfield ve Prueger, 2004; Dobermann ve Cassman, 2005).

Çizelge. 4.10. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanında ekimi yapılan bitkilerin dağılımı ve bu bitkilere uygulanan N'lu gübre dozları

Bitki Çeşiti	Uygulanan N'lu gübre miktarı (kg N ha ⁻¹)	Ekili Alan (ha)	Ekim oranı (%)	Uygulanan toplam azotlu gübre* (kg N)
2007 yılı				
Buğday	195	3237 8	34.10	631371
1. ürün mısır	340	2772 5	29.20	942650
2. ürün mısır	325	512.7	5.4	166627
Narenciye	180	2449 7	25.80	440946
Pamuk	235	845.1	8.90	198598
Kavun ve Karpuz	180	123.4	1.30	16042
Sebzeler	110	28.5	0.30	3135
Diğerleri	60	38	0.40	2280
Toplam**		10007 7		2401650 (72.5)
2008 yılı				
Buğday	195	1680 9	17.70	327775
1. ürün mısır	340	3758 6	39.59	1277924
2. ürün mısır	325	127 1	1.34	41307
Narenciye	180	2771 1	29.18	498798
Pamuk	235	803 4	8.46	188799
Kavun ve karpuz	130	48 8	0.51	6349
Sebzeler	110	31 4	0.33	3454
Diğerleri	70	400 8	4.22	28056
Toplam		9622 1		2372463 (69.4)

* Uygulanan toplam azotlu gübre = Uygulanan N gübre miktarı (kg N ha⁻¹) x Bitkinin ekili olduğu alan (ha)

** Parantez içindeki rakamlar buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısıra yapılan uygulamaların toplam içerisindeki %'sini göstermektedir.

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi, 2007 yılında buğday ve mısır alanlarına ortalama 267 kg N ha⁻¹ uygulanırken, bu rakam 2008 yılında 296 kg N ha⁻¹'a çıkmıştır. İkinci yıldaki bu artış, 1. ürün mısır alanlarında belirgin bir artışın ve daha fazla azotlu gübrenin verilmesi nedeniyle olmuştur.

Çizelge 4.11. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarına ait buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır bitkilerinin ekili olduğu toplam alanlara gübre ile uygulanan N miktarları

Bitki Çeşiti	Uygulanan gübre miktarı (kg N ha ⁻¹)	Ekili alan (ha)	Uygulanan toplam azotlu gübre* (kg N ha ⁻¹)
Buğday	195	3237 8	631371
1. ürün mısır	340	2772 5	942650
2. ürün mısır	325	512.7	166627 5
Toplam		6523	1740648 5
Ortalama**			266.9
2008 yılı			
Buğday	195	1680 9	327775 5
1. ürün mısır	340	3758 6	1277924
2. ürün mısır	325	127.1	41307 5
Toplam		5566 6	1647007
Ortalama**			295.9

* Uygulanan toplam azotlu gübre miktarı= Uygulanan N gübre miktarı (kg N ha⁻¹) x Bitkinin ekili olduğu alan (ha)

**Ortalama= Toplam gübre N miktarı (kg N ha⁻¹) /Toplam alan (ha)

Buğday, 1. ve 2. ürün mısır bitkileri için hektara uygulanan kg N ha⁻¹ değerleri bütçe hesaplamaları kısmında bir girdi parametresi olarak kullanılacaktır. Uygulanan azot dozu gerek bütçe hesaplamalarında, gerekse model çalışmalarında sıkça kullanılan vazgeçilmez bir parametredir (Ventura ve ark., 2008). Bu tez çalışmasında sıkça tartışıldığı gibi, N'lu gübre dozunun fazlalığı kirlenme riskini arttıran en önemli iki faktörden biri olarak gösterilmiş (Liu ve ark., 2003; Ju ve ark., 2006; Isidoro ve ark., 2006; Yoshikawa ve ark., 2008) ve N-bütçe hesaplamalarında (Sogbedji ve ark., 2000) önemli bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, ekim zamanı ve ekimden önce verilen N'lu gübreler potansiyel N_{min} 'e dönüşüp bitkinin erken gelişim dönemlerinde yıkanarak hem çevre kirlenmesine hem de düşük azot kullanım etkinliğine neden olmaktadır (Shanahan ve ark., 2008). Gerek Çukurova koşullarında çiftçinin gübreleme eğilimi, ahır gübresi ve yeşil gübrenin sınırlı kullanımı, gerekse son yıllarda hibrit buğday ve mısır çeşitlerinin yaygın üretimi değerlendirildiğinde, tarımsal sisteme en büyük girdinin N'lu gübrelerle eklendiği bölgemizin bir gerçeğidir.

Öte yandan, verilen azotlu gübrelerin bir kısmının denitrifikasyona uğrayarak atmosfere volatilize olması, bir kısmının da toprağın kil ağırlıklı olan katı fazı tarafından fikse edilmesi kaçınılmazdır. Ancak bu tez çalışmasında bu değerler ölçülmemiştir. Örneğin, Çukurova yöresinde yapılan bir çalışmada denitrifikasyonla kayıpların 7.6-17.4 kg N_2O ha⁻¹ arasında olduğu kaydedilmiştir (Coşkan ve ark., 2002). Bu çalışmada, çeşitli bitkisel artıkların/anızın denitrifikasyona etkileri araştırılmış olsa da, kontrol parsellerinde buğday anızı uygulanan parsellerdekine yakın bir denitrifikasyonun gerçekleştiği bulunmuştur. Dolayısıyla, bölge toprakları için denitrifikasyon potansiyel bir kayıp mekanizmasıdır.

4.4. Bitkilerce Azot Kullanımı

4.4.1. Bitki Tarafından Kaldırılan Azot

2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday, 1. ve 2. ürün mısır bitkilerince kullanılan azot tayini için havzayı temsil edici şekilde farklı tarlalardan alınan örneklerde %N analizleri yapıp, bitkinin kuru ağırlığı ile çarpılarak hesaplanmıştır. Toplam azot alımının hesaplamasında kullanılacağı için, üç bitki için de tane veriminin yanısıra biyomas olarak nitelendirilen toprak üstü kuru aksam (tane hariç) ölçülmüş ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Gerek bitki analizleri, gerekse hesaplamalar bitkisel biyomas (toprak üstü aksam) ve tane (buğday ve mısır) için ayrı ayrı yapılmıştır.

Çizelge 4.12. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında elde edilen bitkisel verim, bitkideki %N ve topraktan kaldırılan N miktarları

Yıl	Bitki*	Biyomas (kg ha ⁻¹)	%N	Biyomas N Alımı (kg N /ha ⁻¹)	Tane verimi (kg ha ⁻¹)	%N	Tane N Alımı (kg N ha ⁻¹)	Toplam N Alımı** (kg N ha ⁻¹)
2007	Buğday	7077.8±1783.8	0.71±0.2	50.1±21.9	6045.1±1591.21	2.4±0.33	134.6±40.3	184.7±58.5
	Std. hata	420.4	0.0	5.2	375.2	0.1	9.5	13.8
	1. ürün mısır	12014.8±3247.54	1.11±0.4	129.4±57.28	13738.6±3476.75	1.4±0.26	177.2±53.41	306.6±92.84
	Std. hata	441.9	0.05	7.8	473.7	0.04	7.3	12.6
	2. ürün mısır	7958.2±1792.6	0.9±0.2	67.6±25.4	8338.9±2767.6	1.3±0.3	95.2±33.4	162.8±45.8
	Std. hata	248.6	0.03	3.5	383.8	0.04	4.6	6.4
2008	Buğday	7475±1943.9	0.7±0.2	49.7±16.2	6770±1152.6	2.2±0.3	138.3±24.5	188.0±34.1
	Std. hata	324.0	0.03	2.7	192.1	0.05	4.09	5.7
	1. ürün mısır	1150.6±2240.5	0.8±0.2	90.4±30.38	13642.5±1941.8	1.5±0.14	184.0±26.2	279.5±42.4
	Std. hata	299.4	0.03	4.05	259.49	0.02	3.5	5.66
	2. ürün mısır	7722.4±2194.0	0.8±0.2	61.4±24.1	9100.2±3325.4	1.5±0.2	129.0±56.3	190.4±67.6
	Std. hata	512.3	0.00	5.6	776.5	0.1	13.1	15.8

* 2007 yılında buğday n=18, 1. ürün mısır n=54, 2. ürün mısır n=52, 2008 yılında buğday n=36, 1. ürün mısır n=56, 2. ürün mısır n=21

** Biyomas ve tane tarafından kaldırılan

2007 yılına ait hasat indeksi (tane ağırlığı/toplam biyomas) %46 iken 2008 hidrolojik yılında %47 bulunmuştur. Bu rakamlar hem bölge için, hem de %40-50 arasında seyreden literatür değerleri ile uyumluluk göstermektedir (Zhang ve ark., 2008). Deneme süresince, 6 065 (2007 hidrolojik yılı) ve 6 717 kg ha⁻¹ (2008 hidrolojik yılı) olarak değişkenlik gösteren buğday tane verimi, bölge üretimi için oldukça iyi bir rakamdır (Çizelge 4.12). Biyomastaki %N 0.7 iken, tanedeki %N içeriği iki yıl için ortalama %2.3 bulunmuştur. Biyomas ve tane verimleri ile bu bölümlerdeki % N içeriğine bağlı olarak hesaplanan N alımı biyomas için yaklaşık 50 kg, tane için de 135 kg N ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, buğday tarafından kaldırılan toplam azot, 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında sırasıyla 185 ve 187 kg ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Birçok literatür bilgisi, bir kg buğday için 30 g azotun kullanıldığını rapor etmektedir. Bu bağlamda, tez kapsamında örneklenen tarlalardan kaldırılan 185 kg N değeri çok isabetli bir rakam olarak değerlendirilmelidir. Çiftçinin uyguladığı 195 kg N ha⁻¹ göz önüne alınırsa, 10 kg N ha⁻¹ sistemde kalmıştır. Ancak, bitki tarafından kaldırılanın tamamının o yıl verilen gübreden kaynaklandığını söylemek gerçekçi değildir; toprakta bulunan mineral azotun veya mineralizasyon ile serbest hale geçen azotun da bitki tarafından kullanıldığı bilinmelidir. Toprakta bulunan organik maddenin yaklaşık %3'nün azot olduğu, bunun da %1'inin mineralizasyona uğradığı bilinmektedir (Özbek ve ark., 1993). Bu tür çalışmalara ışık tutması açısından, belki de kodlanmış ¹⁵N denemelerinin bölgemizde geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bitki tarafından alınan ve profilde yikanan azotun kaynağının bilinmesinde ¹⁵N çalışmaları sıklıkla kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Kırda ve ark., 2001).

2007 hidrolojik yılında 1. ve 2. ürün mısırlarının tane verimleri 13.738 ve 8 338 kg ha⁻¹ iken 2008 hidrolojik yılında 13 965 ve 8 665 kg ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Her iki yıldaki 1. ürün mısır verimleri bölge için beklenen verimlerdir. Bu verimlerin yüksek olmasının nedeni, verimi yüksek hibrid çeşitlerin kullanılması, hastalık ve zararlılarla mücadelede tam çözümünün sağlanması olarak değerlendirilebilir. İkinci ürün mısır verimi hemen hemen 1/3 oranında daha düşük bulunmuştur. Sulama koşulları, hastalık ve zararlılarla mücadelenin yetersizliği, vejetasyon süresinin kısılması, gün uzunluğunun azalması ile bitkinin fotosentez

yaptığı sürenin kısalması, mısırın tozlaşma döneminde poyraz estiği zaman hava sıcaklığının çok yükselmesi ve bundan tozlaşmanın olumsuz etkilenmesi düşük verimin nedeni olarak gösterilebilmektedir.

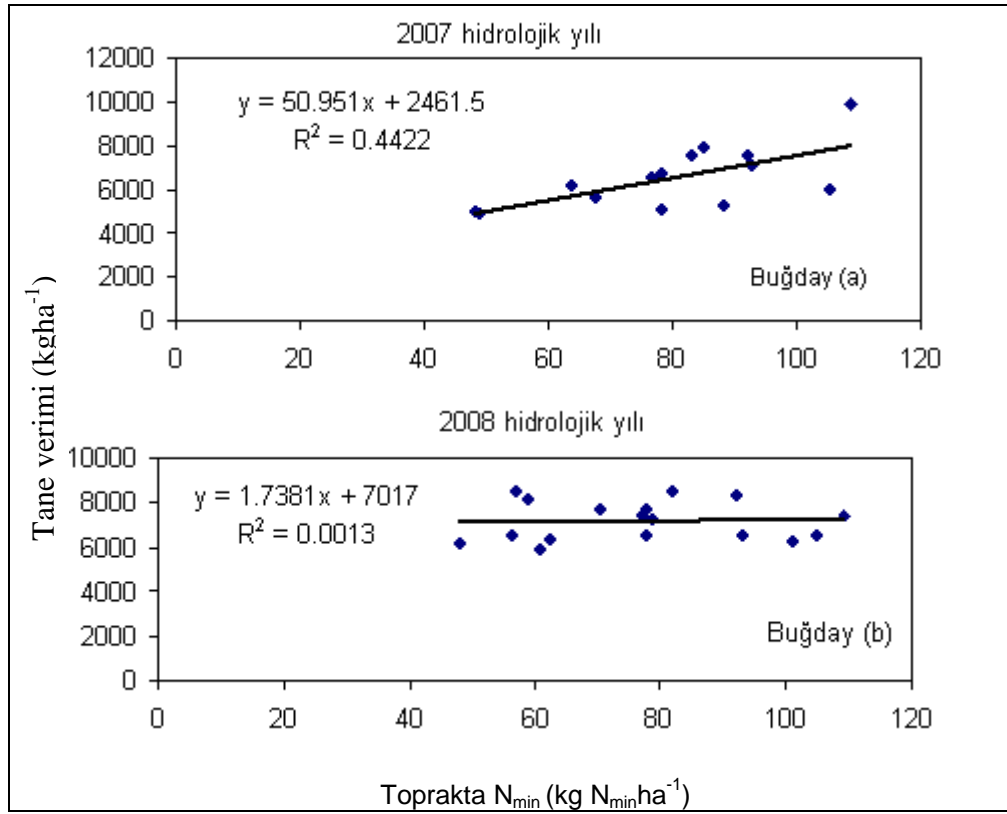
Birinci ve 2. ürün mısırdaki bitkisel aksamdaki %N içeriği %0.8 – 1.1 arasında değişirken, tanedeki içerik % 1.3-1.5 arasında değişim göstermiştir. Bu konsantrasyon değerleri, mısır dokularında bulunması gereken tipik değerlerle benzerlik göstermektedir (Bergmann, 1995), dolayısıyla, çalışma alanında bitkilerin N beslenmesi açısından sınırlayıcı bir faktörün olmadığı söylenebilir.

Mısır dokularındaki %N konsantrasyonları ve verime bağlı olarak hesaplanan N alımları, 2007 ve 2008 yıllarında 1. ürün mısır için 307 ve 275 kg N ha⁻¹ iken, 2. ürün mısır için yıllara bağlı olarak 163 ve 181 kg N ha⁻¹ olarak kaydedilmiştir. 2. ürün ile kaldırılan N' un düşük olmasının en büyük nedeni hem toprak üstü biyomasın hem de tane veriminin düşük olmasıdır. Tez çalışma alanına iklim ve toprak ile benzerlik gösteren İspanya'da yapılan bir çalışmada, mısırın topraktan kaldırdığı N 250-300 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir (Berenguer ve ark., 2009). Bu iki, havza bazında yapılan çalışmada aynı rakamların bulunmuş olması, havza çalışmalarının önemini, gübre önerisi ve bölgesel bazda değerlendirme yapabilme potansiyelini göstermektedir.

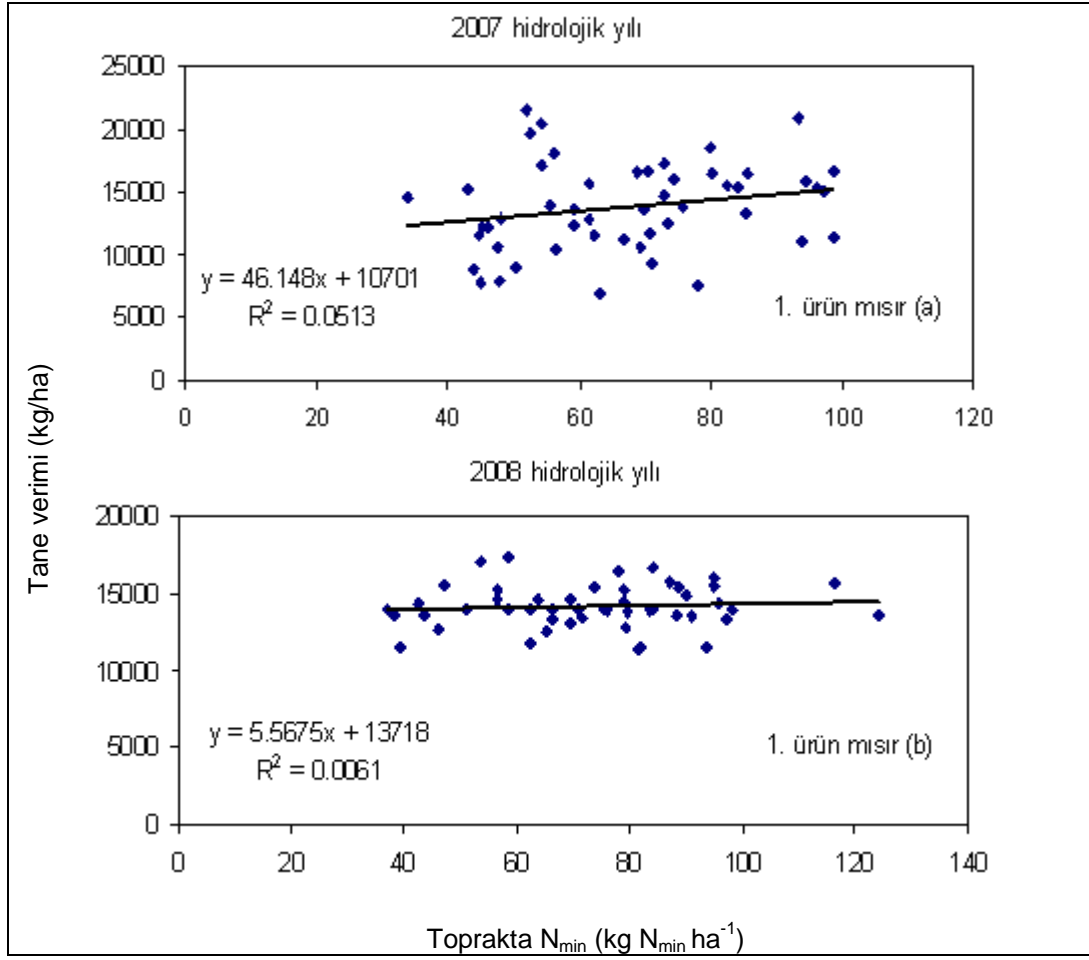
Biomass ve tane verimleri, örnekleme yapılan buğday ve mısır tarlaları arasında değişkenlik göstermektedir. Toprak özellikleri, lokal yağış ve sulama miktarı, kullanılan çeşit özellikleri ve az da olsa çiftçiler arasındaki gübre uygulama farklılığı söz konusu farklılığın nedenleri olabilir. Çünkü çevre faktörleri ve bitkinin genetik özellikleri verimi yakından ilgilendirmektedir (Tisdale ve ark., 1993).

Öte yandan toprak profilinde etkili kök derinliğinde bulunan N_{min} (kg ha⁻¹) ile buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır verimleri arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'de verilmektedir. Topraktaki N_{min} değerleri ile tane verimleri arasındaki ilişkinin çok zayıf olduğu görülmektedir. Alanın büyüklüğü kullanılan çeşitlerin farklılığı, toprak özelliklerindeki farklılıklar, uygulanan bitkisel üretim yönetimindeki farklılıklar ilişkinin zayıf olmasının nedenleri olarak sıralanabilir. Ancak son zamanlarda yapılan bir çalışmada, topraktaki N_{min} ' in mısıra yapılacak

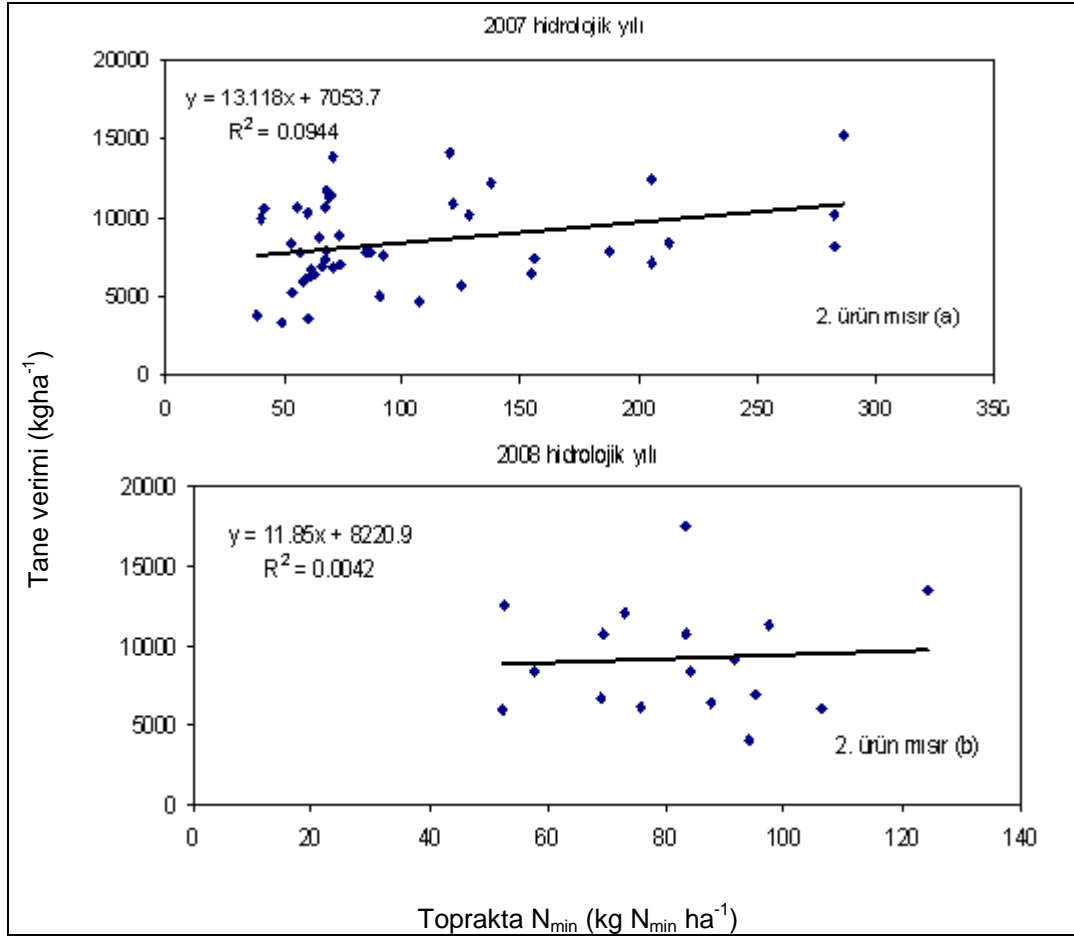
gübre önerilerinde başarı ile kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Berenguer ve ark., 2009).



Şekil 4.3. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday bitkisinde tane verimi ($kg ha^{-1}$) ile buğday alanlarında ekim öncesi toprakta N_{min} ($kg N_{min} ha^{-1}$) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için $n=18$; 2008 yılı için $n=36$)

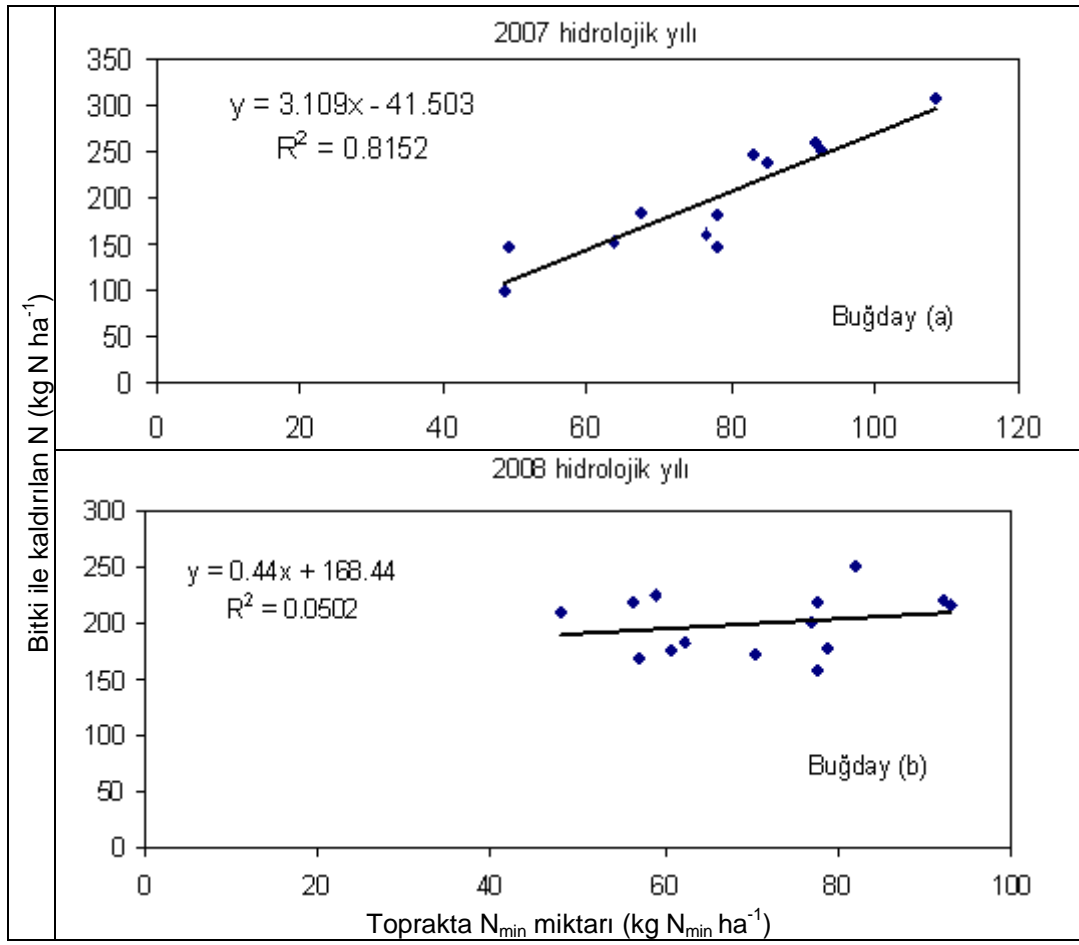


Şekil 4.4. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır bitkisinde tane verimi (kg ha⁻¹) ile 1. ürün mısır alanlarında ekim öncesi toprakta N_{min} (kg N_{min} ha⁻¹) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için n=54; 2008 yılı için n=56)

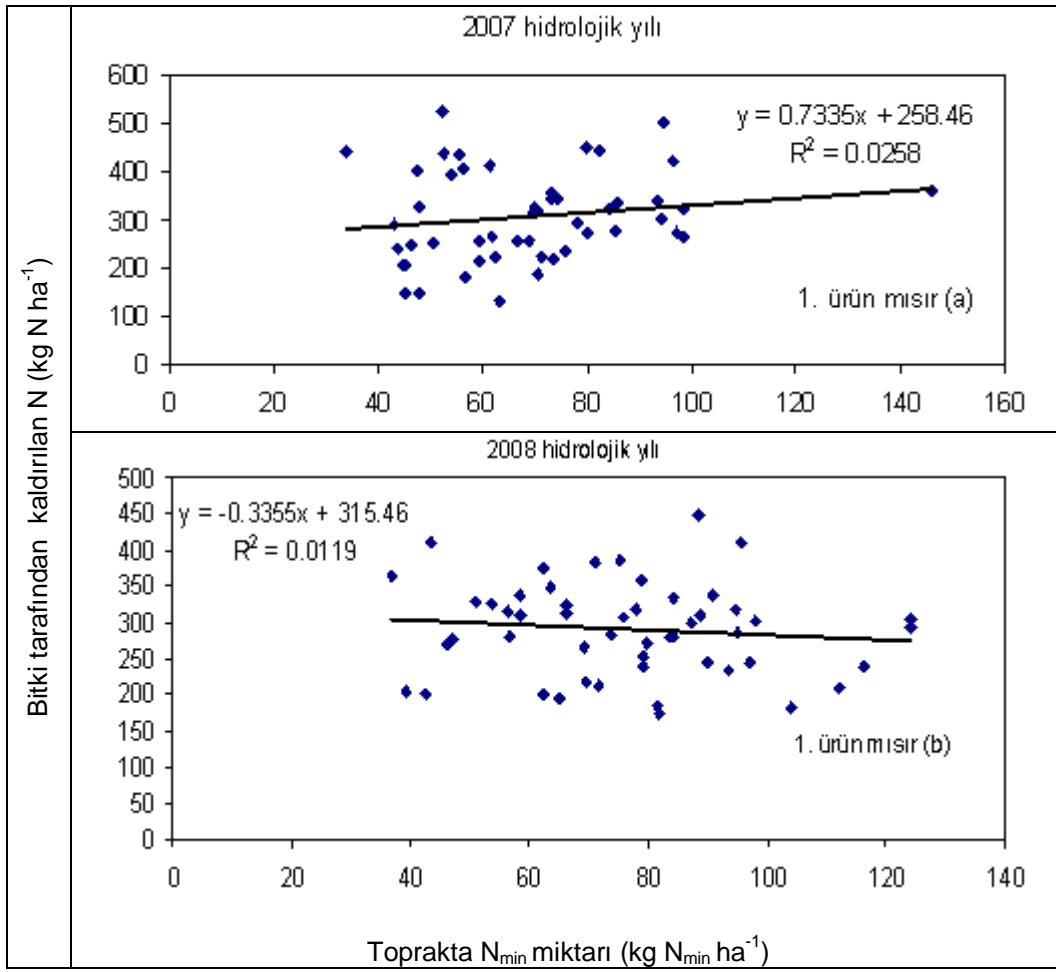


Şekil 4.5. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır bitkisinde tane verimi (kg ha^{-1}) ile 2. ürün mısır alanlarında ekim öncesi toprakta N_{\min} ($\text{kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$) değerleri arasındaki ilişkiler (2007 yılı için $n=57$; 2008 yılı için $n=21$)

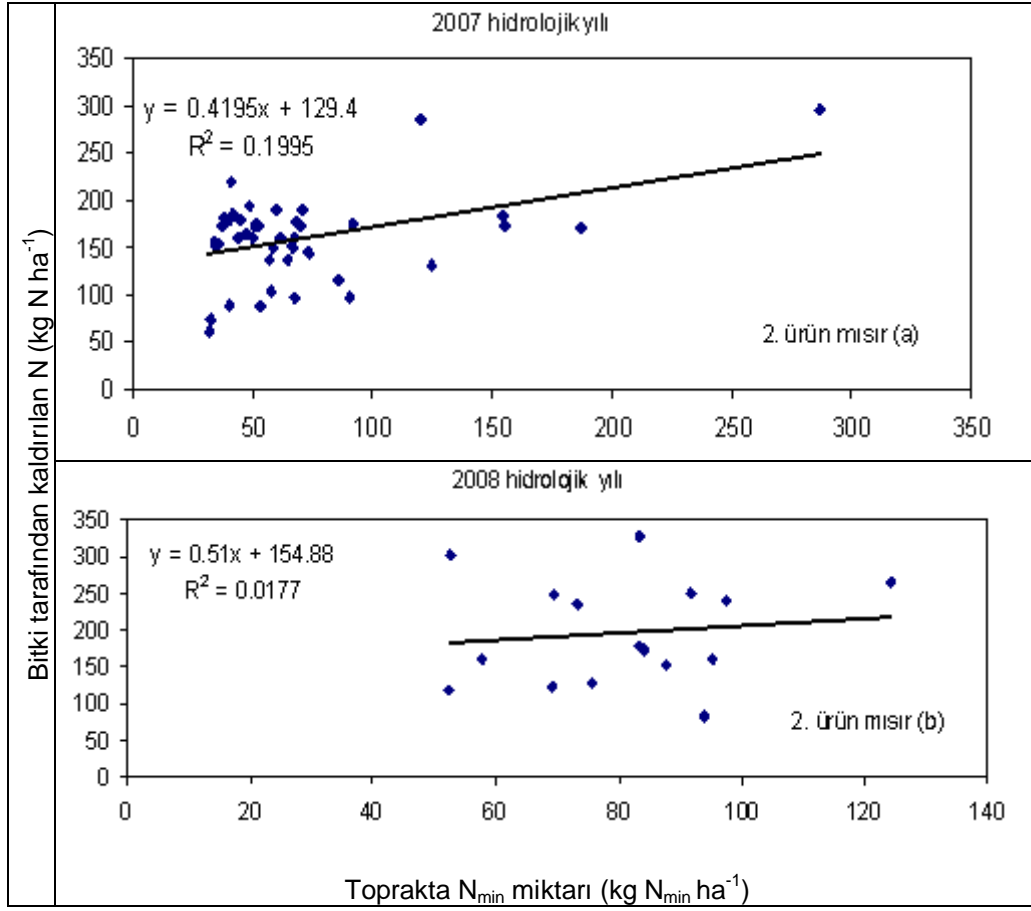
Topraktaki N_{\min} değerleri ile bitki (buğday ve mısır) tarafından kaldırılan N arasındaki ilişkiler Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8’de verilmektedir. Tüm şekillerdeki ilişkiler düşük R^2 düzeylerinde bulunsa da, 2007 yılında elde edilen R^2 değeri buğday için 0.815, 1. ürün mısır için 0.0258 ve 2. ürün mısır için 0.199 olarak bulunmuştur.



Şekil. 4.6. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında buğday ile kaldırılan azot ile buğday ekili alanlarda topraktaki N_{min} miktarı arasındaki ilişki



Şekil. 4.7. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısır tarafından kaldırılan N miktarı ile topraktaki N_{min} arasındaki ilişki



Şekil. 4.8. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 2. ürün mısır ile kaldırılan N miktarı ile topraktaki N_{min} arasındaki ilişki

4.4.2. Azot Kullanım Etkinliği (AKE)

2007 ve 2008 yıllarında üç bitki için Liu ve ark., (2008)'na göre yapılan hesaplarda AKE'leri %66.3-35.3 arasında değişmiştir (Çizelge 4.13.). Özellikle 2. ürün mısırın AKE' i iki yıl için % 35.3 ve 38.6 olmuştur. Yukarıdaki bölümlerde açıklandığı gibi, bitki tarafından kaldırılan N' un az olması, AKE' nin de az olmasına neden olmuştur.

$$\text{Öte yandan, drenajla alandan ayrılan N açısından} \left(1 - \frac{N_Q}{N_F}\right) \times 100$$

formülü (N_Q , drenajla çıkan N; N_F , gübre ile giren N) ile hesaplanan AKE 2007 yılında % 85, 2008 yılında ise % 88.1 bulunmuştur (FP6, QUALIWATER Projesi, 2006-2009 yılları raporları).

Dolayısıyla, bitki deseni gözetilmeksizin tüm alandan drenaj ile kayıp oldukça az olmuştur. Gübre ile verilenin büyük bir kısmı ya bitki tarafından alınmış ya da sistem içerisindeki döngüsüne devam etmiştir.

Çizelge 4.13. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında azot kullanım etkinlikleri (%)

Yıl	Bitki	AKE*	AKE**
		%	TaneN/GübreN
2007	Buğday	59.9	0.69
	1. ürün mısır	66.3	0.52
	2. ürün mısır	35.3	0.29
2008	Buğday	60.5	0.71
	1. ürün mısır	57.6	0.54
	2. ürün mısır	38.6	0.37

*Çizelge 4.6 kullanılarak, bitki ile kadırlan N'un N girdilerine oranı olarak hesaplanmıştır (Liu ve ark., 2008 modifiye edilmiştir).

** AKE, Bao ve ark (2006)'ya göre hesaplanmıştır.

Bao ve ark., (2006) ya göre bütçe çalışmaları için hesaplanan AKE ise (kg-tane N (kg gübre N)⁻¹), uygulanan birim gübre N'u başına düşen tane azotu olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Bu rakamlardan da görüldüğü gibi, buğday için 0.69 ve 0.71 olan AKE, 1. ürün mısır için 0.52 ve 0.54 olmuş ve 2. ürün mısır için ise 0.29 ve 0.34 kg tane-N (kg gübre N)⁻¹'e gerilemiştir. Her iki hesaplama göre de, en düşük etkinlik 2. ürün mısırdaki elde edilmiştir, dolayısıyla, 2. ürün mısır alanlarının azot kirlenmesine olan ekisi bir kez daha burada göze çarpmaktadır. Buğday, uygulanan N'u en iyi kullanan bitki olmuştur, kaldı ki bölgesel olarak buğdaya uygulanan azot (195 kg N ha⁻¹), bilimsel çalışmalar sonucunda bulunmuş (170-180 kg N ha⁻¹, İbrikçi ve ark., 2001) ve çiftçiye önerilene yakın bir düzeyde çiftçiler tarafından uygulanmaktadır (195 kg N ha⁻¹).

Bitkilerin azot kullanım etkinlikleri (AKE) yıllardan beri çalışılmış olup, bitkisel potansiyeli arttırmak, gübre tasarrufu sağlamak ve çevreyi korumak açısından farklı şekillerde değerlendirilmiştir (Moll ve ark., 1982; Baligar ve Bennett, 1986;

Cassman ve ark., 2002; Liu ve ark, 2008). Güncel olan N yönetimi stratejileri, hububat için AKE'nin düşük olduğunu göstermektedir. Uygulanan gübre miktarı arttıkça, AKE'leri azalmaktadır; 1980-2000 yılları arasında Çin'de yapılan bir çalışmada gübre uygulamalarının artmasıyla AKE'nin azaldığı bulunmuştur (Liu ve ark., 2008). Ancak AKE'nin N-bütçesi kapsamında hesaplanmasına literatürde oldukça az rastlanmaktadır. Yıllar içerisinde yapılan çalışmalar göre, AKE'nin düşük olmasının en büyük nedeni olarak toprağın N sağlama gücü ile bitkinin isteği olan N arasında sağlıklı bir ilişkinin kurulamamış olmasıdır (Raun ve Johnson, 1999; Cassman ve ark., 2002)

4.5. Su Kaynakları ile Giren ve Çıkan N

Azot bütçe hesaplamalarında kullanılmak üzere, sulama suyu ve yağışla giren N, her bitki yetiştirme dönemi için (buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca, ekim ve hasat zamanları taban suyunda olan N ve bu dönemler arasında taban suyundan drenaja katılan N, yine söz konusu olan bitkiler için belirlenmiş ve bütçe denkleminde kullanılmıştır.

4.5.1. Sulama Suyu ile Giren N

2007 ve 2008 yılları sulama mevsimlerinde, Şekil 3.5'de verilen L3, L6, L7, L9 sulama suyu giriş istasyonlarından haftalık olarak alınan su örneklerindeki NO_3^- konsantrasyonu 2007 ve 2008 hidrolojik yılları için sırasıyla minimum 0.51 - 0.89 ve maksimum 4.90 - 5.61 mg L⁻¹ değerleri arasında değişmiştir. Sulama suyu NO_3^- konsantrasyonu ortalama 2.24 ± 0.92 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.14). Minimum ve maksimum değerler arasındaki fark çalışılan tüm bitkiler yetiştirme dönemlerinde alana giren sulama suyundaki NO_3^- konsantrasyonları için en fazla 4 mg L⁻¹ olarak ölçülmüş olup, maksimum konsantrasyon 5.11 mg L⁻¹'yi geçmemiştir. Bu rakamlardan anlaşılacağı gibi, sulama havzasında kullanılan sulama suyunun NO_3^- konsantrasyonu açısından kalitesi oldukça yüksek olup, değerler yıllar

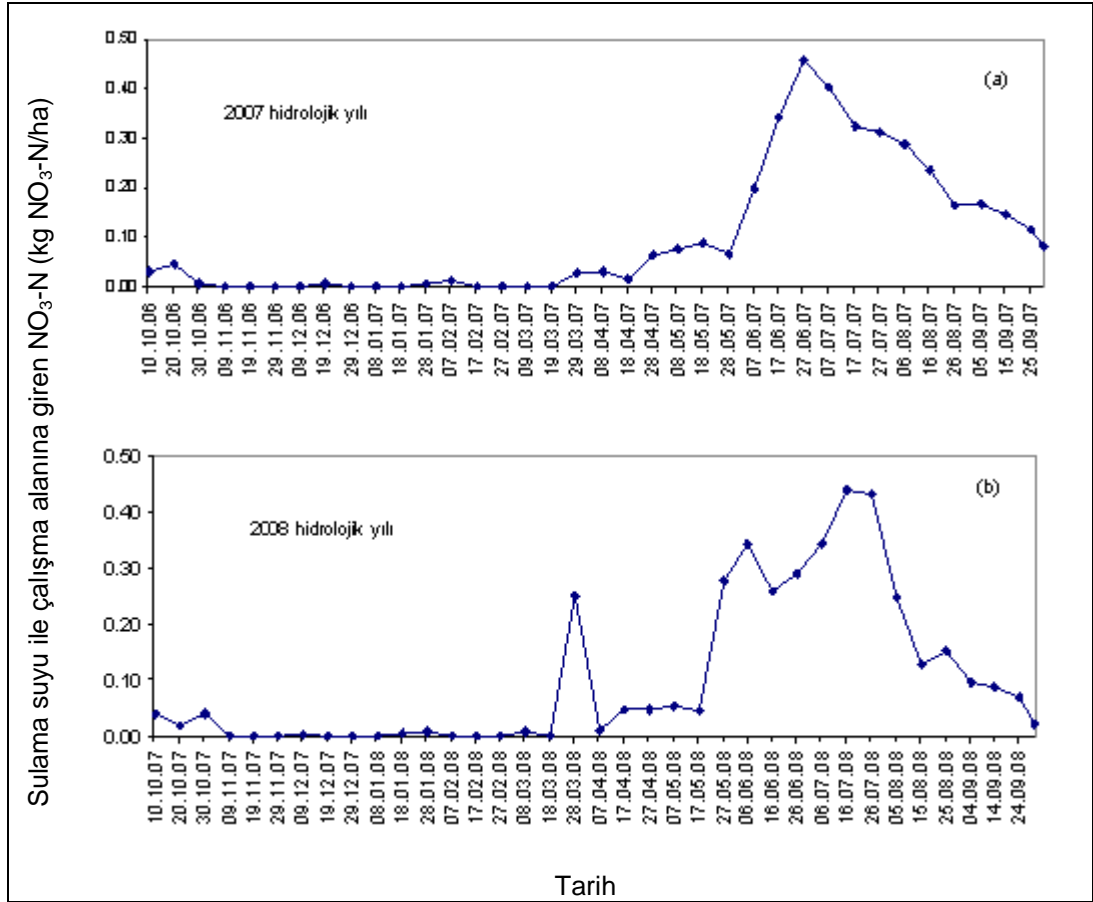
içerisinde süreklilik göstermektedir. Genellikle, Seyhan Baraj suyunun sulama suyu olarak kullanılması, NO_3^- konsantrasyonunun düşük olmasının başlıca nedenidir. Konsantrasyonun düşüklüğü, kayıplarla özellikle yıkanma ile su kaynaklarına – taban suyu ve drenaj suyu- karışacak azot miktarının düşük olacağına bir göstergesidir. Ayrıca, çevresel ve insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde bu kalitedeki suyun sebzelerde ve yaprağı yenen bitkilerin sulanmasında kullanılması, bitki bünyesinde NO_3^- 'in birikmesi ve risk düzeylerine çıkması açısından da önem taşımaktadır. Çoğu gelişmiş ülkede bu düzeyler, detayları ve sınır değerleri ile bitkiler bazında belirlenmiştir (Schütt, 1977; Allan ve ark., 1995).

Çizelge 4.14. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında sulama suyu ile bitkisel alanlara giren $NO_3^- - N$ miktarları

Yıl	Parametre	NO_3^- Kons.	$NO_3^- - N$ yükü		
			Hidrolojik Yıl	Sulama mevsimi	Sulama mevsimi dışında
		mg L ⁻¹kgN ha ⁻¹		
2007	Sulama Suyu	2.24±0.92	5.4	4.9	0.4
	Buğday	-		0	
	1. Mısır	Min 1.22		3.85	
		Max 4.48			
		Std sap. 0.57			
	2. Mısır	Min 0.14		2.16	
		Max 4.48			
		Std sap. 0.96			
2008	Sulama Suyu	3.91±2.82	6.0	5.7	0.3
	Buğday	-		0	
	1. Mısır	Min 1.17		3.35	
		Max 5.10			
		Std sap. 0.76			
	2. Mısır	Min 0.89		1.92	
		Max 5.11			
		Std sap. 0.89			

Zamansal olarak L3, L6, L7, L9 istasyonlarından giren suyun miktarına ve aynı tarihlerde ölçülen NO_3^- konsantrasyonlarına bağlı olarak, hidrolojik yıla ve

sulama mevsimine ait $NO_3^- - N$ 'u yük değerleri yine Çizelge 4.14'de verilmektedir. Tüm bitkiler genelinde, ortalama $5.4 \text{ kg } NO_3^- - N \text{ ha}^{-1}$ 2007 yılında sisteme girmiş olup, bunun $4.9 \text{ kg}'ı$ sulama mevsiminde, $0.4 \text{ kg}'ı$ da sulama mevsimi dışında kaydedilmiştir. Benzer rakamlar, 2008 yılında da elde edilmiştir; hidrolojik yılda $6.0 \text{ kg } NO_3^- - N \text{ ha}^{-1}$ girerken, bunun $5.7 \text{ kg}'ı$ sulama mevsiminde kaydedilmiştir. 2. ürün mısırın sulama sezonu daha kısa olduğu için birim alana düşen N yükü miktarı da düşük olmuştur, giren su miktarı arttıkça, giren N yükü de doğal olarak artmaktadır.

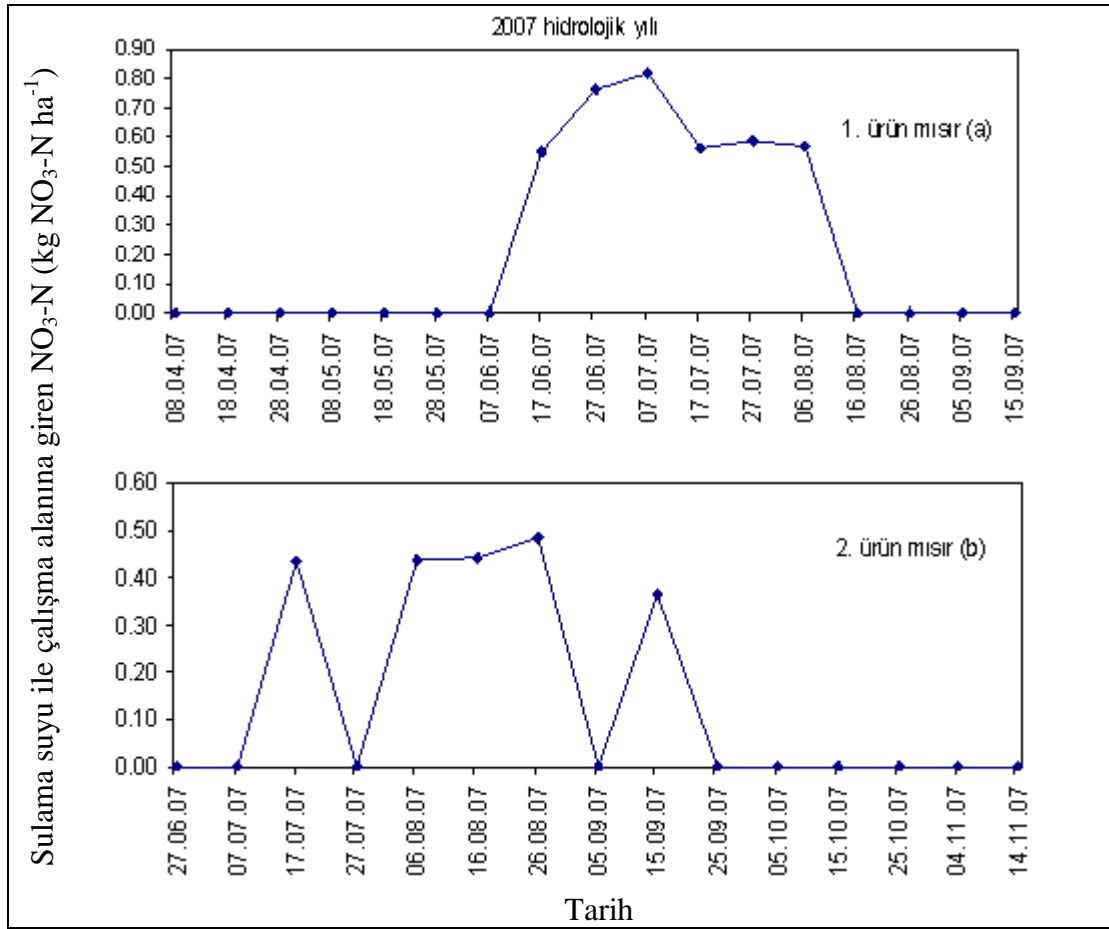


Şekil 4.9. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanına sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ miktarı ($\text{kg } NO_3^- - N \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$)

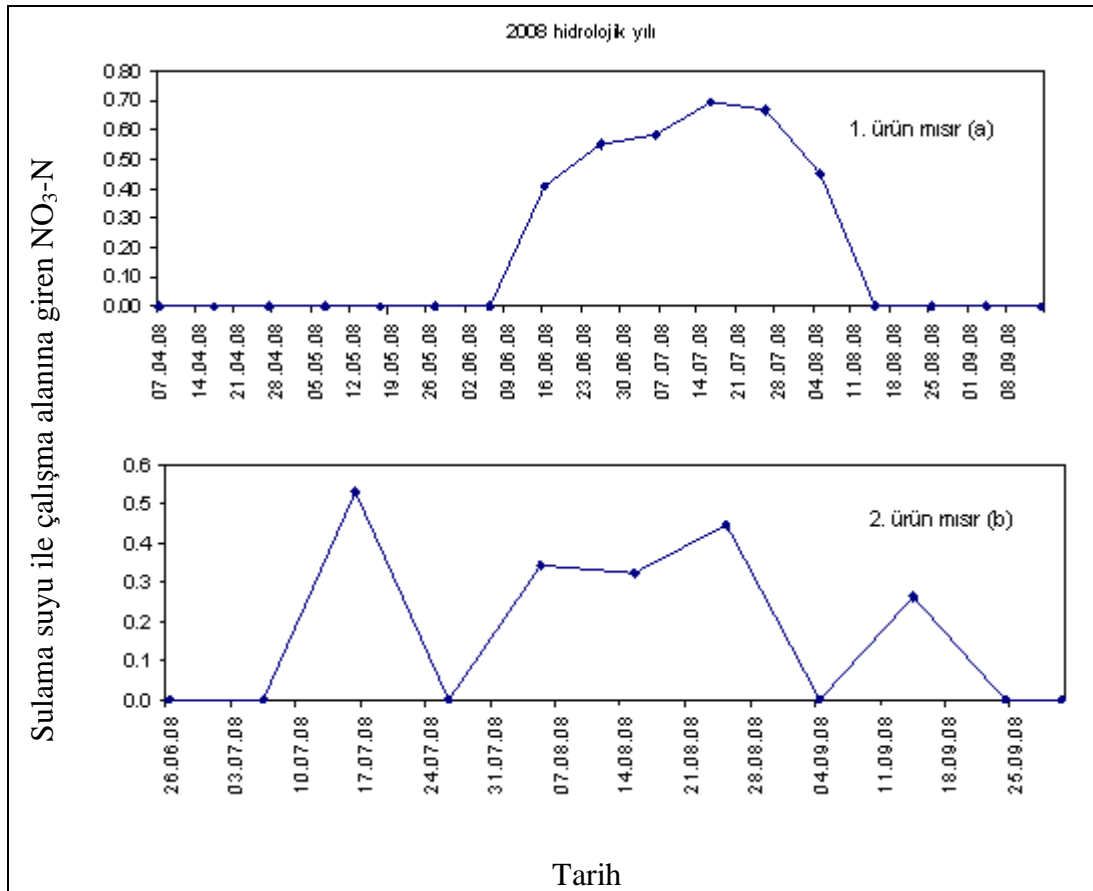
Araştırmanın yapıldığı iki hidrolojik yılda, sulama suyu ile tüm sulama havzasına aylara göre giren $NO_3^- - N \text{ ha}^{-1}$ olarak Şekil 4.9'da verilmektedir. Her iki

yılda da esas sulama 25 mart tarihinde başlamış, haziran ve temmuzda pik yaparak, giren $NO_3^- - N$ 'u yükünü de en yüksek düzeylere çıkarmıştır.

Şekil 4.9'a bağlı olarak bitkiler bazında ayrıntılı irdeleme yapıldığında, 1. ve 2. ürün mısıra sulama mevsiminde giren $NO_3^- - N$ yük dağılımı 2007 için Şekil 4.10'da, 2008 için de Şekil 4.11'de verilmiştir. Her iki şekilde de haziran-ağustos aylarında 1. ürün mısıra, temmuz-eylül ayları arasında da 2. ürün mısır alanlarına sulama suyu ile $NO_3^- - N$ 'nun girdiği görülmektedir.



Şekil 4.10. 2007 hidrolojik yılında 1. ve 2. ürün mısır alanlarına aylara göre sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1}$)



Şekil 4.11. 2008 hidrolojik yılında 1. ve 2. ürün mısır alanlarına aylara göre sulama suyu ile giren $NO_3^- - N$ yükü (kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹).

Her iki yılda da buğday sulanmadığı için, sulama suyu ile giren azot miktarı 0 olarak bulunmuştur. Birinci ürün mısıra hektar başına düşen, $NO_3^- - N$ 'u 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 3.85 ve 3.35 olarak bulunurken, 2. ürün mısır için yıllar içerisinde 2.16 ve 1.92 kg bulunmuştur (Çizelge 4.14). İkinci ürün alanlarına giren azotun düşük olması, bu bitkiye daha az sulama suyunun verilmesi nedeniyle olmuştur. Çünkü, deneme alanındaki mısır üretimi genelde temmuz- kasım aylarında yapıldığından dolayı, sulama özellikle eylül sonunda oldukça azalmış ya da bitkiler olgunlaşma döneminde olduğu için hiç gerçekleşmemiştir. Yörede sonbahar yağışları ekim ve kasım aylarından itibaren başladığı için, bitkilerin su ihtiyacı genellikle yağışlarla karşılanmaktadır. İki bitkiye de sulama suyu ile giren azot oldukça azdır. Mısır alanları dışında yetişen bitkilere uygulanan sulama suyu ile de sisteme bir N girişi olmuştur. Ancak, bu bitkilerin toplam ekili alanlar içerisindeki yüzdesi az

olduğu için katkı payı da az olarak değerlendirilebilir. Buğday ve mısırdan sonra en büyük ekim alanlarına sahip olan bitki narenciyedir (%20-25). Ancak, hem tez konusu olmadığı için hem de genelde damla sulama (dolayısıyla fertigasyon) ile sulandığı için narenciye hakkında detaylı bir bilgi toplanmamıştır.

Öte yandan, bu kadar büyük bir alanda (9 495 ha) ve onlarca mısır tarlasında iki yılda elde edilen değerlerin birbirlerine bu derece benzerlik göstermesi, gübreleme ve sulama açısından dengeli bir üretim sisteminin olduğuna işaret etmektedir. Son birkaç yıldır, 2. ürün mısır alanlarında hızlı bir düşüş olmuştur. İki yılın bitki deseni haritası ve %'leri, 2. ürün mısırın ekim yüzdesinin %5'lere hatta %1.3'lere düştüğünü göstermektedir. Sulama sorunları, hastalık ve zararlılarla mücadelenin gittikçe zorlaşması, bu bitkinin yerini tekrar pamuğa ve sebzelere bırakmıştır. Dolayısıyla, olumsuz koşullar bitki büyümesini sınırladığı için sulama da sınırlanmış ve azot girdisi oldukça az olmuştur.

Genel olarak, sulama suyu ile sulanabilir hektara giren $NO_3^- - N$ 'u miktarı oldukça düşüktür. Bulgular ve tartışmanın ilerleyen kısımlarında da vurgulanacağı gibi, her bitki için hesaplanan N-bütçesi içerisinde sulama suyunun payı oldukça düşük bulunmuştur. Çizelge 4.14'de de görüldüğü gibi bu miktar mısır alanları için 1.9 ile 3.9 kg $NO_3^- - N$ 'u arasında değişmiştir. Bu tür havza bazında yapılan bütçe çalışmalarında, sulama suyunun NO_3^- içeriği hem azot bütçesi üzerinde hem de taban suyu ve drenaj suyu NO_3^- içeriği üzerinde etkili olmuştur. Örneğin. İspanya'nın bazı büyük sulama havzalarında, NO_3^- konsantrasyonu açısından risk oluşturmeyen sulama suyu ile yapılan sulamalarda drenaja ve taban suyuna karışan NO_3^- miktarının azlığı dikkat çekmiştir (Isidoro ve ark., 2006)

4.5.2. Yağış ile Giren N

2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında, yağış suyunun ortalama NO_3^- konsantrasyonları sırasıyla 10.4 ve 17.4 olarak bulunmuştur. Bu konsantrasyonlar $NO_3^- - N$ 'u yüküne dönüştürüldüğünde, 2007 hidrolojik yılında toplam 8.0 kg

$NO_3^- - N$ ha⁻¹; bunun 5.0 kg'ı sulama mevsimi dışında, 3 kg'ı da sulama mevsiminde düşmüştür. 2008 yılında ise, toplam 9.1 kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ sisteme girerken, bunun 6.6 kg ha⁻¹'i sulama mevsimi dışında, 2.5 kg ha⁻¹'i da sulama mevsimi içerisinde düşmüştür. 2008 yılında yağış miktarının ve konsantrasyon fazlalığına bağlı olarak, yük de fazla bulunmuştur (Çizelge 4.15). Ayrıca, 2007 ve 2008 yıllarında aylar bazında birim alana düşen NO_3^- yükü Şekil 4.12'de verilmektedir. Yağış miktarına bağlı olarak, 2007 yılında en fazla yük girdisi Mart-Nisan aylarında olurken, 2008 yılında aralık-ocak aylarında olmuştur.

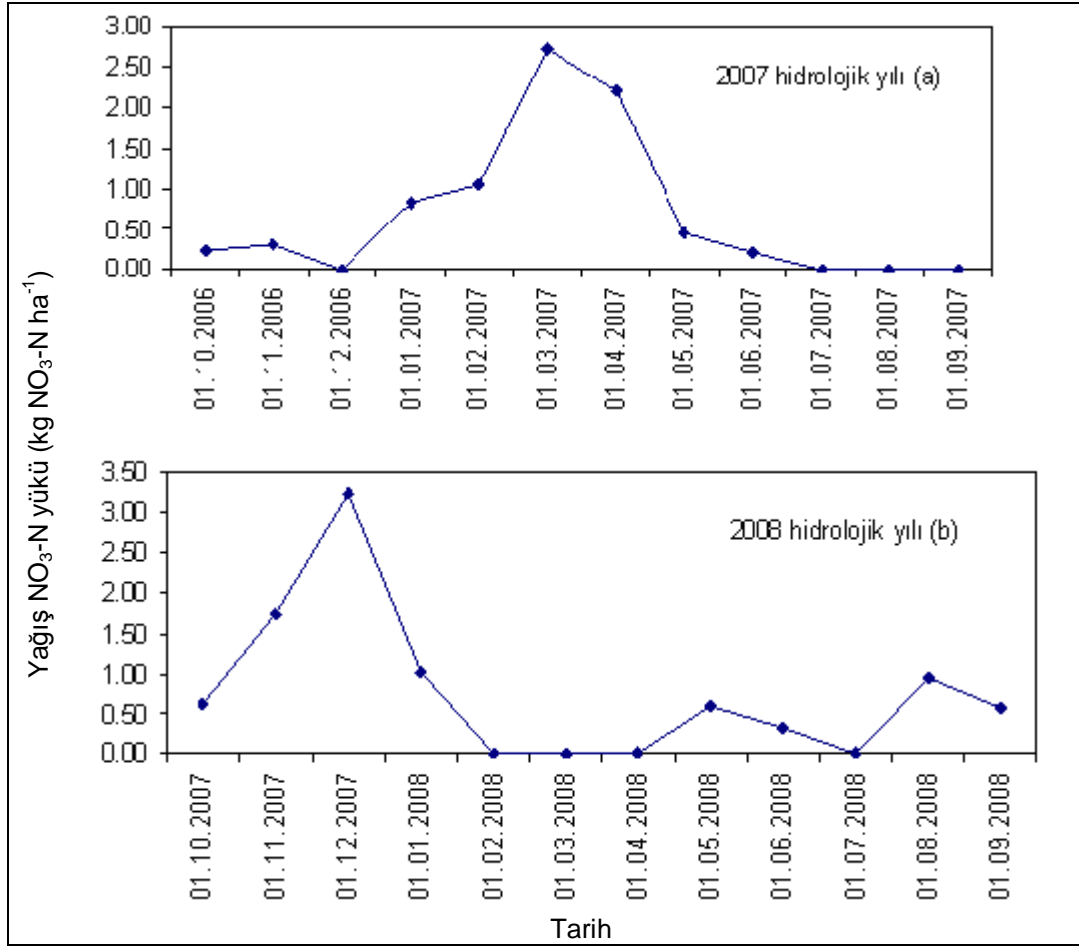
Çizelge 4.15. Yağış ve sulama suyu ile çalışma alanına giren ve drenaj suları ile çalışma alanından çıkan $NO_3^- - N$ yükü

Yıl	Parametre	Ortalama NO_3^- konsantrasyonu (mg L ⁻¹)	$NO_3^- - N$ yükü (kg.N ha ⁻¹)		
			Hidrolojik yıl	Sulama mevsimi	Sulama mevsimi dışında
2007	Yağış	10.44±11.86	8.0	3.0	5.0
	Sulama	2.24±0.92	5.4	4.9	0.4
	Drenaj	24.45±14.84	39.7	20.9	18.8
2008	Yağış	17.41±15.98	9.1	2.5	6.6
	Sulama	3.91±2.82	6.0	5.7	0.3
	Drenaj	21.10±13.38	29.3	16.9	12.5

Genel olarak, yağışla giren $NO_3^- - N$ yükü, mısır ve buğday bitkileri açısından değerlendirildiğinde, yağış miktarına bağlı olarak, birim alana yağış ile düşen N miktarı 2007 yılında buğdaya 7.21, 1. ürün mısıra 2.84 ve 2. ürün mısıra 1.33; 2008 yılında buğdaya 5.72, 1. ürün mısıra 1.84 ve 2. ürün mısıra 2.51 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16). Yağışlı dönemden kurak döneme doğru gidildikçe birim alana düşen azot miktarı doğal olarak azalmıştır.

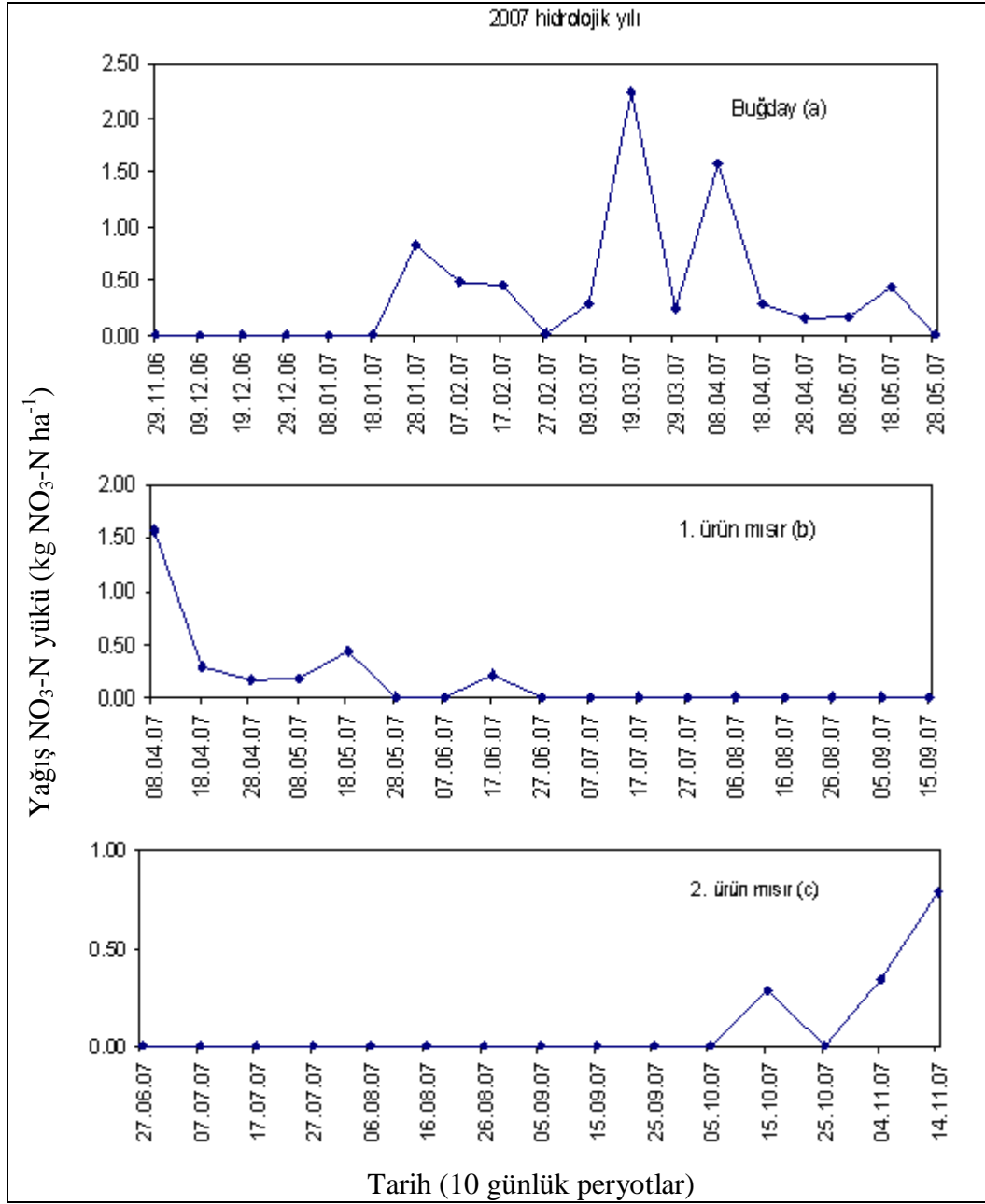
Çizelge 4.16. Bitkisel alanlardaki N yükü

Yıl	Açıklama	NO ₃ ⁻ -N yükü (kg.N ha ⁻¹)		
		Buğday	1. mısır	2. mısır
2007	Yağış	7.21	2.84	1.33
	Sulama	0	3.85	2.16
	Taban suyu (T_0)	20.00	39.46	21.70
	Taban suyu (T_h)	22.06	36.31	17.45
	Taban suyundan drenaja katkı	1.69	1.51	0.10
2008	Yağış	5.72	1.84	2.51
	Sulama	0	3.35	1.915
	Taban suyu (T_0)	25.63	35.18	25.18
	Taban suyu (T_h)	24.11	17.11	13.82
	Taban suyundan drenaja katkı	0.60	0.89	0.02

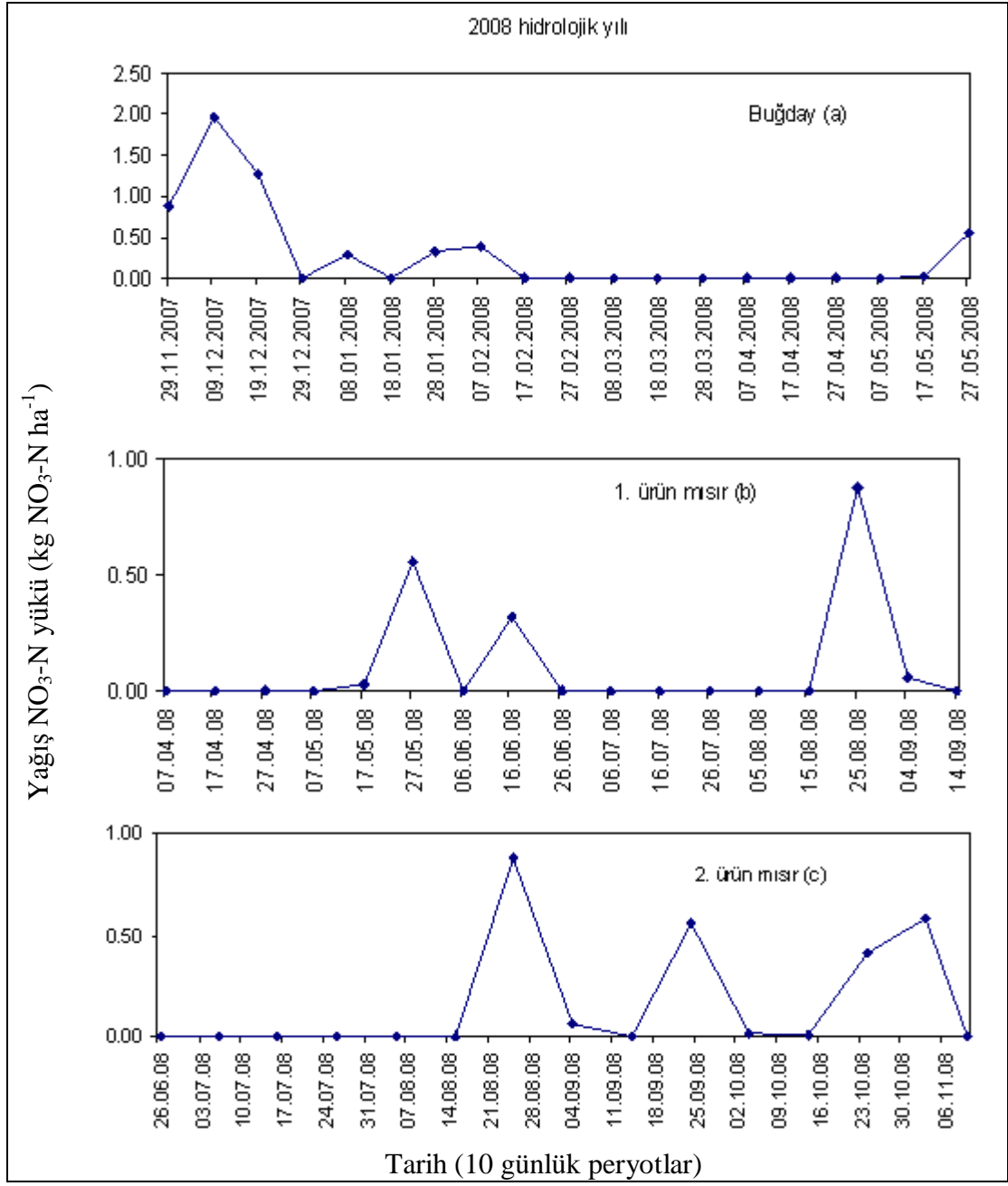


Şekil 4.12. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanına yağış ile giren $NO_3^- - N$ yükü

Bitki yetiştirme dönemlerinde yağış ile düşen $NO_3^- - N$ 'u yükü Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilmektedir. Buğday, tüm yetiştirme süresinde yağış, dolayısıyla $NO_3^- - N$ yükü alırken 1. ürün mısır yetiştirme dönemi başında, 2. ürün mısır da dönem sonunda yağışa bağlı olarak bir miktar $NO_3^- - N$ yükü almıştır. 2008 yılı, 1. ve 2. ürün mısır dönemlerinde daha yağışlı geçmiştir. Buna bağlı olarak $NO_3^- - N$ 'u yükü de fazla olmuştur.



Şekil 4.13. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır alanlarına yetiştirme periyodu boyunca yağış ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1}$)



Şekil 4.14. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarına yetiştirme periyodu boyunca yağış ile giren $NO_3^- - N$ yükü ($kg NO_3^- - N ha^{-1}$)

4.5.3. Taban Suyuna Bağlı Olarak Alanda Bulunan N

2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında tüm çalışma alanındaki NO_3^- konsantrasyonları örnekleme yapılan aylara göre verilmiştir. Ortalama konsantrasyonlar 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında şubat ayında sırasıyla 22.47 ve 25.10 mg L⁻¹ değerleri ile en yüksek bulunurken, bahar ve yaz döneminde 12.24-15.44 mg L⁻¹ arasında değişmiş ve ekim ayında 10.55 ve 10.70 mg L⁻¹ düzeyine gerilemiştir (Çizelge 4.17). Çalışma alanında bitki deseninin hemen hemen %20'sini oluşturan buğdaya uygulanan gübrenin kış yağışları ile önce çabucak çözünüp, sonra yıkanması sonucu konsantrasyon değerleri yüksek çıkmıştır. Kurak bir yaz döneminin geçmesi, sulama mevsiminin sonu ve hasat dönemi olması nedenleri ile ekim ayındaki konsantrasyon değerleri oldukça düşük bulunmuştur.

Konsantrasyon değerlerinin alansal dağılımları değerlendirildiğinde, 20-30 ve 30-50 mg L⁻¹ konsantrasyon dağılımları tüm alan genelinde, 2007 yılında toplam alanın %50.2'sini, 2008 yılında da %69.1'ini oluşturmuştur. Dolayısıyla, bitki deseni göz önünde bulundurulmaksızın şubat ayındaki konsantrasyonlar alan bazında da düşük çıkmıştır. Kritik risk düzeyinde olan 50 mg L⁻¹'nin üzerindeki konsantrasyonlar (Erisman ve ark., 2007) alanın ancak % 0.1-1.1'ini oluşturmuştur. Nitrat konsantrasyon değerleri, şu anda alan bazında kritik düzeyde bulunmadığını ancak, 30-50 mg L⁻¹ konsantrasyon alansal dağılımına bağlı olarak, olası bir kirlilik potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.17. 2007 hidrolojik yılında Akarsu Sulama alanında taban suyu nitrat konsantrasyonlarının (mg L^{-1}) alansal dağılımı (%)

Tarih	Alansal Ortalama	NO_3^- konsantrasyon dağılımı (mg L^{-1})				
		<10	10-20	20-30	30-50	50<
		Alansal dağılım (%)				
Ocak/07	12.60±8.15	46.8	39.6	8.5	4.9	0.2
Şubat/07	22.47±11.2	11.3	37.4	26.6	23.6	1.1
Mayıs/07	14.04±9.28	40.0	40.7	11.6	7.4	0.3
Temmuz/07	12.24±8.26	52.4	32.3	10.8	4.3	0.2
Ekim/07	10.55±9.01	66.4	20.8	6.7	5.9	0.2
Şubat/08	25.10±9.57	5.8	24.8	36.5	32.6	0.4
Nisan/08	15.44±10.83	40.0	36.7	10.9	12.0	0.4
Temmuz/08	15.21±10.60	40.5	32.9	15.6	10.9	0.2
Ekim/08	10.70±8.01	62.5	26.7	6.9	3.8	0.1

Taban suyu, yukarıda verilen konsantrasyon değerlerinden ve dağılımlarından başka, çalışma alanına bıraktığı $\text{NO}_3^- - \text{N}$ yükü açısından da değerlendirilmiştir. Taban suyuna bağlı olarak sistemde bulunan $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 'u yükü, ekim zamanı ve hasat zamanı toprakta bulunan N yükü ve bu iki zaman arasında taban suyundan drenaja olan katkı hesaplanmış olup, bu değerler ilerleyen bölümlerde Çizelge 4.18'de verilmiştir.

2007 yılında, ekim öncesi buğday alanlarında taban suyundaki $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 'u buğday alanlarında 20.0, 1. ürün mısır alanlarında 39.5 ve 2. ürün mısır alanlarında 21.7 $\text{kg NO}_3^- - \text{N ha}^{-1}$ olarak bulunurken, 2008 yılında aynı bitkiler için sırasıyla 26.63, 35.18 ve 25.18 kg ha^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). Yıllar ve bitkiler bazında değerlendirildiğinde değişim sınırları 20.0 ve 39.5 $\text{kg NO}_3^- - \text{N}$ 'u olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu fark, çok katlı rakamlar olarak bulunmamış ve taban suyundaki N yükü kalıcı bir düzeyde seyretmiş olarak değerlendirilebilir. Ancak, 1. ürün mısır öncesindeki yani mart ayında N yükü değeri, daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, kış ve bahar yağışlarına bağlı olarak profilde bulunan azotun taban suyuna kadar yıkanmış olmasıdır. Çalışma alanı genelinde, toprak bünyesi killi olsa da, özellikle 2007 yılında (ocak, şubat ve mart aylarındaki toplam 250 mm'lik yağışla) yağışa bağlı NO_3^- hareketini gözlemek mümkün olmuştur. Buğday ekim

zamanı olan kasım-aralık ve 2. ürün mısır ekim zamanı olan haziran sonunda daha düşük yük değerleri kaydedilmiştir. Buğday ekim zamanı için, NO_3^- hem yetersiz yağışlar nedeniyle taban suyuna önemli derecede yıkanamamış, hem de özellikle 1. ve 2. ürün sonrasında geleneksel olarak buğday ekimi yapıldığı için, kullanılan N'un çoğu bitki tarafından kullanılmıştır. Bitki desenine, dolayısıyla bu bitkilerin yetişme mevsimi ve dönemsel yağışa bağlı olarak yaklaşık olarak 10-20 kg N ha⁻¹ kadar bir fark kaydedilmiştir.

Hasat sonunda taban suyundaki $NO_3^- - N$ yükü, 2007 yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır için sırasıyla 22.06, 36.31 ve 17.45 kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). 2008 yılında aynı değerler, 24.11, 17.11 ve 12.19 kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ olmuştur. Bu değerler, ekim öncesi rakamlarla karşılaştırıldığında, özellikle 2008 yılı 1. ve 2. ürün mısır alanları taban suyu $NO_3^- - N$ yükünde bir azalma olmuştur (Çizelge 4.18).

Havza bazında yapılan çalışmalarda, taban suyuna ve drenaj sularına karışan NO_3^- 'ın nedeninin gübreleme (Zougmore ve ark., 2004; Isidoro ve ark., 2006) ve sulama olduğu (Causape ve ark., 2004) son yıllardaki çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ancak, her iki neden için de, bitki deseni ve toprak yapısı ve bünyesinin önemi büyüktür.

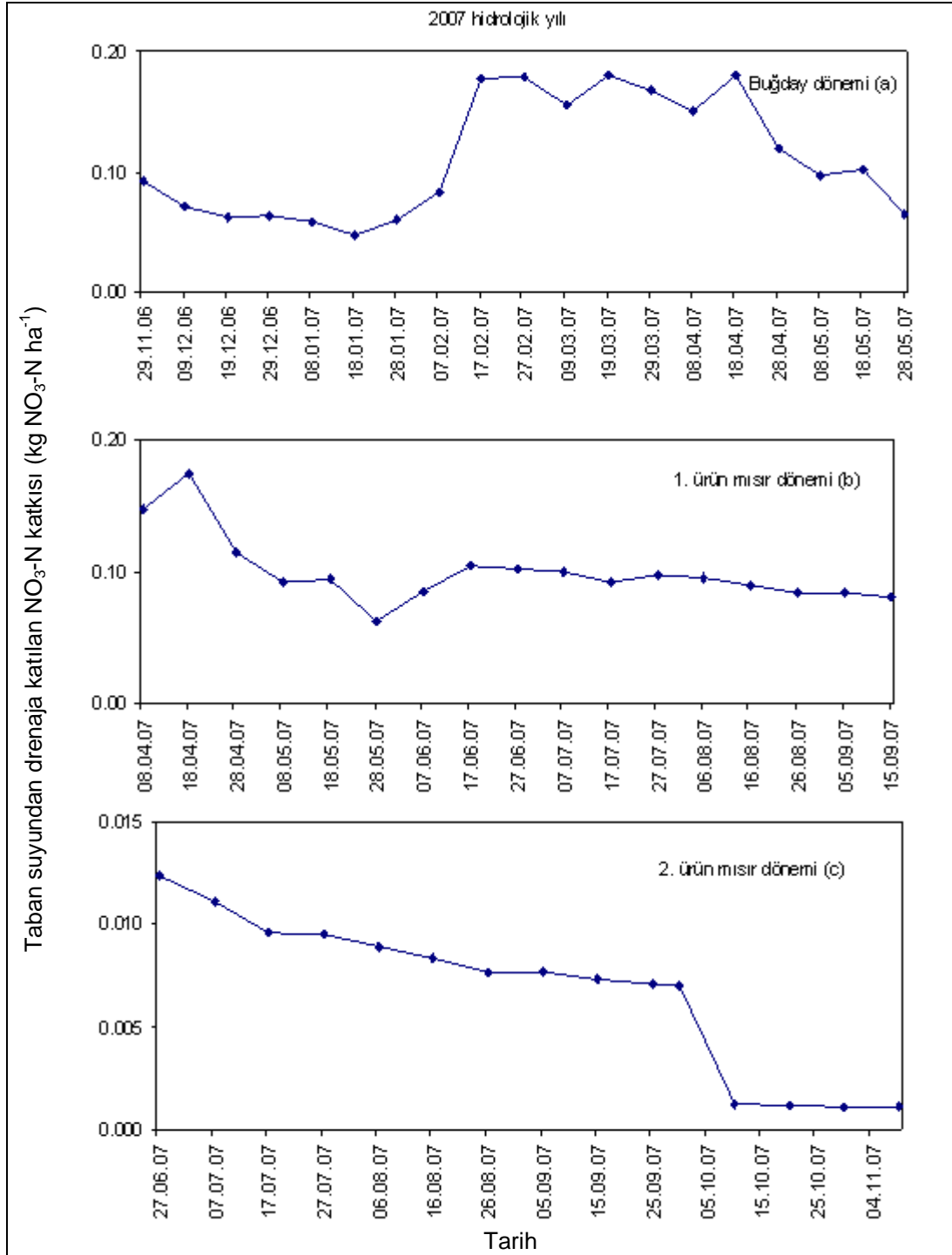
4.5.4. Taban Suyundan Drenaja Olan Katkı

Bitkisel üretim süresince (buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır) taban suyundan drenaja geçen $NO_3^- - N$ miktarı 2007 yılında sırasıyla buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır için 2.16, 1.89 ve 0.13 kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ olarak bulunurken, 2008 yılında aynı bitkiler için 1.03, 1.70 ve 0.03 kg $NO_3^- - N$ ha⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18). Bu rakamların özellikle buğday ve 1. ürün mısır için kısmen daha yüksek olmasının nedeni, bu iki bitkinin de gübreleme ve yetişme

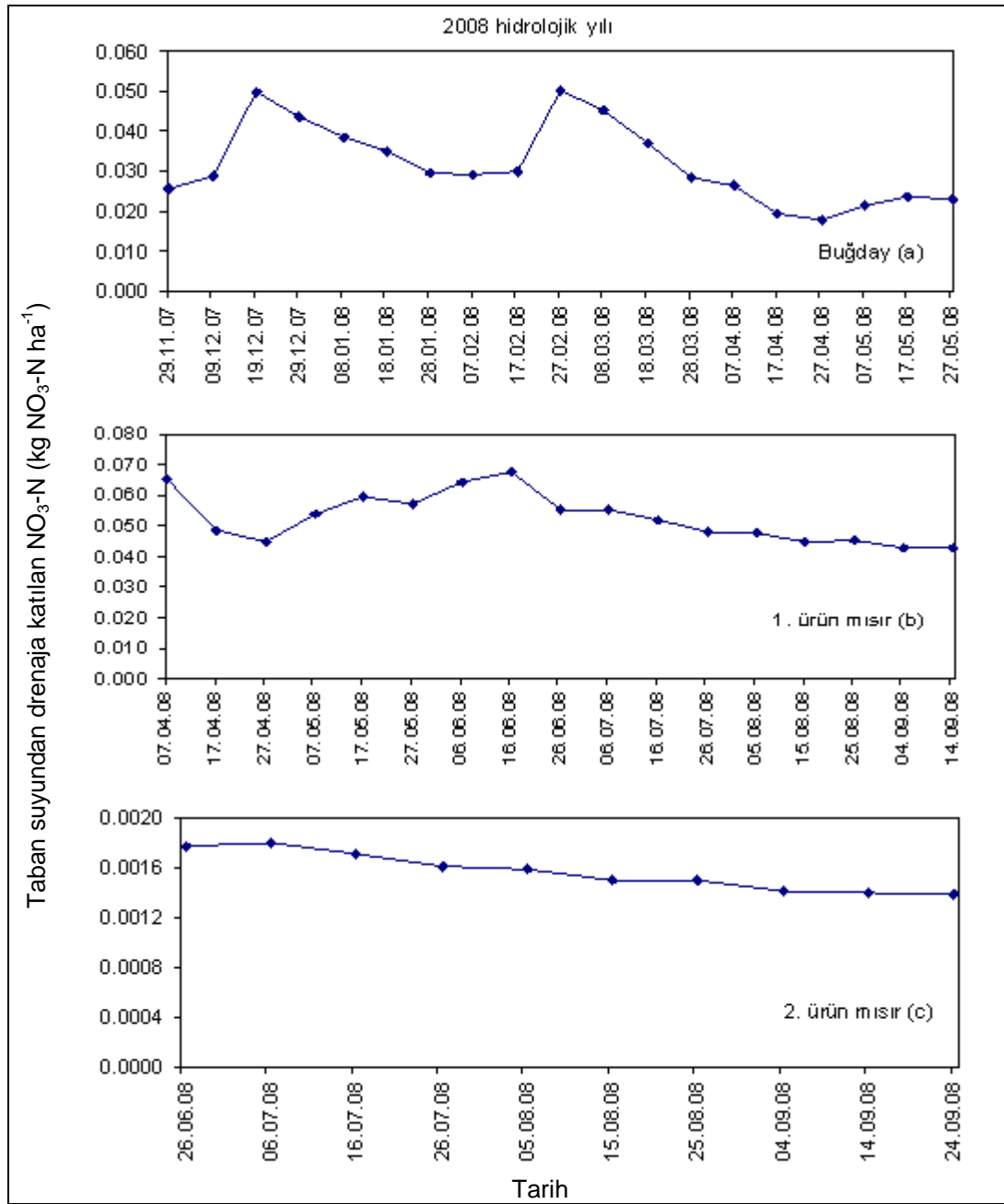
periyotlarının ya yağışlı bir dönemde olması (buğday) ya da sulama sezonuna (1. ürün mısır) denk gelmesinden olabilecektir.

Ancak, bütçenin tüm girdi ve çıktılarına ilişkin terimler değerlendirildiğinde, en düşük paya sahip olan bütçe ögesi drenaja karışan N olarak görülmektedir. Özellikle sulama suyunun NO_3^- konsantrasyonunun düşük olduğu alan ve dönemlerde taban suyundan drenaja N katılımı da düşük olmaktadır (Causape ve ark., 2004; Isidoro ve ark., 2006; Causape ve ark., 2006; Causape, 2009; Isidoro ve ark., 2010).

Çalışma alanının genel değerlendirilmesinin yanı sıra, bitkiler ve yetişme periyotları bazında incelendiğinde, buğday alanları için taban suyuna en fazla katılım mart-nisan aylarında, 1. ürün mısır için nisan ve haziran-ağustos aylarında, 2. ürün mısır için ise, haziran-eylül aylarında yani tüm sulama mevsimi süresince gerçekleşmiştir. Aynı tabloyu buğday haricinde 2008 yılında da görmek mümkün olmuştur (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16). Dolayısıyla, gübreleme zamanına, sulama mevsimine ve yağış dönemine bağlı olarak taban suyundan drenaja olan $NO_3^- - N$ 'u yükü de değişmektedir .



Şekil 4.15. 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında taban suyundan drenaja olan $NO_3^- - N$ ($kg NO_3^- - N ha^{-1}$) katkısı



Şekil 4.16. 2008 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında taban suyundan drenaja olan $NO_3^- - N$ ($kg NO_3^- - N ha^{-1}$) katkısı

4.6. Azot Bütçesi

Bu çalışmada bütçe oluşturulurken, azot girdileri ve çıktıları buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkilerinin yetiştirme süreleri göz önünde bulundurularak, her bitki için ayrı ayrı hesaplanmış (Çizelge 4.18) ve bütçe denkleminde (Denklem 3.2) kullanılmışlardır.

Bütçe hesaplamasında kullanılan aşağıdaki denklemin, sisteme girenler ve çıkanlar bölümündeki tüm toprak, bitki ve su hesaplamaları sonunda “ $kg N ha^{-1}$ ” biriminde olacak şekilde hesaplanmıştır. Sonuçta, birim alanda (hektar) bitki bazında biriken veya kaybolan azot miktarı hesaplanmış ve tartışılmıştır. Böylece, çalışma alanında ve benzer olarak Çukurova bölgesi genelinde, yaklaşık %70 yaygınlıkta olan buğday ve mısır bitkilerinin azot bütçesi üzerine olan rolleri ve katkıları sulanabilir geniş bir alanda belirlenmiş ve irdelenmiştir.

Çizelge 4.18. 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında bitkiler için hesaplanan azot bütçesi (kg N ha⁻¹)

Parametre	2007			2008		
	Buğday	1. ürün mısır	2. ürün mısır	Buğday	1. ürün mısır	2. ürün mısır
Girdiler						
N_g	195 (63.3)*	340 (73.5)*	325 (70.4)*	195 (63.1)*	340 (71.3)*	325 (69.3)*
N_{ss}	0	3.85	2.16	0	3.35	1.92
N_y	7.21	2.84	1.33	5.72	1.84	2.51
N_{tp0}	85.8	76.2	111.3	82.5	96.7	114.3
N_{ts0}	20.00	39.46	21.70	25.63	35.18	25.18
Toplam	308.01	462.35	461.49	308.85	477.07	468.91
Çıktılar						
N_b	184.7 (69.1)**	306.6 (73.8)**	162.8 (57.1)**	186.8 (72.0)**	274.9 (69.7)**	180.7 (75.4)**
N_{tph}	58.4	70.9	104.6	47.4	100.7	46.6
N_{tsh}	22.06	36.31	17.45	24.11	17.11	12.19
N_{tsd}	2.16	1.89	0.13	1.03	1.70	0.03
Toplam	267.32	415.70	284.98	259.34	394.41	239.52
Bütçe						
$\pm N_k$	40.7	46.65	176.51	49.51	82.66	229.39

*Toplam bütçe içerisinde gübre ile giren N miktarının % olarak payı

** Toplam bütçe içerisinde bitki tarafından kaldırılan N miktarının % olarak payı

Azot Girdileri: Uygulanan N'lu gübrelerle sisteme giren N (N_g), yıllar ve bitkiler bazında toplam bütçe girdilerinin %63.3- 73.5'ini oluşturmaktadır. Buğday için uygulanan azot miktarının %63.3 ve 63.1'lik payı mısra uygulanan göre biraz düşük olsa da, toplam bazında yine büyük bir paya sahiptir (Çizelge 4.18). Bu konuda yapılan birçok çalışmada, gerek bütçe terimi olarak, gerekse su kaynaklarını kirletici unsur olarak, uygulanan gübrelerin rolü başta gelmektedir (Owens, 1994; Bao ve ark., 2006; Liu ve ark., 2003; Ventura ve ark., 2008; Liu ve ark., 2008). Bu tez çalışmasında da, gübre olarak verilen azotun rakamsal bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Gübrelerin, özellikle azotlu gübrelerin, suda çözünürlüklerinin fazla olduğu dikkate alınır, uygulanan bu yüksek dozların yıkanma sonucunda kolaylıkla su kaynaklarına karışabileceği sonucu çıkmaktadır. Çizelge 4.18'deki değerler dikkate alındığında 2007 yılında çalışma alanına uygulanan toplam N'lu gübrelerin %72.5'i, 2008 yılında ise 69.4'ü söz konusu olan üç bitkiye verilmiştir. Son yıllarda benzer iklime sahip İtalya'da yapılan bir çalışmada da, mısır en fazla gübre uygulanan (toplam uygulananın %40'ı) bitki olarak öne çıkmıştır (Ventura ve ark., 2008).

Toplam girdilerde ikinci sırayı bitki ekim dönemi başlangıcında toprak profilinde bulunan $N_{\min} (NH_4^+ - N + NO_3^- - N \text{ ha}^{-1})$ almakta olup, rakamsal olarak 76.2 – 114.3 kg N ha⁻¹ (N_{t0}) arasında bir değişim göstermiştir. Üçüncü sırada ise, ekim dönemi başında taban suyundaki N yükü bulunmaktadır. Yağış ve sulama suyu ile giren N, 1.33 – 7.21 kg N ha⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.18). Yağış ve sulama suyu ile giren N, Ventura ve ark. (2008) tarafından İtalya'da yapılan çalışma ile de benzerlik göstermiştir. Taban suyunda ekim öncesinde bulunan N yükü (N_{t0}) bitkiler için 20.00 ile 39.46 kg $NO_3^- - N \text{ ha}^{-1}$ arasında değişmiştir. Çalışma alanının büyük bir bölümünde, taban suyu derinlikleri özellikle kış aylarında (buğday zamanı) ve sulama sezonunda (mısır zamanı) genelde 1-1.5 m arasında değiştiği için (FP6, Qualiwater projesi, 2006-2009 yıllık raporları), taban suyundaki N yükü bir bütçe girdisi olarak oldukça önemli olmaktadır. Taban suyu çok daha derinlerde olsa idi, bu değerlendirmeyi yapmak bu derece önemli olmayacaktı.

Toplam girdiler bitkiler bazında ve yıllar arasında benzerlik göstermiştir. Birim alana bitki bazında uygulanan gübre miktarları değişmeyip, diğer girdi

bileşenleri değiştiği için, toplamdaki değişkenlik fazla olmamıştır. Çünkü, çiftçilerin rutin uygulama dozlarını birdenbire değiştirmesi söz konusu değildir. Dolayısıyla, bitkilerin ekim alanları değiştiği zaman, toplam alana giren N miktarı da değişecektir.

Azot Çıktıları: Toplam çıktılardan %57.1–75.4'ünü bitkilerle kaldırılan N oluşturmuştur. Bu rakamlar, genel anlamda gübre ile giren %'lere benzerlik göstermektedir. Ancak, alım yüzdelerini bitkisel bazda sınıflamak mümkün olmamaktadır. Bitki ile kaldırılanların tamamen gübre azotundan geldiği kanısına varmak hatalı olacaktır. Çünkü, bitki ile kaldırılanların büyük bir bölümü gübre-N'undan gelse de, toprakta mineralizasyona uğrayan N, desorbe olan NH_4^- ve atmosferden bağlanan N_2 da belli bir paya sahiptirler. Burada tekrar, ^{15}N uygulamaları ile birkaç çalışmanın yapılarak bölgesel bazda bilinmeyenlere ışık tutulması gerektiğini vurgulamak gerekir.

Azot çıktıları içerisinde yine ikinci sırayı toprak profilinde (0-90 cm) kalan N_{min} oluşturmaktadır, değerler 46.6 ile 104.6 kg N_{min} ha⁻¹ arasında değişmiştir. Üçüncü sırada, taban suyundaki $NO_3^- - N$ 'u yükü bulunmaktadır. Bitkiler bazında ekim öncesi ve sonrası taban suyundaki N yükü verileri değerlendirildiğinde, birkaç kg'lık azalma veya artma dengenin hala korunduğunu göstermektedir. Ancak, 2008 yılında, 1. ürün mısırdaki ekim öncesinde taban suyunda var olan N yükü 35.2 kg N ha⁻¹'den, hasat sonunda 17.1 kg N ha⁻¹'a, 2. ürün mısırdaki da 25.2'den 12.2 kg N ha⁻¹'a düşmüştür. %50'lik bu azalma, 2. ürün için belki daha fazla bitki tarafından kaldırılmaya (180.7 kg N ha⁻¹) ve bu alanlardaki taban suyunun olası derinliğine bağlansa da, 1. ürün için belki de yalnız taban suyu derinliği ile ilişkilendirmek daha doğru olacaktır. Taban suyu yükseldikçe ve bitki kök bölgesinde kaldığı sürece bitkiler taban suyunu ve dolayısıyla taban suyu nitratını kullanacaktır. Bu tür bir bağlantı, birçok çalışmada da irdelenerek, taban suyu yükseldikçe yıkanmadan dolayı N konsantrasyonunun arttığı şeklinde kaydedilmiştir (Venugopal ve ark., 2009; Chen ve ark., 2007). Taban suyuna yansımayan %50'lik N, ya toprakta form değiştirmiş, bitki tarafından alınmış ya da denitrifikasyona uğramış ve volatilize olmuştur. Ayrıca, immobilizasyona uğrayan N'un, yıllar içerisinde tekrar mineralizasyona

uğraması dengenin sağlanması ve önemli bir depolanmanın olmaması açısından önemlidir.

Diğer bir çıktı ögesi de, her bitkinin üretimi süresince taban suyundan drenaja katılan N miktarıdır. Çalışma alanı genelinde taban suyu 1-1.5 m gibi oldukça sığ (yüzeğe yakın) olduğu için, bu kaynaktan drenaj kanallarına N yıkanması veya katılımı olmuştur. Drenaja katılım ikinci yılda daha az olurken, en çarpıcı rakam 2. ürün mısır alanları taban suyundan drenaja katkının 0.13 ve 0.03 kg N ha⁻¹ gibi çok az olmasıdır (Çizelge 4.18). Oysa, bütçe çıktı öğelerinden bitki ile kaldırılan kısmen daha az olduğu için gübreden kalanın bir kısmının taban suyuna ve drenaja katılımı beklenirdi. Bunun olası nedenlerinden biride taban suyunun yükselmesi nedeniyle taban suyu akımının olmaması, dolayısıyla taban suyu ile nitrat kaybının az olmasına atfedilebilir.

Kalan Azot (Nk): Buğday alanlarında, ekim ve hasat dönemi arasındaki tüm girdi ve çıktılar değerlendirildiğinde, 2007 yılında sisteme 40.7 kg N ha⁻¹ eklenirken, 2008 yılında bu rakam 49.5 kg N ha⁻¹'a yükselmiştir (Çizelge 4.18). Ancak, 9.5 kg'lık N artışının ilerleyen yıllarda da devam edip etmediğini anlamak gerekir; artış ya yıllar içerisinde devam edecek, ya da dengeyi koruyacak yada azalma eğilimine geçecektir.

Birinci ürün mısır alanlarında ise, 2007 yılında artı yöndeki katılım 46.7 iken 2008 yılında 82.7 kg N ha⁻¹ olmuştur (Çizelge 4.18). 2008 yılında bitki ile kaldırılan 2007 yılına göre daha az olduğu için, 82.7 kg'lık N'un bir kısmı bitki tarafından alınmayan yansıması olabilecektir. Ayrıca, bitki tarafından alımın az olmasının diğer nedenleri, genotipsel farklılıklardan dolayı verimin daha az olması ve dolayısıyla daha az N'un alınmasıdır.

En dramatik resim 2. ürün mısır alanlarında 2007 yılında 176.5, 2008 yılında da 229.4 kg N ha⁻¹'in sistemde kalıyor olmasıdır (Çizelge 4.18). Buğday ve 1. ürün mısır için bu kadar yüksek rakam bulunmamıştır. Dolayısıyla, 2. ürün mısır alanları sistem için potansiyel kirlenici olarak dikkat çekmektedir. İkinci ürün mısır alanları son yıllarda %5.3'e ve daha sonra da % 1.3'e düştüğü için, havza bazında oluşacak N kirlilik sorunu çok ciddi boyutlara ulaşmayacak kanısı doğmaktadır. Ancak, 2. ürün mısır alanlarının gelecekte artması, yüksek dozda N ile gübrenmesi, bölgesel üretim sorunlarından dolayı verimin ve dolayısıyla bitki ile kaldırılan N'un düşük

olması nedeniyle sistemde kalan N sorun yaratacaktır (Liang ve ark., 2005). Literatür bilgisi de, 1970’li yıllarda eksi olan N-bütçesi değerlerinin 80’li yıllarda dengede olduğunu, son yıllarda ise artışa geçtiğini göstermektedir (Syers ve ark., 2002, Bao ve ark., 2006). Aynı zamanda, ekosistem bazında N bütçesi çalışmalarının uzun yıllık denemelere bağlı olarak hesaplanması, sistemin tüm girdi ve çıktılarının bilinmesi (Ross ve ark., 2008) ve bilinmeyen proses sonuçlarının açıklanması açısından önemli olmaktadır.

Öte yandan, yapılan birçok bütçe çalışmasında bazı ögeler denemeler sonucunda ölçülürken, bir kısmı da model parameterelerinden alınmıştır (Oenema ve Heinen, 1999; Oborn ve ark., 2003; Ross ve ark., 2008; Ferrant ve ark., 2009, Ammann ve ark., 2009). Toprakta $NO_3^- - N$ azotu yıkanmasını minimize etmek (Meisinger ve Delgado, 2002) ve çevre kirlenmesi üzerine olan negatif etkileri önlemek (Liu ve ark., 2003) için bütçe, “*mass balance*”, çalışmalarının önemi vurgulanmıştır (Alva ve ark., 2006). Çevre kirlenmesini önlemek açısından, bu tez çalışmasında ölçülen her öge deneysel olarak ölçülmüş, analiz edilmiş ve hesaplanmıştır. Dolayısıyla tüm rakamlar herhangi bir soru işareti taşımayan gerçek ölçümlerdir.

Bu bütçede göz ardı edilen, ancak bazı bütçe hesaplamalarında dikkate alınan mineralizasyonla, tohumla, bitkisel artıkların dekompozisyonu ve yakılması (Bao ve ark., 2006) ile ortama katılan N, *girdi ögeleri* olarak, denitrifikasyonla (Delgado ve ark., 2002, Brock, 2001) ve volatilizasyonla oluşan kayıplar (Zhu ve Chen, 2002; Bao ve ark., 2006; Yoshikawa ve ark., 2008) ise *çıktı ögeleri* olarak bu tez çalışmasında ölçülemedi, belirsiz kalmıştır. Öte yandan, denitrifikasyon ve volatilizasyon kayıplarının N-bütçesi düzeyinde oldukça az olduğu, son yıllarda Çin’de yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Liu ve ark., 2003). Ancak, kireçli topraklarda, özellikle üre ve amonyumlu gübrelerin uygulanması ile NH_3 şeklindeki kayıpların olduğu da bilinen bir gerçektir (Zhu ve ark., 2002).

Bunların yanı sıra, sulama suyu ve yağışla sisteme girenlerin bilinmesi, taban suyundan drenaja katkı ve taban suyundaki N yükünün hesaplanması gibi ölçümü, analizleri ve sürekliliği zor işlemlerin yapılması, bu bütçe hesaplamasında en büyük artılardır. Kaldı ki, “*in situ*” koşullarında yürütülen N-bütçe hesaplamaları oldukça

azdır (Liu ve ark., 2003) ve belirlenmesini güçleőtiren ölçümü zor ögeler ve toprak prosesleri bulunmaktadır (Sogbedji ve ark., 2000). Özellikle Türkiye’de böyle bir çalışmanın gerçek ekolojik ve sulama koşullarında yapılmış olması, gelecekteki bu tür çalışmalara ışık tutması ve konu hakkında söz sahibi olunması açısından son derece önem taşımaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Azot, bitkiler için en önemli besin elementlerinden biri olması nedeniyle, gerek bitki ve toprak, gerekse su ortamında araştırmaları yapılarak yıllardır gündemde kalmış ve azotun dinamiği günümüze kadar da güncelliğini korumuştur.

2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında Aşağı Seyhan Ovası, Akarsu Sulama Sahasında (9 495 ha) yürütülmüş olan bu tez çalışmasında, ovada ekimi yoğun olarak yapılan bitkiler (buğday, 1. ürün mısır, 2. ürün mısır) bazında N'un bitkisel üretim sistemine girdi ve çıktı unsurları tek tek ölçülmüş, hesaplanmış ve tartışılmıştır. Söz konusu çalışma alanı için olduğu kadar, tüm Türkiye için de, bir sulama havzasında bu tür bir N-bütçe çalışmasının yapılması nadir belki de ilk çalışmadır. Yıllardır parsel ve deneme alanları boyutunda yapılan N çalışmaları sulama sahası boyutunda tüm detayları ile bölgede ilk kez ortaya konulmuştur. Bu kapsamda, tez çalışması bulguları yukarıda verilmiş olup, daha somut sonuçlar ve bunlara bağlı öneriler bu kısımda irdelenecektir.

Toprakta N_{\min} ;

Toprak profilinde ekim öncesi ölçülen NH_4^- ve NO_3^- konsantrasyonları (mg kg^{-1}), dolayısıyla bunlara bağlı N yükleri (kg N_{\min} ha^{-1}), toprak katmanları bazında değişkenlik göstermiş olup, en yüksek değerler 0-30 cm'lik yüzey katmanında bulunurken, bunu 30-60 ve sonra da 60-90 cm derinlikleri izlemiştir. İki yıl için, buğday alanlarında 85.8 ve 82.6, 1. ürün mısır alanlarında 72.4 ve 84.8 ve 2. ürün mısır alanlarında ise 111.3 ve 120.3 kg N_{\min} 'in varlığı gerçek ölçüm değerleri olarak kaydedilmiştir.

Toprak profilinde hasat sonunda ölçülen N_{\min} değerleri, 2007 ve 2008 hidrolojik yılları içerisinde buğday için 58.3 ve 47.4, 1. ürün mısır için 70.8 ve 80.1, 2. ürün mısır için ise 104.5 ve 48.9 kg N_{\min} ha^{-1} olarak bulunmuştur. Dolayısıyla hasat sonundaki değerler, ekim öncesi değerlerden daha düşük bulunmuş olsa da, toprak profilinde önemli miktarda hala N_{\min} 'in olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre, ekim öncesindeki değerler gübre önerilerinde, ekim sonrası değerler ise izleyen bitki için gözönünde bulundurulmalıdırlar. Bu tez çalışmasında, ekim öncesi profilde var olan N_{\min} değerleri ile verim ve kaldırılan N arasında düşük ilişkili de olsa pozitif değerler bulunmuştur. Dolayısıyla, uygulanacak N'lu gübre ekim öncesi N_{\min} 'e bağlı olarak azaltılarak verilmelidir. Bu konu, çevre koruma kadar çiftçi ekonomisi açısından da önemli ve çiftçileri toprak analizleri yapmaya yönlendirmek açısından da oldukça caziptir.

Profilde kalan N, aynı zamanda çevre kirliliği açısından da risk oluşturacak bir faktördür. Nitekim, olası bu birikim şubat ve temmuz aylarında yağış ve sulama suyuna bağlı olarak taban suyundaki NO_3^- konsantrasyonunun artması şeklinde kendini göstermiştir.

Bitkilerce Kaldırılan N

Bitkilerce kaldırılan N yüksek olsa da, uygulanan gübre dozlarının gerisinde kalmıştır. En fazla azot 1. ürün mısır tarafından kaldırılmıştır. Ayrıca, toprakta var olan ve çeşitli yollarla toprağa giren N da eklendiğinde, N kullanım etkinliği düşme göstermiştir. Azot kullanım etkinlikleri en düşük %35 ile buğday ve en yüksek %66 ile 1. ürün mısır için hesaplanmıştır.

Bu tez çalışması ile N-bütçesi çerçevesinde AKE'ni hesaplamak mümkün olmuştur. Son yıllardaki literatürler, bu tür bir AKE hesaplamasının daha kapsamlı ve anlamlı olduğunu vurgulamaktadırlar.

Bütçe Girdi, Çıktıları ve Bütçe

Azot bütçesi hesaplamaları için, bu tez çalışması kapsamında girdiler olarak, N_g , N_{ss} , N_y , N_{tp0} , N_{ts0} çıktılar olarak N_b , N_{tph} , N_{tsh} , N_{tsd} ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Yıllar içerisinde en yüksek girdi N_g ile (340 ve 325 kg N ha⁻¹) olup, bunu N_{tp0} ile, 2007 hidrolojik yılı için buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır alanlarında (ekim öncesi topraktaki N_{\min} miktarı) sırasıyla 85.8, 76.2 ve 111.3 kg N_{\min} ha⁻¹, 2008 hidrolojik yılı için sırasıyla 82.5, 96.7, 114.3 kg N_{\min} ha⁻¹ izlemiştir.

Tüm dünya literatürü de N-bütçesinde ve su kaynaklarının kirlenmesinde en önemli girdinin gübre ve kaynaklı olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanında kullanılan sulama suyunun NO_3^- açısından oldukça temiz olduğu dikkat çekmektedir. Sulama ile 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında 1. ürün mısıra sırasıyla 3.85 ve 3.35 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$, 2. ürün mısır alanlarına ise 2007 ve 2008 hidrolojik yılları sırasıyla 2.16 ve 1.92 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$ eklenme olmuştur. Yağış ile giren $NO_3^- - N$ miktarı ise 2007 hidrolojik yılında buğdaya 7.21, 1. ürün mısıra 2.84 ve 2. ürün mısıra 1.33 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$ olurken, 2008 hidrolojik yılında buğdaya 5.72, 1. ürün mısıra 1.84, 2. ürün mısıra 2.51 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$ olarak kaydedilmiştir.

Çıktılar olarak ise; N_b , N_{tph} , N_{tsh} , N_{tsd} ölçülmüş ve hesaplanmıştır. İki yıl içerisinde en yüksek çıktı, bitkinin kaldırdığı N olup, bunu N_{tph} ve N_{tsh} izlemiştir. Taban suyundan drenaja N katkısı oldukça az olmuştur. 2007 hidrolojik yılı için sırasıyla buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır için 2.16, 1.89 ve 0.13 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$ iken, 2008 hidrolojik yılı için ise yine sırasıyla 1.03, 1.70, 0.03 kg $NO_3^- - N ha^{-1}$ olduğu ölçülmüştür. Ancak, alanın büyük bir kısmında taban suyunun yüzeye yakınlığı (1-1.5 m) ve ekim öncesi ve sonrası dönemlerde içerisinde bulundurduğu N yükü değerlendirildiğinde önemli bir bütçe ögesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Azot bütçesi hesaplamaları incelendiğinde; azot bütçelerinin hepsinin “+” yönde yani sistemde birikme veya dönüşüme uğrayan olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, denitrifikasyon, immobilizasyon, mineralizasyon ve volatilizasyon gibi N dönüşüm mekanizmaları bu tez çalışmasında ölçülmediği için, bulunan bu “+” değerlerin kaynağı olarak gösterilmektedirler. Öte yandan tüm bütçe terimlerinin genel bütçe denklemi kullanılarak hesaplanması sonucu bulunan değerler 2007 hidrolojik yılında buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkileri için sırasıyla 40.7, 46.65, 176.51 ve 2008 hidrolojik yılı için sırasıyla 49.51, 82.66, 229.39 kabul edilebilir başarılı rakamlar olarak kaydedilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen tüm bu somut sonuçlar göz önüne alındığında Aşağı Seyhan Ovası, Akarsu Sulama Sahasında, 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında çalışma alanındaki bitki deseninin değerlendirilmesinin yapacak olursak, %65-70 yaygınlıkta buğday, 1. ürün mısır ve 2. ürün mısır bitkilerinin yetiştirilmekte olduğu belirlenmiştir. Genel olarak %20-25 yaygınlıkta kalıcı olan narenciye alanları değişmedikçe, söz konusu olan bitkilerin oluşturduğu ürün deseni önümüzdeki yıllarda da devam edecek ve azot bütçesindeki dalgalanma belki de çok çarpıcı olmayacaktır. Ancak, çiftçilerin 2. ürün mısır yetiştirme döneminde karşılaştıkları yönetsel, ekonomik ve iklimsel sorunlar ve bu sorunlar sonucu ortaya çıkan olumsuzluklar ile 2. ürün mısır alanları hızla düşmektedir. İlerleyen dönemlerde bunun yerini alternatif bitkilerin alması muhtemeldir.

Uygulanan toplam N'lu gübrenin 2007 ve 2008 hidrolojik yıllarında sırasıyla %72.5 ve 69.4'ü buğday, 1. ve 2. ürün mısıra uygulanmış olup, bunlar içerisinde de 1. ürün mısır en yüksek uygulama payına sahiptir. Azot bütçe rakamlarına bağlı olarak, 1. ve özellikle 2. ürün mısır alanlarına uygulanan azotlu gübrelerin (sırasıyla 340 ve 325 kg N ha⁻¹) yüksek olduğu ve buna bağlı olarak bitkiler tarafından azotlu gübre kullanım etkinliğinin azaldığı gözlenmiştir.

Azotlu gübrelerin, özellikle 2. ürün mısırdaki hemen hemen 1/3 oranında azaltılmasının söz konusu olabileceği saptanmıştır. Çukurova Bölgesinde 2. ürün mısır yetiştirme dönemi, yılın en sıcak aylarına (Temmuz-Ağustos) rastlamaktadır. Bitkilerin tozlaşma döneminde artan sıcaklık tozlaşma sürecini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bununla birlikte artan sıcaklık hastalık ve zararlıların oluşumunu teşvik ederek bitkisel verimin önemli oranda düşmesine neden olmaktadır. Bunların yanı sıra 2. ürün mısır yetiştirme döneminde gün uzunluklarının azalmaya başlamasıyla bitkilerin fotosentez yapmasının düşmesi bitki gelişimini olumsuz etkilemekte ve bu olumsuzluk gübre kullanım etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Gübre kullanım etkinliğinin azalması azot bütçe denkleminin en önemli girdisi olan azotlu gübrelerin kayıplarını artırarak kirlilik risk potansiyelini yükseltmektedir.

Bitkisel üretimde, toprak su karakteristiklerine dayalı sulama ve gübreleme metotları uygulanarak, sulama sistemleri kurulurken ve sulama yapılırken yüzey

akışına neden olmayacak şekilde alana verilecek suyun hesaplanarak verilmesi azot kayıplarını azaltabilir. Bununla birlikte ekim öncesi mutlak toprak analizi yapılmalı ve toprakta N_{\min} dikkate alınarak azotlu gübreler azaltılarak uygulanmalıdır.

Artan çevresel kaygılar ve küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişimleri nedeniyle bozulan doğanın korunması için tarımsal üretimde hassas tarım teknikleri, hızlı doku testleri, damla sulama, fertigasyon gibi yenilikçi ve optimum gübreleme yöntemleri üzerinde çalışmalar artırılarak azotun kirlilik risk potansiyelinin azaltılması sağlanmalı ve bu uygulamalar yayım faaliyetleri ile çiftçilere benimsetilerek pratikte uygulanabilir hale getirilmelidir.

Çukurova Bölgesi' nin genel özelliği olan yüksek sıcaklık ve toprakların sahip olduğu yüksek pH'nın (7.5-8.2) etkisi ile azotlu gübrelerin serpmeye yoluyla uygulandığı durumlar volatilizasyonla azot kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Azotun volatilizasyonu bütçeyi etkileyebilecek önemli terimlerden birisi olabileceği için bölge için oluşturulacak yeni azot bütçe denklemlerinde azotun girdi ve çıktılarının hesaplanmasında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir çıktı terimi olarak değerlendirilmesi, azotun dinamiğinin daha iyi anlaşılabilmesi için yarar sağlayabilir. Bu nedenle yeni oluşturulacak bütçe denklemlerinde toprak ve iklim faktörleri dikkate alınarak azotun diğer girdi ve çıktılarının hesaba katılarak denitrifikasyon, volatilizasyon gibi diğer azot girdi ve çıktı ölçütlerinin dikkate alınması azotun dinamiğinin belirlenmesine ve kirlilik risk potansiyelinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ADDISCOT, T.M., WHITMORE, A.P. ve POWLSON, D.S., 1991. Farming fertilizers and the nitrate problem. CABI Publ., Wallingford, UK.
- AKKURT, F., ALICILAR, A., ŞENDİL, O., 2002. Sularda Nitratın Adsorpsiyon Yoluyla Uzaklaştırılması. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 17, No 4, 83-91.
- ALLAN, R., PADİEM, H., ve ZÜLKADİR, A., 1995. Farklı N kaynaklarının marul (*Lactusa sativa L.*)’da bazı biyolojik özelliklere ve nitrat birikimine etkisi. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri, Cilt II. 3-6 Ekim 1995, Adana, 321-325.
- ALVA, A.K., PARAMASIVAM, S., FARES, A., OBREZA, T.A., 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.
- AMMANN, C., SPIRIG, C., LEIFELD, J., NEFTEL, A., 2009. Assessment of the nitrogen and carbon budget of two managed temperate grassland fields. Agriculture, Ecosystems and Environment, 133: 150-162.
- ANDRASKI, T.W., L.G. BUNDY, ve K.R. BYRE. 2000. Crop Management and Corn Nitrogen Rate Effects on Nitrate Leaching. J. Environ. Qual. 29:1095-1103.
- ANDRASKI, T. W., ve BUNDY, L.G., 2002. Using the Presidedress Soil Nitrate Test and Organic Nitrogen Crediting to Improve Corn Nitrogen Recommendations. Agron. J. 94: 1411-1418.
- ANTONOPOULOS, V. Z., 2001. Simulation of water and nitrogen balances of irrigated and fertilized corn-crop soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol, 127, No. 2 March/April, 77-83.
- ARANIBAR, J.N., ANDERSON, I.C., RINGROSE, S., MACKO, S.A., 2003. Importance of nitrogen fixation in soil crusts of southern African arid ecosystems: acetylene reduction and stable isotope studies. Journal of Arid Environments 54, 345-358.

- ASADI, M.E., CLEMENTE, R.S., GUPTA, A.D., LOOF, R., HANSEN, G.K., 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. *Agric. Water Manage.* 52, 197-213.
- ALVA, A.K., PARAMASIVAM, S., FARES, A., OBREZA, T.A., 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.
- BABIKER, I.S., MOHAMED, M.A.A., TERAQ, H., KATO, K., OHTA, K., 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. *Environment International* 29:1009-1017.
- BALIGAR, V.C., BENNETT, O.L., 1986. Outlook on fertilizer use efficiency in the tropics. *Fertilizer Research* 10:83-96.
- BAO, X., WATANABE, M., WANG, Q., HAYASHI, S., LIU, J., 2006. Nitrogen budgets of agricultural fields of the Changjiang River basin from 1980 to 1990. *science of the Total Environment* 363 136-148.
- BARRY, D.A.J., GOORAHOO, D., GOSS, M.J., 1993. Estimation of nitrate concentrations in groundwater using a whole farm nitrogen budget. *Journal of environmental quality* 4, 767-775.
- BECHMANN, M., EGGESTAD, H.O., VAGSTAD, N., 1998. Nitrogen balances and leaching in four agricultural catchments in southern Norway. *Environ. Pollut.* 102, 493-499.
- BEHERA, S.K., PANDA, R.K., 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region.. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130: 141-155.
- BERENQUER, P., SANTIVERI, F., BOIXADERA, J., LLOVERAS, J., 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 30, s: 163-171.
- BERGMANN, W., 1995. *Nutritional Disorders of Plants* Gustav Fischer. New York.

- BHOGAL, A., ROCHFORD, A.D., SYLVESTER-BRADLEY, R., 2000. Net changes in soil and crop nitrogen in relation to the performance of winter wheat given wide-ranging annual nitrogen applications at Ropsley, UK. *Journal of Agriculture Science, Cambridge* 135, 139-149.
- BOCK, B.R., ve HERGERT, G.W., 1991. Fertilizer nitrogen management. R.F. Follet et al. (eds) *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*. SSA, Madison, WI, Pp. 139-164.
- BOESCH, D.F., 2002. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. *Estuaries* 25, 744-758.
- BONHAM-CARTER, G.F., 1996. Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS. *Computer methods in the geosciences*, vol. 13, Pergamon/Elsevier.
- BREMNER, J.M., 1965. Method of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological methods. American Society of Agronomy inc. Madison, Wisconsin 53706, USA.
- BROCK, D.A., 2001. Nitrogen budget for low and high freshwater inflows, Nueces Estuary, Texas. *Estuaries*, vol.24, No. 4, p. 509-521.
- 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,
- BYRE, K.R., J.M. NORMAN, L.G. BUNDY, ve S.T. GOWER. 2001. Nitrogen and Carbon Leaching in Agroecosystems and Their role in Denitrification Potential. *J. Environ. Qual.* 30:58-70.
- CASSMAN, K.G., DOBERMANN, A., WALTERS D.T., 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio* 11:132-140.
- CAUSAPE, J., AUQUE, L., GIMENO, M.J., MANDADO, J., QUÍLEZ, D., 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., 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.
- CAUSAPE, J., 2009. Agro-environmental evaluation of irrigation land I. water use in Bardenas irrigation district (Spain). *Agricultural water management*. 96 179-187.
- CEPUDER, P. ve SHUKLA, M.K., 2002. Groundwater nitrate in Austria: a case study in Tullnerfeld. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64: 301-315.
- _____ NOLZ, R., AUS DER SCHMİTTEN, V., 2005. Evaluation of Land Use with Respect to Nitrogen Leaching. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7, 06821.
- CHEN, J., TANIGUCHI, M., LIU, G., MIYAOKA, K., ONODERA, S., TOKUNAGA, T., FUKUSHIMA, Y., 2007. Nitrate pollution of groundwater in the Yellow River delta, China. *Hydrogeology Journal* 15:1605-1614.
- COSKAN, A., GOK, M., ONAC, I., İNAL, A. ve SAĞLAMTİMUR, T., 2002. The effect of wheat straw, corn straw and tobacco residues on denitrification losses in a field planted with wheat. *Turk. J. Agric. For.* 26:349-353.
- Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991, concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Communities*, 375/L.
- COX, W.J., CHERNEY, D.J.R., 2001. Row spacing, plant density and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93, 597-602.
- COSKAN, A., GOK, M., ONAC, I., İNAL, I., ve SAGLAMTIMUR, T., 2002. The effect of wheat straw, corn straw and tobacco residues on denitrification losses in a field planted with wheat. *Turk. J. Agric. For.* 26:349-353.
- ÇAKIR, İ., ÇAKIR, M., KESİCİ, S., ÇALIŞKAN, N., İBRİKÇİ, H., DERİCİ, M. R., 2002. Plastik serada domates yetiştiriciliğinde hızlı ve basit nitrate doku testleri ile azot dozunun belirlenmesi, Tübitak Projesi, Kesin Sonuç Raporu, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Alata, Mersin.

- ÇETİN, M., ÖZCAN, H., 1999. Aşağı Seyhan Ovasında sulanan ve sulanmayan alanlarda meydana gelen sorunlar ve çözüm önerileri: Örnek bir çalışma. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 Ek sayı 1, 207-217.
- _____, KIRDA, C., İBRİKÇİ, H., TOPÇU, S., KARACA, Ö.F., KARNEZ, E., EFE, H., SESVEREN, S., ÖZTEKİN, E., DİNGİL, M., KAMAN, H., 2008. Sulu Tarım Alanlarına Su, Tuz, ve Nitrat Bütçesinin CBS Ortamında Saptanması: Aşağı Seyhan Ovası Örneği. Sulama ve Drenaj Konferansı, Adana.
- _____, İBRİKÇİ, H., KARNEZ, E., TOPÇU, S., 2009. Tarımsal drenaj alanlarında kurak dönem akım karakteristiklerinin saptanması; tuz ve nitrat yükü süreklilik eğrilerinin geliştirilmesi. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran, Konya.
- DAVID, M.B., GENTRY, L.E., KOVACIC, D.A., SMITH, K.M., 1997. Nitrogen balance in and export from an agricultural watershed. *J. Environ. Qual.* 26, 1038-1048.
- DELGADO, J.A., 2002. Quantifying the loss mechanisms of nitrogen. *J. Soil Water Conserv.* 57, 389-398.
- _____, J.A., SHAFFER, M., HU, C., LAVADO, R.S., CUETO WONG, J., JOOSSE, P., LI, X., RIMSKI-KORSAKOV, H., FOLLETT, R., COLON, W., SOTOMAYOR, D., 2006. A decade of change in nutrient management: a new nitrogen index. *J. Soil Water Conserv.* 61, 63-71.
- DEVRIES, J.J., SIMMERS, I., 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal* 10, 5-17.
- DIEZ, J.A., ROMAN, R., CABALLERO, R., CABALLERO, A., 1997. Nitrate leaching from soils under a maize-wheat-maize sequence, two irrigation schedules and three types of fertilisers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 65: 189-199.
- DİNÇ, U., SARI, M., ŞENOL, S., KAPUR, S., SAYIN, M., DERİCİ, M.R., ÇAVUŞGİL, V., GÖK, M., AYDIN, M., EKİNCİ, H., AĞCA, N., SCHLICHTING, E., 1995. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat fakültesi yardımcı ders kitabı, No: 26, 2. baskı.

- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, L 327/1.
- DOBERMANN, A., CASSMAN, K.G., 2005. Cereal area and nitrogen use efficiency are drivers of future nitrogen fertilizer consumption. *Science in China Ser. C Life Sciences* 48: 745-758.
- DODDS, K. L., WELCH, E. B., 2000. Establishing nutrient criteria in streams. *J. N. Am. Benth. Soc.* 19:186-196.
- DURAND, P., ve JUAN TORRES, J.L., 1996. Solute transfer in agricultural catchments: the interest and limits of mixing models. *J. Hydrol.*, 181, 1-22.
- _____, 2004. Simulating nitrogen budgets in complex farming systems using INCA: calibration and scenario analyses for the Kervidy catchment (W. France). *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(4), 793-802.
- ECETOC, 1988. Nitrate and drinking water (No: 27). European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
- EICKHOUT, B., BOUWMAN, A.F., VAN ZEIJTS, H., 2006. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 116, 4-14.
- ERISMAN, J.W., BLEEKER, A., GALLOWAY, J., SUTTON, M.S., 2007. Reduced nitrogen in ecology and the environment. *Environmental Pollution* 150, 140-149.
- ERSAHIN, S., 2001. Assessment of spatial variability in nitrate leaching to reduce nitrogen fertilizers impact on water quality. *Agricultural water management* 48; 179-189.
- _____, KARAMAN, R., 2001. Estimating potential nitrate leaching in nitrogen fertilized and irrigated tomato using the computer model NLEAP. *Agricultural water management* 51; 1-12.
- E.U. 1991. Directive of the Council of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution by nitrate from agricultural sources, Directive number 91/676/EG. Brussels: European Union. (In Dutch.).

- E.C. (European Commission), 1997. Commission Regulation (EC) No. 194/97 of 31 January 1997. Official J. Eur. Communities No. L 31/48-50.
- FABIG, W.; OTTOW, J. C. G.; MUELLER, F., 1978. Mineralization von ¹⁴Cmarkiertem Benzoat mit Nitrat als Wasserstoff-akzeptor unter vollstaendig anaeroben Bedingungen sowie bei vermindertem Sauerstoffpartialdruck. Landw. Forsch, 35, 441-453.
- FASSET, D.W., 1973. Nitrates and Nitrites. In toxicants occuring naturally in foods. National Academy of Sciences. 2nd Edition. Washington, D.C.
- FAO, 2009. Agriculture Database. <http://faostat.fao.org>
- FEDKIW, J., 1991. Nitrate occurrence in U.S. waters (and related questions). USDA Office Budget and Program Analysis. Washington D.C.
- FELLER, C., FINK, M., 2001. N_{min} Target values for field vegetables. Acta Horticulturae.
- FERRANT, S., OEHLER, F., DURAND, P., JUSTES, E., PROBST, J.L., SANCHEZ-PEREZ, J.M., 2009. Long term nitrogen budget modelling in a small agricultural watershed: hydrological control assessment of nitrogen losses with semi-distributed (SWAT) and distributed (TNT2) models. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-5755-1.
- FLETCHER, D.A., 1991. A national perspective. R.F. Follet et al. (eds). Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. SSSA, Madison, WI., Pp. 9-18.
- FLIPO, N., JEANNEE, N., POULIN, M., EVEN, S., LEDOUX, E., 2007. Assessment of nitrate pollution in the Grand Morin aquifers (France) : Combined use of geostatistics and physically based modeling. Environmental Pollution, 146, 241-256.
- FOLLET, R.F., ve WALKER D.J., 1989. Ground water quality concerns about nitrogen. Nitrogen management and ground water protection. (ed.). R.F. Follet. Published by Elsevier, Amsterdam, New York, Tokyo.
- FP6, QUALIWATER Projesi, 2006-2009 yılları raporları. <http://www.iamz.ciheam.org/qualiwater/contenidos/reports.htm>.

- GALLOWAY, J.N., SCHLESINGER, W.H., LEVY, H., MICHAELS, A. ve SCHNOOR, J.L., 1995. Nitrogen fixation-anthropogenic enhancement-environmental response. *Global Biogeochem. Cycles* 9: 235-252.
- _____, COWLING, E.B., 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio.*, Mar, 31(2):64-71.
- GALLOWAY, J. N., DENTENER, F.J., CAPONE, D.G., BOYER, E.W., HOWARTH, R.W., SEITZINGER, S. P., ASNER, G. P., CLEVELAND, C., GREEN, P. A., HOLLAND, E., KARL, D. M., MICHALES, A., PORTER, J. H., TOWNSEND, A., VOROSMARTY, C., 2004. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* 70, 153-226.
- GARCIA-GARIZABAL, I. ve CAUSAPE, J., 2010. Influence of irrigation water management on the quantity and quality of irrigation return flows. *J. Hydrol.* (basımda).
- GHEYSARI, M., MIRLATIFI, S. M., HOMAEE, M., ASADI, M. E. ve HOOGENBOOM, G., 2009. Nitrate leaching in silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural Water Management* 96: 946-954. Gheysari ve ark., 2009.
- GİKAS, G. D., YIANNAKOPOULOU, T. VE TSIHRINTZIS, V. A., 2006. Modelling of non-point source pollution in a Mediterranean drainage basin. *Environmental Modelling and Assessment*, 11:219-233.
- GOSWAMI, D., KALITA, P.K., COOKE, R.A.C. McISAAC, 2009. Nitrate-N loadings through subsurface environment to agricultural drainage ditches in two flat Midwestern (USA) watersheds.
- GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., İNAL, A., 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467, s:576.
- GÜZEL, N., GÜLÜT, Y.K., BÜYÜK, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayınları No: 246 Ders Kitapları Yayın No: A – 80, s: 206-207 Adana.
- HARDY, R.W.F. ve HAVELKA, U.D., 1975. Nitrogen fixation research: A key to world food? *Science* (Washington, DC) 188:633-643.

- HATFIELD, J.L., PRUEGER, J.H., 2004. Nitrogen over-Use, under-Use, and Efficiency. International Crop Science Congress Proceedings. 4th International Crop Science Congress, September 26 to October 1, 2004. Brisbane, Queensland, Australia. p 52.
- HISCOCK, K., LOVETT, A., SAICH, A., DOCKERTY, T., JOHNSON, P., SANDHU, C., 2007. Modelling land-use scenarios to reduce groundwater nitrate pollution- The European Water4All project. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 40, 417-434. doi:10.1144/1470-9236/07-054.
- HOWARD, D. ve BRAND-HARDY, R., 2003. Nitrogen: the essential public enemy. Journal of Applied Ecology, 40, 771-781.
- HOWARTH, R.W., BILLEN, G., SWANEY, D., TOWNSEND, A., JAWORSKI, N., LAJTHA, K., 1996. Regional nitrogen budgets and riverine N and P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: natural and human influences. Biogeochemistry 35:75-139.
- _____., ANDERSON, D., CLOERN, J., ELFRING, C., HOPKINSON, C., LAPOINTE, B., MALONE, T., MARCUS, N., McGLATHERY, K., SHARPLEY, A., WALKER, D., 2000. Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas. Issues Ecol. 7, 1-15.
- _____., RAMAKRISHNA, K., CHOI, E., ELMGREN, R., MARTINELLI, L., MENDOZA, A., MOOMAW, W., PALM, C., ROY, R., SCHOLLES, M., ZHU, Z.-L., 2005. Nutrient management, responses assessment. Ecosystems and human well-being, policy responses, the millennium ecosystem assessment, vol. 3. Island press, Washington, DC, Chapter 9, pp. 295-311.
- _____., MARINO, R. M., 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over 3 decades. Limnol. Oceanogr. 51, 364-376.
- _____., 2008. Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally. Harmful algae 8, 14-20.

- HUDAK, P.F., 1999. Chloride and nitrate distributions in the Hickory aquifer, Central Texas, USA. *Environment International* 25, 393-401.
- HUGGINS, D.R., PAN, W.L., 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. *Agron J.*, 85: 898-905.
- İBRİKÇİ, H., YAĞBASANLAR, T., KEKLİKÇİ, Z., ÇAKMAK, İ., BÜYÜK, G., TOKLU, F. ve GÜZEL, N., 2000. Çukurova Bölgesinde insan sağlığı ve çiftçi ekonomisi açısından buğdayda azot gübrelemesinin optimizasyonu. DPT Kesin Sonuç Raporu. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Adana.
- _____, ÜLGER, A.C., ŞEN, H.M., BÜYÜK, G., GÜZEL, N., ÇAKIR, B., ÖZGENTÜRK, G., 2001. Çukurova Bölgesinde ikinci ürün mısır yetiştiriciliğinde azotlu gübre kullanımının optimizasyonu. TARP-1951 Nolu Proje, Adana.
- ISIDORO, D., QUILEZ, D. ve ARAGUES, R., 2006. Environmental impact of irrigation in La Violada District (Spain): II. Nitrogen fertilization and nitrate expeot in darinage water. *J. Environ. Qual.* 35:776-785.
- _____, QUILEZ, D. ve ARAGUES, R., 2010. Drainage water quality and end-member identification in L Violada irrigation district (Spain). *Journal of Hydrology* 382, 154-162.
- IVE, 1999. Anuari Estadistic. Comunitat Valenciana. Institut Valencia d'Estadistica, Valencia.
- JANZEN, H.H., BEAUCHEMIN, K.A., BRUINSMA, Y., CAMPBELL, C.A., DESJARDINS, R.L., ELLERT, B.H., SMITH, E.G., 2003. The fate of nitrogen in agroecosystems: an illustration using Canadian estimates. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 67, 85-102.
- JAJALI, M., 2005. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, western Iran. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 110, 210-218.
- JONES, C. A., 1985. *Grasses and Cereals: Growth, Development and Stress Response*. John Wiley&Sons Inc., New York.

- JENKINSON, D.S., 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. *Plant and Soil*, 228: 3-15.
- JU, X.T. LIU, X.J., ZHANG, F.S., F.S., 2003. Accumulation and movement of $NO_3^- - N$ in soil profile in winter wheat/summer maize rotation system. *Acta Pedologica Sinica* 40, 538-546 (in Chinese with English abstract).
- _____, KOU, C.L., ZHANG, F.S., CHRISTIE, P., 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution* 143: 117-125.
- JUSTIC, D., RABALAIS, N.N., TURNER, R.E. VE DORTCH, Q., 1995. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal waters: Stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 40: 339-356.
- KAÇAR, B., KATKAT, A. V., ÖZTÜRK, Ş., 2002. Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş A.Ş. Yayın No: 74 s: 296.
- _____, KATKAT, A. V., ÖZTÜRK, Ş., 2006. Bitki Fizyolojisi. Nobel yayın no: 848. Fen ve Biyoloji dizisi: 28. 2. Basım.
- KAMAN, H., 2007. Geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama uygulamalarına bazı mısır çeşitlerinin verim tepkileri, Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- KAPLAN, M., SÖNMEZ, S., TOKMAK, S., 1999. Antalya-Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*: 23, 309-313.
- KARAMAN, M. R., SALTALI, K., ERŞAHİN, S., GÜLEÇ, H. ve DERİCİ, M. R, 2005. Modelling nitrogen uptake and potential nitrate leaching under different irrigation programs in nitrogen-fertilized tomato using the computer program NLEAP. *Environmental Monitoring and Assessment* , 101: 249-259.
- KEENEY, D.R., 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. F.J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in agricultural soils*. ASA, Madison, WI, Pp.605-650.

- KEENEY, D.A. ve R.F. FOLLET. 1991. Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability: Overview and introduction. P. 1-7. *In* R.F. Follet ve ark. (e.d.) Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability. SSSA, Madison, WI.
- KEKLİKÇİ, Z., İBRİKÇİ, H., CANSARAN, M., SEMERCİOĞLU, T., BARUT, H., BÜYÜK, G., 2001. Adana, Hatay ve Kahramanmaraş yöresinde azot dozlarının makarnalık buğdayda verim ve verim öğeleri üzerine etkileri ile ekonomik azot dozlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül, Tekirdağ.
- 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.
- KIRDA, C., DERICI, M.R., SCHEPERS, J.S., 2001. Yield response and N-fertiliser recovery of rainfed wheat growing in the Mediterranean region. *Fields Crops Res.* 71, 113-122.
- KIRDA, C., TOPCU, S., KAMAN, H., ULGER, A.C., YAZICI, A., CETIN, M., DERICI, M.R., 2005. Grain yield response and N-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research* 93 132-141.
- KLADIVKO, E.J., SCOYOC, G.E.V., MONKE, E.J., OATES, K.M., PASK, W., 1991. Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drains on a silt loam soil in Indiana. *J. Environ. Qual.* 20, 264-270.
- KORKMAZ, K., İBRİKÇİ, H., RYAN, J., BÜYÜK, G., GUZEL, N., KARNEZ, E., OGUZ, H., YAGBASANLAR, T., 2008. Optimizing Nitrogen Fertilizer Use Recommendations for Winter Wheat in a Mediterranean-Type Environment Using Tissue Nitrate Testing. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39: 9, 1352-1366.
- KRAFT, G.J., STITES, W., 2003. Nitrate impacts on groundwater from an irrigated-vegetable systems in a humid north-central US sand plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 100, 63-74.

- LAEGREID, M., BOCKMAN, O.C., KAARSTAD, O., 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. CABI Publishing in association with Norsk Hydro ASA, Norsk Hydro ASA, Porsgrunn, Norway.
- LEWIS, D., 1951. The metabolism of nitrate and nitrite in sheep. 1. The reduction of nitrate in the rumen of sheep. *Biochemistry* 48: 175-180.
- LI, X., HU, C., DELGADO, J.A., ZHANG, Y., OUYANG, Z., 2007. Increased nitrogen use efficiencies as a key mitigation alternative to reduce nitrate leaching in north china plain. *Agricultural water management*, 89 137-147.
- LIANG, L., NAGUMO, T. ve HATANNO, R., 2005. Nitrogen cycling with respect to environmental load in farm systems in Southwest China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73:119-134.
- LIU, X.H., MU,Z.G., 1993. Farming Systems in China. Agricultural Press of China, Beijing (in Chinese).
- _____, JU, X.T., ZHANG, F.S., PAN, J.R., CHRISTIE, P., 2003. Nitrogen dynamics and budgets in a winter wheat-maize cropping system in the North China Plain. *Field Crops Research* 83 (2), 111-124.
- LIU, G.D., WU, W.L., ZHANG, J., 2005. Regional differentiation of non-point source pollution of agriculture-derived nitrate nitrogen in groundwater in northern China. *Agriculture, Ecosystems&Environment* 107, 211-220.
- LIU, C., WATANABE, M., WANG, Q., 2008. Changes in nitrogen budgets and nitrogen use efficiency in the agroecosystems of the Changjiang River basin between 1980 and 2000. *Nutr Cycl Agroecosyst* 80:19-37.
- LORENZ, O.A., 1978. Potential nitrate levels in edible plant parts. D.R. Nelson and J.G. MacDonalds (eds.) *Nitrogen in the environment: Soil-plant-nitrogen relationships*. Academic Press, New York., Pp. 201-209.
- LORITE-HERRERA, M., HISCOCK, K., JIMENEZ-ESPINOSA, R., 2009. Distribution of Dissolved Inorganic and Organic Nitrogen in River Water and Groundwater in an Agriculturally-Dominated Catchment, South-East Spain. *Water Air Soil Pollut*, 198:335-346.

- LUCEY, K.J. VE GOOLSBY, D.A., 1993. Effect of climatic variations over 11 years on nitrate-nitrogen concentrations in the Raccoon River, Iowa. *J. Environ. Qual.* 22:38-46.
- MA, W., LI, J., MA, L., WANG, F., SISAK, I., CUSHMAN, G., ZHANG, F., 2009. Nitrogen flows and use efficiency in production and utilization of wheat, rice, and maize in China. *Agricultural Systems* 99: 53-63.
- MAHVI, A.H., NOURI, J., BABAEI, A.A. ve NABIZADEH, R., 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* Vol. 2, No. 1, pp. 41-47.
- MANSOURI, A. ve LURIE, A.A., 1993. Concise review: methemoglobinemia. *Am. J. Hematol.* 42: 7-12.
- MARSCHNER, H., 1997. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2th Edition. Academic Press, London p.231.
- McKEE, L.J. ve EYRE, B.D., 2000. Nitrogen and phosphorus budgets for the subtropical Richmond River catchment, Australia. *Biogeochemistry* 50: 207-239.
- McLAY, CDA., DRAGTEN, R., SPARLING, G., SELVARAJAH, N., 2001. Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use: a comparison of three approaches. *Environ Pollut* 115:191-204.
- MEISINGER, J.J., DELGADO, J.A., 2002. Principles for managing nitrogen leaching. *J. Soil Water Conserv.* 57,485-498.
- MENGEL, K., 1991. *Ernaehrung und stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer Verlag, Jena. 425 s.
- MERRINGTON, G., WINDER, L., PARKINSON, R., REDMAN, M., 2002. *Agricultural Pollution: Environmental Problems and Practical Solutions*. Spon Press, London.
- MOLL, R.H., KAMPRATH, E. J., ve JACKSON, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization . *Agronomy Journal*, 74:562-564.

- NAS, B., BERKTAY, A., 2006. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective. *Journal of Environmental management* 79: 30-37.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000. Clean coastal waters: Understanding and reducing the effects of nutrient pollution. National academic press, Washington, DC.
- NEETESON, J.J., 1990. Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. *Fertilizer Research* 26:291-298.
- NEETESON, J.J., 1995. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: Bacon, P.E. (Ed.), *Nitrogen Fertilization in the Environment*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 295-325.
- NG, H.Y.F., TAN, C.S., DRURY, C.F. GAYNOR, J.D., 2002. Controlled drainage and subirrigation influences tile nitrate loss and corn yields in a sandy loam soil in Southwestern Ontario. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90, 81-88.
- OBORN, I., EDWARDS, A.C., WITTER, E., OENEMA, O., IVARSSON, K., WITHERS, P.J.A., NILSSON, S.I., RICHERT STINZING, A., 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *Eur. J. Agron.* 20, 211-225.
- OENEMA, O., HEINEN, M., 1999. Uncertainties in nutrient budget due to biases and errors. In: Smaling, E.M.A., Oenema, O., Fresco, L.O. (Eds.). *Nutrient Disequilibria in Agroecosystems: Concepts and Case Studies*. CAB International, Wallingford, pp. 75-97.
- OLSTHOORN, C.S.M., ve FONG, N.P.K., 1998. The anthropogenic nitrogen cycle in the Netherlands. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 52:269-276.
- OTTMAN, M.J., DOERGE, T.A. ve MARTIN, E. C., 2000. Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill. *Agronomy Journal*, 92:1035-1041.

- OWENS, L.B., 1994. Impacts of N Management on Water Quality. Soil Process Water Quality (Advences in soil Sciences). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 137-162.
- O'SHEA, L., WADE, A., 2009. Controlling nitrate pollution: An integrated approach. Land use policy 26 799-808.
- ÖZBEK, H., KAYA, Z., TAMCI, M., 1984. Bitki beslenmesi ve metabolizması, beşinci baskı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları :162, Ders kitabı:12, 590 sf.
- ÖZTEKİN, M.E., 2009. Kuzey yöreğir bölgesi bitki deseninin düşük maliyetli ASTER sayısal uydu verisi ile izlenebilirliğinin araştırılması, Proje No: ZF2007BAP2 Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi, Adana
- PAVONI, B., 2003. Nitriti e nitrate, nelle acque e negli alimenti. Fertilizzanti 11, 17-18.
- PETROPOULOS, S.A., OLYMPOS, C.M., PASSAM, H.C., 2008. The Effect of Nitrogen fertilization on plant growth and the Nitrate Content of Leaves and Roots of Parsley in the Mediterranean region. Scientia Horticulture, 118 255-259.
- PRAHARAJ, T., SWAIN, S.P., POWELL, M.A., HART, B.R., TRIPATHY, S., 2002. Delineation of groundwater contamination around an ashpond Geochemical and GIS approach. Environ Int. 27:631-8.
- PRAKASA RAO, E. V. S., PUTTANNA, K., 2000. Nitrates, Agriculture and Environment. Current Science, Vol. 79, No. 9, 10 November: p 1163-1168.
- PORTER, L.K., FOLLETT, R.F., HALVORSON, A.D., 1996. Fertilizer nitrogen recovery in a no-till wheat-sorghum-fallow-wheat sequence. Agronomy Journal 88, 750-757.
- PUCKETT, L.J., COWDERY, T.K., LORENZ, D.L., STONER, J.D., 1999. Estimation of nitrate contamination of an agro-ecosystem outwash aquifer using a nitrogen mass-balance budget. Journal of Environmental Quality 28, 2015-2025.

- RABALAIS, N.N., WISEMAN, W.J., TURNER, R. E., SEN GUPTA, B. K., DORTCH, Q., 1996. Nutrient changes in the Mississippi River and system responses on the adjacent continental shelf. *Estuaries*, 19:386-407.
- RAMOS, C., AGUT, A., LIDON, A.L., 2002. Nitrate leaching in important crops of the Valencian Community region (Spain). *Environmental Pollution* 118 215-223.
- RASS, D.J., RITHIE, J.T., PETERSON, W.R., LOUDN, T.L., MARTIN, E.C., 1999. Nitrogen management impacts on yield and nitrate leaching in inbred maize systems. *Journal of Environmental Quality* 28, 1365-1371.
- RAO, N. SIRINIVASA, 1998. Impact of clayey soils on nitrate pollution in the groundwater of the lower Vamsadhara River basin, India. *Hydrologic Sciences-Journal-des-Sciences Hydrologiques*, 43(5), 701-714.
- RAUN, W.R. ve JOHNSON, G.V., 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal* 91: 357-363.
- RAY, C., JAIN, R.K., 1999. Nitrate pollution of wells: pollution prevention policy options. *Environ Engg and Policy* 1, 165-173.
- RICHTER, J., ROELCKE, M., 2000. The N-cycle as determined by intensive agriculture- examples from Central Europe and China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 57, 33-46.
- RILEY, W.J., ORTIZ-MONASTERIO, I. ve MATSON, P.A., 2001. Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61: 223-236.
- ROSS, S.M. IZAURRALDE, R.C., JANZEN, H.H., ROBERTSON, J.A., MCGILL, W.B., 2008. The Nitrogen balance of three long-term agroecosystems on a boreal soil in western Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127, 241-250.
- RUIZ, L., ABIVEN,S., DURAND, P., MARTIN, C., VERTES, F. ve BEAUJOUAN, V., 2002. Effect on nitrate concentration in stream water of agricultural practices in small catchments in Brittany: I. annual nitrogen budgets. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 6, 497-505.

- SANKARARAMAKRISHNAN, N., SHARMA, A.K. ve IYENGAR, L., 2008. Contamination of nitrate and fluoride in ground water along the Ganges Alluvial Plain of Kanpur district, Uttar Pradesh, India. *Environ. Monit. Assess.* 146:375-382.
- SCHARPF, H.C., WEIER, U., 1996. Investigations on the nitrogen dynamics as a basis for the N fertilizer recommendations in vegetable production. *Acta Hort* 428, 73-83.
- SCHILLING, K. E., WOLTER, C. F., 2007. A GIS-based groundwater travel time model to evaluate stream nitrate concentration reductions from land use change. *Environ. Geol.*, 53:433-443.
- SCHUTT, I., 1977. Nitratuntersuchungen in rohspinat und industrieller sauglingsfütternaahrung, *Die Nahrung*, 21:61-67.
- SCHWIEDE, M., 2007. Erkundung der Prozesse der Nitratanreicherung in Aquiferen des südlichen Afrikas-Ermittlung von Ursache und Ausmaß der Nitratauswaschung aus Böden ins Grundwasser im Projektgebiet Serowe/Orapa. Ph.D. Thesis, University of Hannover, Germany.
- SHAPIRO, C.A., WORTMANN, C.S., 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing and plant density in Eastern Nebraska. *Agron. J.* 98, 529-535.
- SHAO-TING, D., YONG-SONG, Z. ve XIAN-YONG, L., 2007. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. *Agricultural Sciences in China*, 6 (10): 1246-1255.
- SHANAHAN, J.F., KITCHEN, N.R., RAUN, W.R., SCHEPERS, J.S., 2008. Responsive in-season nitrogen management for cereals. *Computers and electronics in agriculture*, 61: 51-62.
- SMIL, V., 1999. Nitrogen in crop production: an account of global flows. *Global Biogeochem. Cycl.* 13, 647-662.
- _____, 2001. *Enriching the Earth*. MIT press, Cambridge, MA.
- _____, 2002. Nitrogen and food production: proteins for human diets. *Ambio* 31, 126-131.

- SOGBEDJI, J.M., VAN ES, J.M., YANG, C.L., GEOHRING, L.D., MAGDOFF, F.R., 2000. Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. *J. Environ. Qual.* 29, 1813-1820.
- STADLER, S., OSENBRÜCK, K., KNÖLLER, K., SUCKOW, A., SÜLTENFUB, J., OSTER, H., HIMMELSBACH, T., HÖTZL, H., 2008. Understanding the origin and fate of nitrate in groundwater of semi-arid environments. *Journal of arid environments.* 72 1830-1842.
- STANDARD METHODS, 1998, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation USA.
- STAUGAITIS, G., VAISVILA, Z., MAZVILA, J., ARBACIAUSKAS, J., ADOMAITIS, T., AUGUSTINE FULLEN, M.A., 2007. Role of Soil Mineral Nitrogen for Agricultural Crops: Nitrogen Nutrition Diagnostics in Lithuania. *Archives of Agronomy and Soil Science*, June 2007; 53(3): 263-271.
- STEVENSON, F.J., 1986. *Cycles in Soils*. John Wiley and Sons, New York.
- SYERS, J.K., SHELDRIK, W. ve LINGARD, J., 2002. Nutrient balance changes as an indicator of sustainable agriculture. In: *Trans. 17th World Cong. Soil Science*. Paper No. 1641 (CD-ROM).
- TIEMEYER, B., LENNARTZ, B., KAHLE, P., 2008. Analysing nitrate losses from an artificially drained lowland catchment (North-Eastern Germany) with a mixing model. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 123: 125-136.
- TISDALE, S. L., NELSON, W.L., BEATON, J.D., HAVLIN, J.L., 1993. *Soil fertility and fertilizers*, Macmillan publishing company, fifth edition, s. 634.
- TSE, *Drinking Water Turkish Standards*, 1997. Turkish Standards (TSE-266), Ankara.
- UNLU, K., OZENIRLER, G., YURTERI, C., 1999. Nitrogen Fertilizer Leaching from Cropped and Irrigated Sandy Soil in Central Turkey, *European Journal of Soil Science*, 50, 609-620.
- WALSH, L.M., ve BEATON, J.D., 1973. *Soil testing and plant analysis*. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, Wisconsin, USA.

- WALVOORD, M.A., PHILIPS, F.M., STONESTROM, D.A., EVANS, R.D., HARTSOUGH, P.C., NEWMAN, B.D., STRIEGL, R.G., 2003. A reservoir of nitrate beneath desert soils. *Science* 302 (7), 1021-1024.
- WATSON, C.A., ATKINSON, D., 1999. Using nitrogen budget to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farming system: a comparison of three methodological approaches. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 53, 259-267.
- WEHRMANN, J., SCHARPF, H.C., 1979. Der Mineralstickstoffgehalt des Bones als Grundlage der Stickstoffdüngung bei Zuckerrüben. 43. Winterkongress d. Intern. Institut für Zuckerrübenforschung, Brüssel, pp. 327-341.
- _____, SCHARPF, H.C., 1986. The N_{min} method: an aid to integrating various objectives of nitrogen-fertilization. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde.* 149, 428-440.
- _____, SCHARPF, H.C., KUHLMANN, H., 1988. The N_{min} -method-an aid to improve nitrogen efficiency in plant production.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1985. Anon., 1985. Health Hazards from Nitrates in Drinking water. WHO, Regional office for Europe.
- WHO, 1993. Guidelines for drinking water quality, 2nd edi. 1. Recommendations, WHO, Geneva.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1998. Anon., 1998. Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization, Geneva.
- VAN ECK, G. 1994. Nitrogen losses and nitrogen surpluses in Dutch agriculture. Rep. 3. Ministry of Agric. , Nature Management and Fisheries, The Hague, the Netherlands.
- VAZQUEZ, N., PARDO, A., SUSO, M.L., QUEMADA, M., 2006. Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 313-323.
- VERHAGEN, B.Th., 1990. Isotope hydrology of the Kalahari: recharge or no recharge? *Paleoecology of Africa* 21, 143-158.
- VENTURA, M., SCANDELLARI, F., VENTURA, F., GUZZON, B., ROSSI PISA, P., TAGLIAVINI, M., 2008. Nitrogen balance and losses through

- drainage waters in an agricultural watershed of the Po Valley (Italy). *European Journal of Agronomy* 29 108-115.
- VENUGOPAL, T., GIRIDHARAN, L., JAYAPRAKASH, M., PERIAKALI, P., 2009. Environmental impact assessment and seasonal variation study of the groundwater in the vicinity of River Adyar, Chennai, India, *Environmental Monitoring Assessment*, 149:81-97.
- YOSHIKAWA, N., SHIOZAWA, S., ARDIANSYAH, 2008. Nitrogen budget and gaseous nitrogen loss in a tropical agricultural watershed. *Biogeochemistry*, 87:1-15.
- YOUNG, E.O. ve BRIGGS, R.D., 2007. Nitrogen dynamics among cropland and riparian buffers: Soil-Landscape influences. *Journal of Environmental Quality*. 36:801-814.
- ZHANG, X., CHEN, S., SUN,H., PEI,D., WANG, Y., 2008. Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat. *Irrig. Sci.* 27: 1-10.
- ZHONG, Q., 2004. Studies of nitrogen environmental endurance of winter wheat/summer maize rotation system in the North China Plain. Ms thesis, China Agricultural University, Beijing, China (in Chinese with English summary).
- ZHOU, S.L., WU, Y.C., WANG, Z.M., LU, L.Q., WANG, R.Z., 2008. The nitrate leached below maize root zone is available for deep-rooted wheat in winter wheat-summer maize rotation in the North China Plain. *Environmental Pollution* 152, 723-730.
- ZHU, Z.L., CHEN, D.L., 2002. Nitrogen fertilizer use in China-contributions to food production, impacts on the environment and best management strategies. *Nutr. Cycl. Agroeco.* 63, 117-127.
- ZOLTAN, I., ve ILDIKO, I., 2005. Effect of Mineral Fertilization on NO₃-N Leaching on Clay Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 383-391.

ZOUGMORE, R., MANDO, A., STROOSNIJDER, L., GUILLOBEZ, S.,2004.
Nitrogen flows and balances as affected by water and nutrient
management in a sorghum cropping system of semiarid Burkina Faso.
Field Crops Research 90: 235-244.

ÖZGEÇMİŞ

03/11/1976 yılında Adana'da doğdu. İlk öğrenimini Hayriye Kemal Kusun İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini Özel Yeni Lise'de, lisans öğrenimini 2000 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nde tamamladı. Aynı yıl Toprak Bölümü'nde yüksek lisansa başladı. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Toprak Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Yüksek lisans eğitimini 2004 yılında tamamladı. Aynı yıl doktora çalışmasına başladı. 30 Mart 2010 tarihinde Çankırı Karatekin Üniversitesi Kızılırmak Meslek Yüksekokulu' na öğretim görevlisi olarak naklen atandı.