

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FERTİGASYON STRATEJİLERİ VE DAMLATICI DEBİLERİNİN  
KUMLU VE TINLI TOPRAKLARDA NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Cihan KARACA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**2013**



**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FERTİGASYON STRATEJİLERİ VE DAMLATICI DEBİLERİNİN  
KUMLU VE TINLI TOPRAKLARDA NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Cihan KARACA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
tarafından 2013.02.0121.014 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

**2013**



**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI FERTİGASYON STRATEJİLERİ VE DAMLATICI DEBİLERİNİN  
KUMLU VE TINLI TOPRAKLARDA NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Cihan KARACA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Bu tez 27/06/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman) :.....

Prof.Dr.Ruhi BAŞTUĞ (Üye) :.....

Doç.Dr.Şule ORMAN (Üye) :.....



## ÖZET

### FARKLI FERTİGASYON STRATEJİLERİ VE DAMLATICI DEBİLERİNİN KUMLU VE TINLI TOPRAKLARDA NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Cihan KARACA

**Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**  
**Danışman: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ**  
**Temmuz 2013, 53 sayfa**

Bu çalışma ile farklı fertigasyon stratejilerinin, değişik bünyeye sahip topraklarda nitrat yıkanması üzerine etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla, farklı fertigasyon stratejileri, kumlu ve tınlı olmak üzere iki farklı toprak bünyesi ve 2 ve 4 L/s damlatıcı debilerinde denenerek, gübrenin toprağın istenen derinliğine bırakılabilmesi için, sulama sırasında fertigasyonun başlatılacağı en uygun zaman dilimi saptanmıştır.

Araştırma Akdeniz Üniversitesi yerleşkesinde bulunan serada saksılarda yürütülmüştür. Fertigasyon stratejileri, gübre eriğinin sulama süresi içerisinde suya karıştırılma zamanı farklılaştırılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla aşağıdaki fertigasyon konuları denemede kullanılmıştır:

F1: Sulama süresinin son yarısında gübre eriğinin verilmesi,

F2: Sulama süresinin ilk yarısında gübre eriğinin verilmesi,

F3: Sulama süresinin  $\frac{1}{4}$  ü ile  $\frac{3}{4}$  ü arasında gübre eriğinin verilmesi

F4: Sulama süresi boyunca gübre eriğinin verilmesi,

Sonuç olarak, tınlı topraktan yıkanan toplam  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarı (mg) incelendiğinde, damlatıcı debisinin ve fertigasyon stratejilerinin  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasında etkili olduğu, kumlu toprakta ise damlatıcı debilerinin  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasında istatistiksel anlamda bir etkisinin olmadığı ancak fertigasyon stratejilerinin kumlu topraktan  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasına etkili olduğu saptanmıştır. Tınlı toprak uygulamalarında 4 L/s'lik debide F4 stratejisi önerilirken kumlu topraklarda 2 L/s'lik debide F3 stratejisinin uygulanması önerilmektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Fertigasyon stratejisi, Damlatıcı debisi, Nitrat yıkanması,  
Kumlu toprak, Tınlı toprak, Toprak bünyesi

**JÜRİ:** Prof.Dr.Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)  
Prof.Dr.Ruhi BAŞTUĞ  
Doç.Dr.Şule ORMAN





## ABSTRACT

### THE EFFECTS OF DIFFERENT FERTIGATION STRATEGIES AND DRIPPER DISCHARGE ON NITRATE LEACHING FROM SANDY AND LOAMY SOILS

Cihan KARACA

M. Sc. Thesis in Department of Agricultural Structures and Irrigation  
Supervisor: Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ  
July 2013, 53 pages

This study aims to determine and identify the effects of different fertigation strategies on nitrate leaching in soils having different texture. To this end, the best time to start and end fertigation during irrigation was determined in sandy and loamy soil using different drippers discharging of 2 and 4 l/s, to ensure that fertilizer is left at the desired depth of soil.

The study has been performed in pots in greenhouses located at the Akdeniz University. Fertigation strategies have been formulated through differentiation of the time of mixing of fertilizer solution to water during irrigation process. To this end, the following fertigation options have been elaborated:

F1 : feeding of fertilizer solution during the second half of irrigation period

F2 : feeding of fertilizer solution during the first half of irrigation period

F3 : feeding of fertilizer solution between 1/4<sup>th</sup> and 3/4<sup>th</sup> of irrigation period

F4 : feeding of fertilizer solution during the whole irrigation period

As a conclusion, considering the total leached NO<sub>3</sub>-N masses (mg) for loamy soil, it is determined that dripper discharge and fertigation strategies have statistically significant effect on NO<sub>3</sub>-N leaching. As for sandy soil, fertigation strategies are determined to have significant effects on leaching, while dripper discharge had no statistically significant effect. For loamy soil applications, F4 strategy at 4 L/s discharge is suggested, while for sandy soil applications, F3 strategy at 2 L/s discharge is suggested.

**KEYWORDS:** Fertigation strategy, Dripper discharge, Nitrate leaching, Sandy soil, Loamy soil, Soil texture

**COMMITTEE:** Prof.Dr.Dursun BÜYÜKTAŞ (Supervisor)  
Prof.Dr.Ruhi BAŞTUĞ  
Doç.Dr.Şule ORMAN



## ÖNSÖZ

İntensif tarımla beraber üreticilerin kimyasal gübre kullanımı artmıştır. Uygulanan kimyasalların bilinçsizce kullanımı sonucu toprakta kalıntı bırakması ve toprakları çoraklaştırması olasıdır. Bundan dolayı doğru fertigasyon stratejilerinin seçilmesiyle gübrelemenin marjinal faydası artırılarak, hem çevreye olan zararını azaltmak hem de üretimde girdi maliyetini düşürerek karlılığı arttırmak gerekmektedir.

Yapılan bu tez çalışmasında farklı fertigasyon stratejileri denenerek, ortaya konulan optimum fertigasyon zaman diliminin belirlenmesiyle kimyasal gübre girdisinin marjinal faydasını artırıcı etki yaratacaktır. Zira besleyici çözeltilerin istenilen katmana ulaşması söz konusu olacaktır.

Çıkan sonuçlar daha sonraki çalışmalar için temel oluşturabileceği gibi nümerik modelleme yapılabilmesi için de yeterli veri seti elde edilebilecektir. Verilerin kullanılmasıyla modelleme yapılması durumunda, topraktaki fertigasyon stratejilerinin değişimlerine ve tekstür değişikliklerine göre toprak katmanlarındaki nitrat miktarı ve perkole olan suyun nitrat içeriği tahmin edilebilecektir.

Bana bu konuda tez hazırlama olanağı sağlayan ve araştırmam süresince desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ'a, değerli görüşlerinden yararlandığım Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ'a, Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ'a, Yrd. Doç. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ'a, Yrd. Doç. Dr. Harun KAMAN'a, Dr. Köksal AYDINŞAKİR'e, gerek arazi çalışmalarında gerekse laboratuvar çalışmalarında büyük yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Gülçin Ece ASLAN'a, Arş. Gör. Ahmet TEZCAN'a, lisans öğrencilerimizden Mehmet ÇEÇEN'e, Gizem BÜYÜKKESKİN'e, Suna BÜYÜKKÖK'e, Umut Can ÇINAR'a, Dilek DURAN'a, Evin SOYVURAL'a, teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen anne ve babama, çalışmam süresince her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen Didem DURSUN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	3
2.1. Azot .....	3
2.1.1. Toprakta azot döngüsü .....	4
2.1.2. Azotlu gübrelerin tüketimi ve ekonomik etkinliği .....	5
2.1.3. Nitrat yıkanması ve çevre-insan ilişkisi .....	7
2.2. Fertigasyon .....	9
2.2.1. Fertigasyon ve Azotlu gübreler .....	12
2.2.2. Fertigasyon Stratejileri .....	12
3. MATERYAL VE METOD .....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Araştırma yerinin tanıtılması.....	21
3.1.2. Denemenin yerinin iklim özellikleri .....	22
3.1.3. Araştırmada kullanılan toprak ve sulama suyunun özellikleri .....	23
3.1.3.1. Toprak özellikleri.....	23
3.1.3.2. Sulama suyunun özellikleri.....	24
3.1.4. Araştırmada kullanılan ekipmanlar .....	25
3.1.4.1. Saksı özellikleri.....	25
3.1.4.2. Sulama ve fertigasyonda kullanılan bidonların özellikleri .....	25
3.1.4.3. Spektrofotometre .....	26
3.2. Metod.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	41
4.1. Tınlı Toprak Bünyesinde Yıkanan ve Toprakta Kalan NO <sub>3</sub> -N Değerleri .....	41
4.2. Kumlu Toprak Bünyesinde Yıkanan ve Toprakta Kalan NO <sub>3</sub> -N Değerleri.....	45
5. SONUÇ .....	49
6. KAYNAKLAR .....	51
ÖZGEÇMİŞ	



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

B	Bor
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	Karbonat
Fe	Demir
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bikarbonat
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amonyum
NO <sub>3</sub> -N	Nitrat azotu
NH <sub>4</sub> -N	Amonyum azotu
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Amonyum nitrat
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Sülfat

### Kısaltmalar

AN	Amonyum nitrat
bbm	Bitki besin maddesi
EEC	Avrupa Ekonomik Komitesi
EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü
F1	Sulama süresi boyunca gübre eriyiğinin verilmesi
F2	Sulama süresinin ilk yarısında gübre eriyiğinin verilmesi,
F3	Sulama süresinin son yarısında gübre eriyiğinin verilmesi,
F4	Sulama süresinin ¼ ü ile ¾ ü arasında gübre eriyiğinin verilmesi.
vd	Ve diğerleri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü





## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye’de etkili besin maddesine göre gübre tüketimi (Eraslan vd 2010). ....	7
Şekil 2.2. Gardenas vd (2005) tarafından uygulanan fertigasyon stratejilerinin şematik görünümü.....	16
Şekil 2.3. Claire vd (2003)’nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 1). ....	18
Şekil 2.4. Claire vd (2003)’nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 2). ....	18
Şekil 2.5. Claire vd (2003)’nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 3). ....	19
Şekil 2.6. Claire vd (2003)’nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 4). ....	19
Şekil 3.1 Deneme alanının konumu .....	21
Şekil 3.2. Deneme alanından bir görüntü. ....	21
Şekil 3.3. Uygulamada kullanılan saksı örneği.....	25
Şekil 3.4. Denemede kullanılan bidon örneği. ....	25
Şekil 3.5. DR 2800 (Hach-Lange, USA) taşınabilir spektrofotometre. ....	26
Şekil 3.6. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 1 (F1). ....	27
Şekil 3.7. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 2 (F2). ....	27
Şekil 3.8. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 3 (F3). ....	27
Şekil 3.9. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 4 (F4). ....	28
Şekil 3.10. Fertigasyon uygulamasının yapılması. ....	29
Şekil 3.11. Amonyum nitrat (AN), % 33 N (Karaman 2012). ....	29
Şekil 3.12. Gübre tartım işlemi. ....	34
Şekil 3.13. Gübreleri çözdürme işlemi.....	35
Şekil 3.14.Sabit debide su uygulamak için Mariotte tüpü ilkesine göre hazırlanan bidonlar.....	35
Şekil 3.15. Saksılardan drene olan sudan örnek alma işlemi .....	36
Şekil 3.16. Alınan örnekleri süzme işlemi. ....	37
Şekil 3.17. Örneklerin cam küvetlere doldurulması. ....	38
Şekil 3.18. Süzöklere Nitraver 5 Nitrat Reaktif Powder Pillow ilave edilme işlemi. ....	38

Şekil 3.19. Süzükte NO <sub>3</sub> -N miktarının spektrofotometre ile okuma işlemi.....	39
Şekil 4.1. Denemede kullanılan saksılardaki toprak yüzeyinde oluşan çatlaklar. ....	43
Şekil 4.2. Toprakta bulunun makro gözeneklerin görünümü.....	44
Şekil 4.3. Denemde tınlı toprakta saksı ve toprağın bileşim yüzeyleri arasında çatlak oluşan bir saksının görüntüsü. ....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Evrende azotun bulunduğu yerler ve miktarları.....	3
Çizelge 2.2 Toprak-bitki-atmosfer sisteminde temel N döngüsü, N girdileri ve N çıktıları (Tisdale vd 1993).....	4
Çizelge 2.3.Türkiye’de çeşitlerine ve etkili bitki besin maddesi (bbm) ilkesine göre kimyasal gübrelerin tüketim miktarları (x1000 ton).....	6
Çizelge 3.1. Antalya Meteoroloji İstasyonuna ilişkin uzun yıllık ortalama verileri .....	22
Çizelge 3.2. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	23
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal bileşimi. ....	24
Çizelge 3.4. Araştırma Konuları. ....	28
Çizelge 3.5. Deneme başlangıcında toprakta bulunan NO <sub>3</sub> -N (mg/L) miktarları.....	30
Çizelge 3.6. Deneme başlangıcında topraktan drene olan suda bulunan NO <sub>3</sub> -N miktarları (mg/L). ....	31
Çizelge 3.7. Deneme uygulamalarından önce A sınıfı buharlaşma kabında ölçülen buharlaşma değerler. ....	32
Çizelge 3.8. Uygulama boyunca deneme konularına verilen (giren) ve deneme konularından drene olan (çıkan) su miktarları (ml).....	33
Çizelge 3.9. Saksıların altına drene olan sudan, örnek alma tarihleri. ....	36
Çizelge 4.1. Tınlı toprak bünyesinde, tüm uygulamalar sonunda drene olan (yıkanan) çözeltilerdeki belirlenen NO <sub>3</sub> -N değerleri (mg) <sup>1</sup> .....	41
Çizelge 4.2. Tınlı topraklarda farklı uygulamaların toprakta toplam nitrat birikimi üzerine etkisi (mg/L) <sup>1</sup> . ....	42
Çizelge 4.3. Kumlu toprak bünyesinde, tüm uygulamalar sonucunda drene olan (yıkanan) çözeltilerdeki belirlenen NO <sub>3</sub> -N miktarı (mg) <sup>1</sup> .....	45
Çizelge 4.4. Kumlu topraklarda farklı uygulamaların toplam nitrat birikimi üzerine etkisi (mg/L) <sup>1</sup> .....	46



## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde artan nüfus ve buna bağlı olarak giderek artan besin ihtiyacını karşılamak için; tarımsal üretimde kullanılmayan arazilerin ıslah edilerek, üretim alanlarının artırılması hedeflenmiştir. Ancak ülkemiz açısından, tarımsal amaçlı kullanımı ekonomik olacak toprakların büyük bir kısmı kullanıldığından, yeni tarım alanları açılarak verimin artırılması artık olası görülmemektedir. Ülkemizde ve Dünyada ihtiyaç duyulan gıda maddesi açığını karşılamamanın diğer bir yolu ise, mevcut tarım arazilerinde, birim alandan alınan verimi arttırmaktır. Bu amaca yönelik birçok farklı araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda intensif (yoğun) tarım önem kazanmaya başlamıştır. Intensif tarım, birim alandan daha fazla verimin elde edilebilmesi için verimi yüksek hibrit çeşitlerin kullanımını ile çeşitli ileri teknoloji ürünü gübreleri ve tarımsal mücadele ilaçlarının kullanımını, yüksek randımanlı sulama sistemlerini ve tarımda makineleşme uygulamalarını, gerekli kılmaktadır. Bu süreçte, basınçlı sulama sistemleri ile su ve gübrenin de bu sistemler aracılığıyla doğrudan bitki kök bölgesine verilmesi büyük ilgi görmüş ve hızla yayılmıştır.

Damla sulama, intensif sulu tarımda kullanılmak üzere geliştirilmiş olan bir yöntemdir. Damla sulama sistemleri, toprak yüzeyine veya yüzeyin hemen altına yerleştirilen küçük çaplı damlatıcılar yardımıyla arıtılmış suyu toprak yüzeyine veya içerisine veren sistemlerdir. Bu sistem suyun bitki kök bölgesine düşük basınç altında verilmesine olanak sağlar. Bu sistemin çalıştırılması için gerekli olan basınç, yağmurlama sulama sisteminde gerekli olan basınçtan daha az olup su, yaygın boru ağı aracılığı ile her bitkiye kadar götürülür. Öte yandan bitkilere verilecek gübreler de sulama suyu ile birlikte verilebilmektedir (fertigasyon). Kısacası, sistemin esas bitkinin ihtiyaç duyduğu su ve besin maddesi miktarını optimum seviyede tutmaktır.

Damla sulama yönteminin en önemli özelliği, toprak yüzeyinin tamamının ıslatılmayıp, sadece bitki sırası boyunca ıslak bir şerit elde edilmesi ve bitki sıra arasında kuru bir alanın kalmasıdır. Böylece sadece bitki kök bölgesi sulandığından ve gübrelendiğinde mevcut sulama suyundan ve gübrelere üst düzeyde yararlanılır.

Basınçlı sulama sistemlerinin gelişmesine ve kullanımının artmasına paralel olarak fertigasyon uygulamaları da oldukça yaygınlaşmıştır. Fertigasyon, basınçlı sulama sistemlerinde sulama sırasında sisteme gübre eriğinin karıştırılması suretiyle yapılan gübreleme işlemidir. Damla sulama ile fertigasyon yapılmasının birçok avantajı bulunmaktadır. Zira damla sulamanın temelinde az miktarda fakat kısa sulama aralıklarında sulama yapılması vardır. Bunun sonucunda bitki başına düşen debinin azlığı nedeniyle, derine sızma yani perkolasyon ile su ve dolayısıyla fertigasyon yapılıyorsa gübre kaybı diğer sulama yöntemlerine göre daha azdır. Damla sulama, perkolasyon sonucunda meydana gelen azot kaybını engelleyeceği gibi ürün kalitesi üzerine de olumlu etki yapar. Damla sulamanın bu etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Geleta vd 1994, Roth vd 1995, Li vd 2000, Sharmasarkar vd 2001).

Fertigasyon uygulamalarında suyun ve gübrenin bitkinin kök bölgesine ulaşması hedeflenir. Damla sulama yönteminde perkolasyon ile besin kaybı diğer yöntemlere göre daha az olsa da, kısa sulama aralıkları ile sulama yapılması sonucunda kayıplar, toplam olarak önemli bir düzeye ulaşabilmektedir. Yanlış fertigasyon stratejileriyle

birlikte kök bölgesinde meydana gelebilecek fazla gübre birikimi, bitkinin gelişimini olumsuz etkileyebileceği gibi ekonomik açıdan da girdi maliyetini arttıracaktır. Bunun yanında besleyici çözeltilerin, hedef olarak belirlenen kök bölgesi dışına ulaşması ise kullanılan gübrenin faydasını düşürerek besin noksanlığına neden olacaktır ve verimin artırılması için daha fazla gübreleme yapılması gerekecektir. Fakat noksanlık ortaya çıktıktan sonra giderilme süresi ile ilişkili olarak az veya çok mutlaka verim kaybı ortaya çıkacaktır.

Uygulanan nitrat içerikli gübrelerin, istenen katmanlara ulaşarak bitki tarafından kullanılmasının sağlanması, toprakta asılı kalarak yıkanmalar sonucunda yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına karışmasını engelleyecektir. Bunun yanında intensif tarımın temel amacı olan yüksek verim elde edilme ilkesi de gerçekleşmiş olacaktır.

Yanlış seçilen fertigasyon stratejileri nedeniyle oluşan verim kaybını ortadan kaldırmak için üreticiler genellikle yoğun gübreleme yapma yolunu seçmektedirler. Bunun ekonomik boyutunun veya uygulanan gübrenin marjinal faydasının düşüklüğünün yanı sıra, yoğun ve bilinçsiz gübrelemenin çevreye olan zararı konunun en önemli parçalarından birini oluşturmaktadır.

Türkiye’de azot, bitki beslemede kullanımı en yaygın olan besin elementlerinin başında gelmektedir. Ülkemizin de dahil olduğu Akdeniz kuşağında 1970’lerden önce çok az gübre kullanılırken son yıllarda özellikle azot ve fosforlu gübre kullanımında hızlı bir artış gözlenmekte ve bu artışın önümüzdeki yıllarda da devam edeceği öngörülmektedir (Ryan 2008). Sulama yönetiminde nitrat içerikli gübrelerin yönetilebilmesinin sağlanması ve dolayısıyla nitrat konsantrasyonunun kontrol edilebilmesi önemlidir. Bitkilerin uygulanan nitrat içerikli gübrelerden yararlanma oranı, toprağın su içeriği ile ilgili olmakla birlikte, %50’nin altındadır. (Begg ve Turner 1976). Yüksek nitrat konsantrasyonu, yerüstü ve yeraltı su kaynaklarına karışarak sağlık açısından tehdit oluşturabilmektedir (Karaman vd 2004).

Yapılan araştırmalar sonucunda nitratın ( $\text{NO}_3$ )’ın toprakta ıslatılan hacim içerisinde, özellikle de ıslatılan hacmi çevreleyen sınırdaki biriktiği gözlenmiştir. Bu nedenle, nitratın, kontrolsüz sulu gübreleme sonucunda, kök bölgesi dışına çıkarak yeraltı, yerüstü sularını ve toprakları kirletmesi olasıdır (Li vd 2004).

Dünya genelinde yapılan araştırmalarda sadece yıkanarak meydana gelen azot kayıplarının, gübre uygulanmış ve uygulanmamış koşullar dahil, yıllık hektara 1-500 kg azot olduğu saptanmıştır (Fried ve Broeshart 1967). Aşırı azotlu gübre kullanımı ve sulamayla meydana gelen yıkanmalar sonucu su kaynaklarının da kirlenmesine, insan ve hayvanların sağlığını tehdit eder hale gelebilmektedir (Kaplan vd 1999, Sönmez vd 2007).

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Azot

Bitkisel üretimin tamamına yakını toprakta gerçekleştirilir. Bu nedenle toprak, bitkilerin azot dahil besin elementlerinin temel kaynağıdır. Azot periyodik cetvelde N simgesi ile gösterilen bir element olup atom numarası 7'dir. Dünyada bulunan azotun (N) yaklaşık % 98'i litosferdedir (Çizelge 2.1) (Kaçar ve Katkat 2007a)

Çizelge 2.1. Evrende azotun bulunduğu yerler ve miktarları.

Azotun bulunduğu yer	N, ton
Litosfer	$1.636 \times 10^{17}$
Toprak:	
Organik Madde	$2.2 \times 10^{11}$
Fiske edilmiş $\text{NH}_4^+$	$2.0 \times 10^{10}$
Atmosfer	$3.86 \times 10^{15}$
Hidrosfer	$2.3 \times 10^{13}$
Biyosfer	$2.8 \times 10^{11}$

Delwiche (1970)'e göre atmosferin  $3.86 \times 10^{15}$  ton moleküler azot (N) içermesine karşın, toprak azotu evrendeki toplam azotun yalnız küçük bir bölümünü oluşturmaktadır ve bunun da ancak az bir bölümü yararlanılabilmektedir (Foth ve Ellis 1988).

Azot proteinlerin ve nükleik asitlerin yapı taşı olup canlı sistemler için mutlak gereklidir. (Ecevit 2004) Azot bitkilerin temel gereksinimi, bitkilerin azot içerikleri bitki çeşidi, yaşı, organı, çevre koşulları gibi pek çok faktör bitkilerin azot içeriklerini etkiler.

Azotun bitki gelişimi ve metabolizması açısından başlıca etkileri Mengel ve Kirkby (2001) ve Marschner (2008) tarafından şu şekilde açıklanmıştır.

- Organik maddenin temel yapı taşı olduğundan, bitki gelişimi ve kuru madde üretimi açısından birincil besindir. Dolayısıyla, vejetatif gelişme ve ürün artışı açısından azotun büyük önemi vardır.

- Klorofilin temel yapı taşı olması nedeniyle bitkilerde fotosentez için son derece önemlidir. Nitekim azot noksanlığı durumunda klorofil molekülleri dağılır.

- Bitkilerde vejetatif gelişmeyi kök gelişimine göre daha fazla etkilediğinden tepe/kök oranı artar.

• Bitki hücreleri daha büyük, buna karşılık ince duvarlı olur. Hücrelerde protoplazma oranı artar, protoplazmanın su kapsamı yüksek olduğundan bitki suyu üzerine olumlu etkide bulunur. Buna karşılık özellikle lif bitkilerinde kırılmaya karşı dayanıklılık azalır, bitki dokuları hastalık ve zararlılarına daha duyarlı hale gelir.

• Bitkilerde karbonhidrat-protein dengesini etkiler. Azot düzeyindeki artış ile birlikte şeker ve nişasta sentezlemesi geriler. Yüksek azot koşullarında amidlerin birikmesi sonucu tat ve aromada bozulmalar ortaya çıkar. Hasat ve olgunluk dönemi gecikir.

• Azot bitkilerde diğer besin elementlerinin alım ve kullanım etkinliği açısından da son derece önemlidir. Azot ile yeterli beslenen bitkilerin diğer besin elementlerini alım ve kullanım etkinlikleri de artmaktadır.

### 2.1.1. Toprakta azot döngüsü

Bitkiler tarafından alınan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) toprakta karmaşık bir döngü içerisinde oluşur ve yiter. Toprak-bitki-atmosfer sisteminde temel N döngüsü, N girdileri ve N çıktıları Çizelge 2.2. deki gibi ifade edilmiştir.

Çizelge 2.2 Toprak-bitki-atmosfer sisteminde temel N döngüsü, N girdileri ve N çıktıları (Tisdale vd 1993).

N-(kazancı)	N-(kaybı)	N-döngüsü
Fiksasyon	Bitkilerce alım	Mineralizasyon
Biyolojik	Denitrifikasyon	Nitrifikasyon
Endüstriyel	Volatilizasyon	İmmobilizasyon
Elektriksel	Yıkama	
Diğer(yakıt)	$\text{NH}_4^+$ fiksasyonu*	
Çiftlik gübresi		
Organik artıklar		

\* Geçici olarak yararlanılamaz formdur.

Bitkiler ve mikroorganizmaların çoğu atmosferde bulunan ( $\text{N}_2$ ) gazından besin maddesi olarak yararlanamazlar. Ancak bazı özelleşmiş mikroorganizma grupları serbest azot gazını redükte ederek amonyak formuna çevirirler. Bu olay biyolojik azot fiksasyonu olarak tanımlanmaktadır. Bitkiler ise nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonları halindeki azotu kullanabilirler. Toprakta bulunan yarayışlı azot formları yer



kabuğunda bulunan azotun çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Birincil tüketiciler (herbivor) ve ikincil tüketiciler (karnivor ve predatörler) ise ancak aminoasit formundaki organik azottan yararlanabilirler (Haktanır ve Arcak 1997).

### **2.1.2. Azotlu gübrelerin tüketimi ve ekonomik etkinliği**

Bitkisel üretim sırasında tarım topraklarının bitki besin elementlerince yoksullaşması önemli bir olgudur. Nitelikli bol ürün alınabilmesi bu durumun dikkatle izlenmesine ve gerekenin yapılmasına bağlıdır. Fakat kimyasal gübrelerin gereğinden fazla, uygun olmayan zamanda, çeşitte ve biçimde kullanılması önce üreticinin aile bütçesine sonra da ülke bütçesine büyük zararlar verir. Önemli olan birim alana en yüksek getiriyi sağlayacak şekilde gübrelerin tüketilmesidir (Kaçar ve Katkat 2007b). Bitki besin elementlerinin eksilmesi ve tarım topraklarının yoksullaşması çeşitli nedenlerle ortaya çıkar. Toprakta meydana gelen bu eksilmeler bitkiler tarafından besin elementlerinin alınmasıyla, yıkanarak besin elementlerinin topraktan uzaklaşmasıyla, erozyon ile besin elementlerinin başka alıcı ortamlara taşınması ve gaz şeklindeki eksilmelerdir. Azot bitkilerin temel yapı taşlarından olup bitkilerde amino asitler, proteinler, nükleik asitler gibi organik bileşiklerin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir. Nitekim bitkilerde protein hayati öneme sahip olup, enzim proteinleri, depo proteinleri, yapısal proteinler olmak üzere farklı proteinler söz konusudur. Bitkilerde protein azotun yaklaşık % 80-85'ine kadar ulaşabilmektedir (Karaman 2012). Bu bilgiler göz önüne alındığında azotlu gübrelerin önemi ve etkin kullanılması göz ardı edilmeyecek kadar önemlidir. Diğer bir deyişle bitkilerden ekonomik anlamda verimli ve nitelikli ürün almak için gübreleme yapmak bir zorunluluktur.

Nitrat yıkanması ekonomik açıdan değerlendirildiğinde azotlu gübrelerin üretilmesi için oldukça yüksek miktarlarda enerji gerekmektedir (38.6 MJ/kg N) (Evers et al. 2000) ve bu nedenle de gübre fiyatları her geçen gün artmaktadır. Ayrıca, son yıllarda küresel ısınmanın etkisiyle dünyada etkisini giderek hissettiren kuraklık nedeni ile yaşanan su yetersizliği de göz önüne alındığında suyun etkili bir biçimde kullanılması da önem kazanmaktadır (İbrikçi vd 2008).

Dünyada ve ülkemizde en çok tüketilen inorganik (kimyasal) gübrelerin başında azotlu gübreler yer alır. Eraslan vd (2010)'nin bildirdiğine göre azot içerikli gübre tüketimi diğer besin elementlerinin tüketiminden fazladır (Çizelge 2.3).

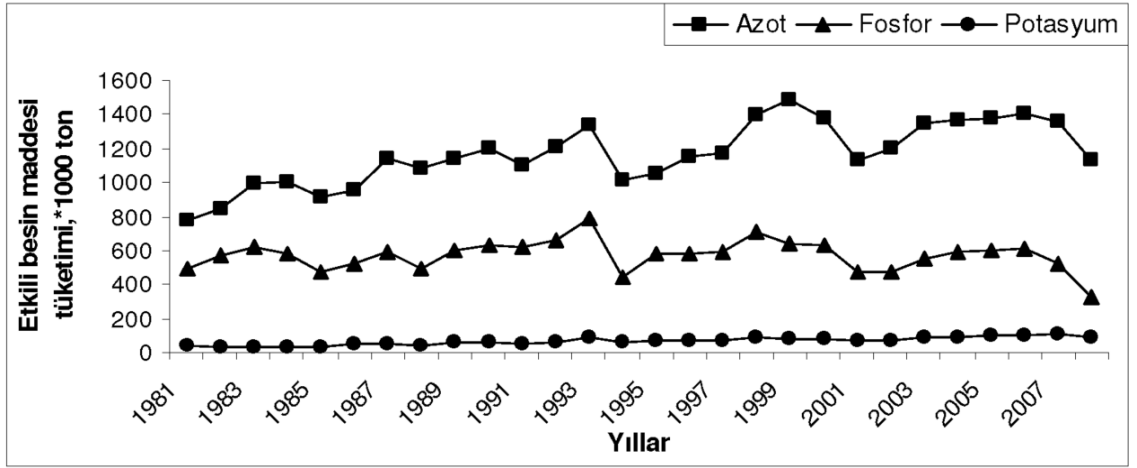
Çizelge 2.3.Türkiye’de çeşitlerine ve etkili bitki besin maddesi (bbm) ilkesine göre kimyasal gübrelerin tüketim miktarları (x1000 ton).

Gübre Çeşidi	V. PD 1985 - 1989	VI. PD 1990 - 1995	VII. PD 1996 - 2000	VIII. PD 2001- 2005	2006	2007	2008
Amonyum Sülfat	440.5	342.7	310.6	305.8	388.4	360.0	292.5
Amonyum Nitrat	1.584	1.401	1.228	933.1	973.8	1.006	809.7
Amonyum Nitrat	1.75	132.2	401.1	752.7	896.7	889.9	744.2
Üre	517.7	650.0	838.6	781.3	807.7	772.2	770.2
Normal Süper Fosfat	8.4	0.004	-	10.9	16.2	9.7	16.4
Triple Süper Fosfat	263.9	128.2	60.6	39.4	53.1	40.4	19.4
Diamonyum Fosfat	431.9	658.9	633.7	501.8	637.1	428.1	149.1
Potasyum Sülfat	20.4	16.3	16.9	17.1	24.2	28.1	15.5
Kompoze Gübreler*	1.171	1.3956	1.627	1.509	1.571	1.614	1.313
<b>Fiziki Toplam</b>	<b>4.451</b>	<b>4.727</b>	<b>5.116</b>	<b>4.852</b>	<b>5.367</b>	<b>5.148</b>	<b>4.129</b>
Azot	1.047	1.151	1.315	1.283	1.407	1.356	1.133
Fosfor	534.1	618.7	627.7	536.6	605.5	516.4	328.8
Potasyum	46.4	63.8	78.2	81.3	98.9	109.4	89.5
<b>Etkili BBM Toplamı</b>	<b>1.628</b>	<b>1.833</b>	<b>2.021</b>	<b>1.900</b>	<b>2.111</b>	<b>1.982</b>	<b>1.552</b>

\*kompoze gübreler: 20-20-0, 15-15-15+Zn, 20-20-0+Zn, 26-13-0, 15-15-15, 15-30-15, 15-25-15, 2010-10, 12-30-12, 11-52-0, 25-5-0, 10-25-20, 16-20-0, 8-24-8, 10-15-25, 25-5-10, 10-20-20, 20-32-0+Zn, 8-24-24, 18-24-12+Zn, 12-20-12 gübrelerinden oluşmaktadır.  
PD; Plan Dönemi

Gübre tüketimimizin son yıllarda önemli oranda azalması üzerinde durulması gereken önemli noktalardan birisidir. Bitkisel üretim alanlarımızda gübre tüketiminin artışına neden olacak fazlaca değişim olmaktadır. Bu değişimlerin başında sulu tarım alanlarının artışı, yüksek verimli hibrit tohumların kullanımının giderek yaygınlaşması, endüstri bitkilerinin ekim alanlarında görülen artış eğilimi gibi durumlar sayılabilir (Şekil 2.1).

Ancak bunlara rağmen son yıllarda gübre tüketimindeki azalış düşündürücüdür. Bu durgunluğa ekonomik kriz ve çiftçinin alım gücünün düşmesi en önemli neden olarak gösterilse de tek neden olarak bunları göstermek yanlış olur (Eraslan vd 2010).



Şekil 2.1. Türkiye’de etkili besin maddesine göre gübre tüketimi (Eraslan vd 2010).

### 2.1.3. Nitrat yıkanması ve çevre-insan ilişkisi

Bilindiği gibi, kültür bitkilerin yetiştirilmesinde en çok kullanılan gübreler azotlu gübrelere dir. Azot toprağa uygulandıktan sonra önemli miktarı nitrat ( $\text{NO}_3$ ) formuna dönüşmekte ve toprak içerisinde su ile hızla hareket ederek yeraltı sularına karışmaktadır. Yüksek nitrat yoğunluğuna sahip yeraltı suları içme veya sulama suyu olarak kullanıldığında ciddi bir sağlık ve çevre sorununa yol açmaktadır. Nitratin böyle kolaylıkla aşağıya yıkanmasının nedeni aşırı su uygulanması olduğundan daha az su uygulayan damla sulama yöntemi bu sorunun çözümü için en uygun yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Özekici 2008).

Kimyasal gübrelerin tarım topraklarına gereğinden fazla uygulanması ekonomik zararlar dışında çevreye maddi olarak ölçülemeyecek düzeyde zarar verebilir (Kaçar ve Katkat 2007b). Aşırı ticari gübre ve haddinden fazla hayvan gübresi kullanımı, bitki besin elementlerini çevre için ciddi kirlilikler yaratacak boyutlara ulaştırır. Sucul ekosistemde bitkilere ve hayvanlara zararlı olan kirleticiler, eğer içme suyunda tolerans seviyesinin üzerinde bulunursa ciddi insan sağlığı problemlerine de yol açar (Hodgkin ve Hamilton 1993). Bitkiler için mutlak gerekli olan azot içerikli gübrelerin, etkin olmayan biçimde kullanımı sonucunda, fazla azotun büyük kısmı yıkanarak yer altı sularına karışır. Yanlış yapılan gübre uygulamaları sonucunda yer altına sızan nitrat, doğal hidrolojik döngü sonucunda insan ve hayvanlarda toksik etkilere neden olmaktadır. Azotlu gübrelere azot, nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ya da amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) şeklinde bulunur. Negatif elektriksel yüke sahip olan nitrat iyonları ( $\text{NO}_3^-$ ) toprakta tutulamazlar. O nedenle topraktan su ile kolayca yıkanıp giderler. Toprakta nitrat aşağı doğru olduğu gibi, yatay ve evapotranspirasyon sonucu yukarı doğru taşınabilmektedir.

İnsan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinden dolayı nitrat ve nitrit, belirli dozların üzerinde gıdalarda bulunması istenmeyen maddelerdir. Bu maddelerin toksik olmalarının nedenleri kansızlığa yol açmaları ve insan vücudunda bulunan sekonder aminlerle tepkimeye girerek kanserojen olan nitrozaminleri oluşturmalarıdır.

İçme ve kullanma sularındaki yüksek azot içeriği insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Su ve besin zinciri yoluyla insan ve hayvan vücuduna ulaşan nitrat, nitrit formuna indirgenerek bağırsak zarlarının parçalanmasına neden olabilmekte, nitrozamin formuna dönüşerek de kanserojen etki göstermektedir (Kıvanç 2004).

Nitrat iyonları doğrudan toksik etkiye sahip değildir. Nitrat, bakteriyel nitrat redüktaz aktivitesi vasıtasıyla zararlı nitrit iyonlarına dönüşmektedir. Nitrit ise hemoglobinin ile etkileşime girerek methemoglobin oluşumuna neden olmaktadır. Hemoglobindeki  $Fe^{+2}$  yükseltgenerek  $Fe^{+3}$ 'e dönüşmekte, böylece kanın  $O_2$  taşıması işlevi önlenmekte ya da azalmaktadır. Bu durum methaemoglobinaemia olarak adlandırılır. Çocuklar için tehlikelidir ve 'mavi bebek sendromu' olarak bilinmektedir. Nitritin insan sağlığı üzerine bir başka olumsuz etkisi, sekonder aminlerle tepkimeye girerek nitrozaminlerin oluşumuna neden olmasıdır. Bu bileşikler potansiyel olarak kanserojen, mutajen ve/veya teratojendir (Özdehan ve Üren 2010).

Fazla miktarda nitrat yer altı sularında olduğu gibi yüzey sularında da problemlere neden olmaktadır. Nitrat, karasal bitkilerde olduğu gibi suda yaşayan bitkilerin de gelişmesini teşvik etmektedir. Fakat bu bitkilerin fazlaca gelişmesi istenen bir durum değildir. Göllerde nehirlerde fazla miktarda bulunan nitrat, su yüzeyinde ve altında bazı bitkilerin aşırı gelişmesine, dolayısıyla nehir kenarlarının daralmasına ve kıyıların zarar görmesine, botların pervanelerinin bozulmasına ve su borularının tıkanmasına neden olmaktadır. Yüzey sularında aşırı miktarda bulunan nitratın sebep olduğu daha da önemli olan çevresel problem ise, yüzeyde tek hücreli bitki olan alglerin gelişimini teşvik etmesidir. Alg popülasyonunun artması kirli bir görüntü oluşturduğu gibi mikroorganizma faaliyetlerinin artmasına da neden olmaktadır. Mikroorganizma faaliyetlerinin artması ise ortamda oksijenin tüketimini artırarak oksijensiz koşullar oluşturmaktadır. Ötrofikasyon olarak bilinen bu süreç sonucunda, balıkların ve suda yaşayan diğer faydalı organizmaların yaşamları tehdit edilmiş olur (Addiscott 1996).

Azotun bu olumsuz etkileri üzerine Avrupa Birliği 91/676/EEC sayılı yönetmelik ile yüzey ve taban suyu nitrat birikimini azaltıcı tedbirlerin alınması yükümlülüğünü getirmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise besinlerde ve suda bulunması gereken azot miktarının sınırlarını belirlemiştir (Bremier 1982).

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Örgütü (EPA 2006) sularında bulunan nitrat için en fazla 10 mg/L, nitrit için ise 1 mg/L düzeylerinde sınırlama getirmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2004), içme suyu kalitesi rehberinin ikinci baskısında nitrat değerini 50 mg/L olarak tavsiye etmektedir. Benzer şekilde Avrupa Ekonomik Komitesi de (EEC) içme suyunda nitrat için belirlenen düzeyi 50 mg/L olarak bildirmektedir. Ülkemizde içme Suyu Yönetmeliği'ne göre sularında nitrit miktarı en fazla 0.05 mg/ L, nitrat miktarı ise 45 mg/L'dir (Karaçal vd 2006). Ayrıca Organik Tarımın Esasları Ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmeliğin 9. Maddesine göre tarımsal kaynaklı azotun su kirliliğine neden olmasını önlemek amacıyla, organik bitkisel üretimde kullanılacak toplam hayvan gübresi miktarının 170 kg/N/ha/yılı geçmemesi gerektiği ilan edilmiştir.

## 2.2. Fertigasyon

Azalan su kaynakları ve artan su talepleri sulama teknolojilerinin gelişmesine yol açmıştır. Tarımsal sulamalarda su toprağa değişik yöntem ve sistemlerle verilebilmektedir. Daha az sulama suyu kullanarak daha ekonomik uygulamalar ile toprakta drenaj ve tuzluluk sorunu yaratmayacak, verim ve kaliteyi artıracak sulama yöntem ve sistemlerinin kullanımı her geçen gün artan düzeyde önem kazanmaktadır (Çetin vd 2006).

Amerika Birleşik Devletleri'nin Florida eyaletinde yapılan 6 yıllık kapsamlı bir çalışmada (Alva vd 2006) gübre kullanım randımanının damla sulama yönteminde çok yüksek olduğunu göstermiştir. Bu yörede toprakların önemli bir bölümü kumlu topraklardır. Anılan topraklarda nitrat yüksek miktarlarda sulama suyu ile uygulandığında kolaylıkla bitki kök bölgesinden derine sızmakta ve yeraltı sularını kirletmektedir.

Fertigasyon basit bir tanımlama ile bitki besin maddelerinin (sıvı veya katı gübrelerin) sulama sistemleri vasıtasıyla sulama suyu ile birlikte toprağa veya bitki kök bölgesine uygulanmasıdır.

Fertigasyon, önemli bir tarımsal teknik olarak kabul edilmekte olup gübrelerin sulama suyu ile karıştırılarak verilmesi yöntemi giderek yaygınlık kazanmaktadır. (Dasberg vd 1983, Klein vd 1989).

İsrail' de sulanan alanların neredeyse tamamında fertigasyon uygulanmaktadır. Çünkü sulama suyu ile gübrenin birlikte verilmesi daha yüksek verim ve daha kaliteli ürün alınmasını sağladığı gibi, gübre kullanım etkinliğini de artırmaktadır (Imas 1999)

Kanber (2003), yaptığı araştırmalara göre fertigasyonun yararları, çok sayıda araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Kimi araştırmacı ise fertigasyonun üstünlüklerini, diğer makineli gübreleme yöntemlerine göre kıyaslamışlardır (Dasberg ve Bresler 1985, Threadgill vd 1990, Threadgill 1991, Hamdy 1995). Kimi araştırmacı ise fertigasyonun üstünlüklerini, diğer makineli gübreleme yöntemlerine göre kıyaslamışlardır (Threadgill vd 1990). Bunlar;

Besin elementlerinin yararlılıklarını artırarak, gübre randımanını yükseltir;

- Diğer tüm geleneksel gübreleme yöntemlerine göre, önemli ölçüde emek, makine ve yakıt artırımını sağlar,
- Araziye makine sokmadan gerektiği zaman gübreleme olanağı sağlar,
- Sistem farklı amaçlar için kullanılabilirdiğinden dolayı ekipman daha iyi amorti edilir,
- Daha etkin gübreleme ve su yönetiminden dolayı yeraltı su kaynaklarının özellikle, nitrojen yönünden kirlenmesi azaltılır,

- Uygulamalar, köklerin yoğun olduğu ıslak alanla sınırlanır,
- Uygulanan kimyasalla uygulayıcıların etkilenmesi azalır,
- Yıkanmadan dolayı gübre kayıpları en az düzeye iner,
- Bitkinin büyüme dönemine ve isteğine bağlı olarak gübreleme zamanında esneklik sağlar. Fertigasyon tekniği ile bitki besin maddelerinin istendiği zaman ve yerde en uygun miktarlarda verme olanağı bulunmaktadır.

Karaman (2012) fertigasyonun diğer yöntemlere göre bazı üstünlükleri vurgulanmıştır.

- Arazinin yalnızca belli bir kısmı ıslatıldığından sulama suyu ihtiyacı azdır. Kısıtlı su koşullarında mevcut su ile daha büyük alanlar sulanabilir.

- Islatılan alan bitki tarafından gölgelenir böylece buharlaşma ile kaybedilen su miktarı az olacağından bitki su tüketimi de diğer yöntemlere nazaran daha az olur.

- Bitki kök bölgesi sürekli nemli olduğu için nem gerilimi düşük olur. Bitki düşük gerilimle tutulan bu nemi kökleri ile fazla enerji harcamadan alır bu da ürün artışı sağlayan en önemli faktörlerdendir.

- Toprak yüzeyinin tamamının ıslatılmaması nedeniyle daha az su kullanılması, derine sızma ile su kaybının olmaması ve eş su dağılımını sağlaması nedeniyle su uygulama randımanı daha yüksektir.

- Sadece bitki sıra üzeri ıslatıldığından sıra araları kuru kalır bu da sulama sırasında diğer tarımsal işlemlerin yapılmasına olanak sağlar.

- Yabancı ot gelişimi daha azdır. Bu sonuç çok yönlü yararlar sağlar.

- Bitki besin maddeleri gerekli olan miktar ve oranlarda sulama ile birlikte bitki kök bölgesine verilebildiği için gübrelemeden en üst düzeyde faydalanılır.

- Erimiş halde bulunan tuzlar, toprak altında oluşan ıslatma alanının dış çeperine doğru itildiğinden toprakta çözünmüş tuzların yaratacağı ozmotik basınç nedeniyle suyun alımı güçleşmez.

- Topoğrafik yönden düzgün olmayan tarım alanları tesviyeye gerek kalmadan bu yöntemle sulanabilir, gübrelebilir. Salma sulamadan kaynaklanan erozyon önlenir.

- Geçirgenliği yüksek olan topraklarda karık akışına bağlı su kaybına neden olmaksızın tüm tarla alanında ekonomik ve üniform olarak yüksek randımanla sulama yapılır.

- Taban suyunun yüksek olduğu yerlerde taban su seviyesini yükseltmeden sulama yapılır, bu yolla yeraltı suyu tuzlanması engellenir.

- Kanalet ve kapalı borulu sistemlerde sulama yapmak için gerekli tarla içi hendeklere gerek kalmadığından ekim alanı artmakta sulama işçiliği de azalmaktadır.
- Ticari gübreler sulama suyuyla sadece bitki kök bölgesine verilebilir, böylece gübre, işçilik ve zamandan tasarruf sağlanır.
- Tohum yatağı hazırlanması, tohumların çimlendirilmesi fide seyreltmesi için ünifom ve yeterli toprak nemi kontrollü bir şekilde sağlanabilir.
- Sulama suyu, uygulanacak alana istenilen miktarda verilir.
- Gerekirse bireysel olarak kullanılan su sayaç takılarak net olarak saptanıp miktarına göre kullanım bedeli tahsil edilebilir. Tesisin kontrolü kolaylaşır. Ayrıca bu tür tesisler modem kullanma yöntemlerine açıktır.
- Özellikle bitkinin isteği doğrultusunda, bitki besin elementlerinin istenilen konsantrasyonlarda ve zamanlarda uygulanması ile daha yüksek ürün, daha kaliteli ürün elde edilmesine olanak sağlar.
- Yüzey akışı ve yıkanma yolu ile gübre kayıplarını engeller, böylece gübre-gübreleme maliyetinin düşmesi ve çok az miktarlarda uygulanması gereken mikro element gübrelemesinin kolaylaşmasını sağlar.
- Gübreler su ile birlikte sadece bitkinin kök sistemine verilerek, kök gelişmesinin olmadığı yerlere gereksiz gübre uygulanmamış olur.
- Başta azot olmak ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) üzere kaba tekstürlü topraklarda yıkanma ile yitme en aza indirilebileceği gibi toprak yüzeyinden buharlaşarak ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) yitme de en az düzeye indirilir.
- Bitkilerin üst kısmı ıslatılmadığı için hastalıklarla mücadele kolaylaşır.
- Tam otomasyonlu sistemlere uyumludurlar.
- İstenildiği takdirde, uygun tarımsal mücadele ilaçları ve diğer kimyasal maddelerde aynı anda uygulanabilir.

Fertigasyon sistemlerinde, uygun (optimum) bir gübreleme için, iki temel bilgiye ihtiyaç vardır. Birincisi, bitki ile ilgili olan ve bitkinin biyolojik yapısını içine alan kısım, ikincisi ise topraktaki koşullara bağlıdır. Bu nedenle, fertigasyonda sağlanan üstünlükleri yerine getirmek ve sürdürmek için, bitki ve toprak karakteristiklerinin mutlaka iyi bilinmesi gereklidir. Etkin bir fertigasyon için, toprakta bitkinin kök dağılımı ve kök sistemi ile bitkinin günlük optimum besin tüketiminin bilinmesi önemlidir (Çetin ve Tolay 2009).

### 2.2.1. Fertigasyon ve Azotlu gübreler

Azot genel olarak bitki besin elementleri içerisinde en fazla gereksinim duyulan elementtir. Azot bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu ve toprakta her yıl yenilenmesi gereken bir bitki besin elementi olduğu için kullanılan kimyasal gübreler içerisinde en yüksek payı almaktadır. Toprakta azotu belli bir seviyede tutmanın zorluğu ve bitkiler için gereken azotu temin etmenin yüksek maliyeti, topraklara uygulanan azotlu gübrelerden bitkilerin faydalanma derecesinin ve çeşitli şekillerde kaybolan azotun bilinmesini son derece önemli kılmaktadır (Özçelik ve Usta 2008). Ayrıca, azotlu gübrelerin büyük çoğunluğunun suda kolay eriyebilir durumda olması, fertigasyonda kullanılmasına olanak sağlar. Sulama suyu ile toprağa ilave edilen azot kaynağı, azotun topraktaki konumsal dağılımını önemli derecede etkiler. Azotun bitkilerce alınan en önemli iki formu amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) iyonlarıdır. Boru ve damlatıcıları tıkkama riski az olmasından ve suda kolaylıkla çözünebilmesinden dolayı amonyum nitrat ve üre fertigasyonda en çok kullanılan azotlu gübrelerdir (Çetin ve Tolay 2009).

### 2.2.2. Fertigasyon Stratejileri

Sağlam (1975), üç farklı büyüklükteki agregattan (< 2 mm, 2 - 4.7 mm ve > 4.7 mm) yıkanan nitrat miktarlarının belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında gerçekleştirdiği araştırmada, deneme başlangıcında ince bünyeli ortamdan meydana gelen %  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerleri kaybının orta ve kaba bünyeli ortamlardan daha hızlı olduğunu, deneme sonunda (6.saat) ise ince ortam süzüğünden elde edilen nitrat miktarının orta ve kaba ortamlardan elde edilen miktardan daha az olduğunu saptamıştır. Nitrat, suda eriyebilen ve su içerisinde kolayca hareket edebilen bir formdadır. Çözünebilir bileşiklerin dikey hareketi sadece sulama suyu miktarı ile değil aynı zamanda toprağın su tutma kapasitesi ile yakından ilgilidir. Aynı miktarda sulama suyu alan topraklar içerisinde su tutma kapasitesi yüksek olan topraklardan dikey yönde hareket ederek kaybolan nitrojen miktarı daha az olmaktadır (Sağlam 1975).

Abbasi vd (2012) yanlış gübreleme stratejilerinin yüzey ve yeraltı suyu kirliliği ile sonuçlanacağını ve azotlu gübre kaybına yol açabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, uygulama verimliliğini en üst düzeye çıkartarak, akış ve yıkanma ile gübre kayıplarını en aza indirmek için, uygun su ve gübre uygulama stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Damla sulama sisteminde suyun ve katı parçacıkların toprak içerisinde dağılımının tasarlanması, uygulanan suyun ve gübrenin toprağın hangi katmanını ne ölçüde ıslatacağı, başka bir deyişle sulama deseninin saptanması çok önemlidir (Li vd 2003). Bu doğrultuda bazı fertigasyon stratejileri oluşturmak mümkündür. Bu stratejiler içerisinde test edilecek olan, gübre eriğinin sulama süresi içerisindeki hangi zaman diliminde sisteme katılacağı, yani fertigasyonun ne zaman başlaması gerektiğidir. Zira bu nokta, gübre eriğinin istenilen derinliğe ulaştırılması ve uygun miktarda uygulandığında, bitki tarafından kullanılarak toprakta kalan nitrat miktarının azaltılması yönünden önemlidir.



Kafkafi ve Tarchitzky (2011) bildirdiğine göre N içerikli gübrelerin verilme zamanına ilişkin olarak Zhang vd (2004) şu önerilerde bulunmuşlardır:

- Toplam uygulama süresinin dörtte birinde sadece su uygulanmalıdır.
- Toplam uygulama süresinin yarısı kadar zamanda gübre çözeltisi uygulanmalıdır.
- Toplam uygulama süresinin kalan dörtte birinde su uygulanmalıdır.

Fertigasyon stratejilerine ilişkin çalışmalar literatürde oldukça az sayıdadır ve bu konuda bir boşluk bulunmaktadır.

Bristow vd (2000) yaptığı çalışmada sulama sırasında fertigasyonun başlama zamanıyla ilgili iki temel strateji incelemişlerdir. Bunlardan birincisi, fertigasyonun sulamayla birlikte başlaması ve ardından bir süre sulamaya devam edilmesi, ikincisi ise sulamanın son bölümünde fertigasyona başlanmasıdır. Yapılan çalışma sonucunda sulamanın başlamasıyla gübre eriyiğinin de verilmeye başlamasının, damlatıcı etrafında gübre birikmesini engellediği ve gübre kaybını daha aza indirdiği ileri sürülmüşse de herhangi bir deneysel veri ortaya konulamamıştır. Öte yandan yapılan çalışmada ara zamanlarda fertigasyonun başlaması ve bitmesi üzerinde durulmamıştır.

Ravikumar vd (2011) optimum bir fertigasyon programı yapılmasıyla bitki gelişiminin tüm aşamalarında kullanılacak azotun yeterli düzeyde asimile olacağını, aynı zamanda üre kullanımının da % 30 azalacağını belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar, gübre uygulamasının sulama öncesi mi sulama sonrası mı yapılmasıyla ilgili belirsizlik olduğunu belirtmektedir. Hou vd (2007), pamukta fertigasyon uygulamasında azotun her sulama için sulama süresinin hangi dönemlerinde uygulanması gerektiğini belirlemek amacıyla saksıda killi toprakta çalışma yapmışlardır. Bu amaçla, saksı ortamında pamuk bitkisine bir sulama döngüsünde yer alan azot ve suyu dört farklı stratejide vermişlerdir.

Strateji 1: Azotlu gübrenin sulama döngüsünün başında uygulanması,

Strateji 2: Azotlu gübrenin sulama döngüsünün sonunda uygulanması,

Strateji 3: Azotlu gübrenin sulama döngüsünün ortasında uygulanması,

Strateji 4: Azotlu gübrenin sulama döngüsü boyunca sulama suyuyla aynı anda uygulanmasıdır.

Uygulamalar sonucunda bitkinin toplam kuru madde miktarının strateji 1'in strateji 4'ten %15 daha fazla olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar yaprak ve sapın kuru madde miktarı açısından stratejiler arası bir farkın olmadığını ifade etmişlerdir. Pamuk tohumu ve kök miktarına bakıldığında strateji 1' in en fazla, strateji 4'ün ise en az olduğu belirtilmiştir. Pamukta, çalışma sonunda araştırmacılar; fertigasyon stratejilerinin uygulanması azotun kullanım verimliliğini etkilediğini, azotlu gübrenin her sulamanın başlangıcında uygulanmasının (Strateji 1) daha etkin olduğunu

saptamışlar; ancak strateji 1 ile strateji 2 arasında kayda değer bir farklılık olmadığı da ifade etmişlerdir.

Ajdary vd (2007) 1, 2.5 ve 4 L/s olmak üzere üç farklı damlatıcı debisi; kumlu killi tınlı, kumlu tınlı, tınlı, siltli killi tınlı, siltli olmak üzere beş farklı toprak tipi ile birlikte üç farklı fertigasyon stratejisini denemişlerdir. Anılan çalışmada test edilen i fertigasyon stratejileri şunlardır;

(i) Günaşırı sulama, haftalık fertigasyon, sulama başladıktan en az 10 dakika sonra gübreleme

(ii) Günaşırı sulama, haftalık fertigasyon, sulama bitiminden en az 10 dakika önce gübreleme

(iii) Günlük sulama, haftalık fertigasyon, sulama bitiminden en az 10 dakika önce gübreleme

Çalışma, kumlu toprak gibi kaba bünyeli topraklar hariç, damlatıcı debisinin nitrat yıkanmasında etkisinin olmadığını göstermiştir. Tınlı toprakta nitrat yıkanma yüzdesi kumlu toprağa göre daha azdır. Siltli ve siltli killi tınlı bünyeli topraklarda N yıkanması için fertigasyon stratejilerinin ve damlatıcı debilerinin hiçbir etkisinin olmadığı, kumlu tınlı topraklarda damlatıcı debisinin artmasıyla N yıkanmasının arttığı, kumlu tınlı toprak için aktif kök bölgesindeki en yüksek N konsantrasyonunun 2.5 L/s lik debi uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir. Kumlu tınlı toprakta 4 L/s lik debi için en yüksek nitrat yıkanması sulama başladıktan en az 10 dakika sonra başlayan fertigasyon uygulamasında (strateji i) gözlenmiştir. Kumlu tınlı topraklarda 1 L/s lik ve 2.5 L/s lik damlatıcı debisi için en yüksek N yıkanması fertigasyon stratejisi (ii) de meydana gelmiştir. Kumlu toprak gibi geçirgen topraklarda fertigasyon stratejisi N yıkanmasında rol oynadığı belirlenmiştir. Araştırmacılar N yıkanması için toprak bünyelerinin etkilerinin gübreleme stratejilerinden daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Tüm toprak tipleri için en yüksek N yıkanması fertigasyon stratejisi (ii) de bulunmuştur. En yüksek nitrat yıkanması kumlu tınlı toprakta meydana gelirken bunu kumlu killi tınlı, tınlı, siltli tınlı toprak takip etmiştir. Araştırmacılar siltli killi tınlı topraklarda nitrat yıkanmasının meydana gelmediğini ifade etmişlerdir. Ancak anılan çalışmada, siltli ve siltli tınlı gibi daha az geçirgen topraklarda debinin N yıkanmasına etkisinin ihmal edilebilir olduğu, ancak kumlu toprak gibi geçirgen topraklarda ise fertigasyon stratejilerinin N yıkanmasında rol oynadığı belirtilmiştir.

Hanson vd (2004) sulamanın başlangıcına yakın yapılan kısa gübrelemenin, nitratın bitki kök bölgesinin ötesine daha fazla yıkanmasına katkıda bulunduğunu, sulama sonundaki kısa gübreleme işlemi ile nitratın damlatıcı hatlarının yakınında kaldığını ve uzun süreli gübreleme işlemi ile nitratın bitki kök bölgesi boyunca daha düzgün dağıldığını belirtmişlerdir.

Abbasi vd (2012) tınlı, kumlu tınlı ve siltli killi tınlı olmak üzere üç farklı toprak bünyesinde üç farklı fertigasyon stratejisi kullanarak potasyum nitrat gübresi uygulamışlardır. Araştırma iki farklı karık sulama rejiminde üç fertigasyon stratejisi için tesadüf deneme parselleri kullanılarak iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. Karık sulama

rejimlerinin serbest drenaj koşulları ve tıkalı karık koşullarından oluştuğu belirtilmiştir. Araştırmacılar strateji 1 de sulamanın ilk yarısında, strateji 2 de sulamanın son yarısında strateji 3 de ise uygulama boyunca gübre vermişlerdir. Gübre sulama süresi boyunca enjekte edildiğinde (strateji üç) gübre kaybı diğer stratejilere kıyasla daha fazla bulunmuştur. Araştırma, damlatıcı debisi gibi uygun sulama parametreleri seçildiğinde fertigasyonda derine sızma gibi su ve gübre kayıplarının endişe verecek boyutta olmadığını göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre gübre eş dağılımı için üç strateji arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Uygun sulama parametrelerinin seçilmesi durumunda derine sızma ile su ve gübre kaybına neden olunmayacağı bulunmuştur.

Gardenas vd (2005) dört farklı mikro sulama sistemi için fertigasyon stratejisi ve toprak tipinin nitrat yıkanmasına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 4 farklı mikro sulama sistemi için dört farklı toprak bünyesi ve beş farklı fertigasyon stratejisi kullanılarak 80 tane fertigasyon senaryosu denemişlerdir. Çalışmada kullanılan mikro sulama sistemleri; narenciye için mikro yağmurlama, üzüm için toprak üstü damla sulama, çilek için yetiştirme bantlarına damla sulama ve domates için toprak altı damla sulama sistemlerini içermektedir. Bu dört farklı sulama sistemi kumlu tınlı, tınlı, siltli killi, ve anizotropik siltli killi toprak olmak üzere dört farklı toprak tipi için uygulanmıştır. Çalışmada fertigasyon stratejilerini mikro sulama sektörünün önerileri ve üretici uygulamalarına göre belirlenmiştir. Bu amaçla beş adet fertigasyon stratejisi seçmişlerdir. Bunlar (Şekil 2.2);

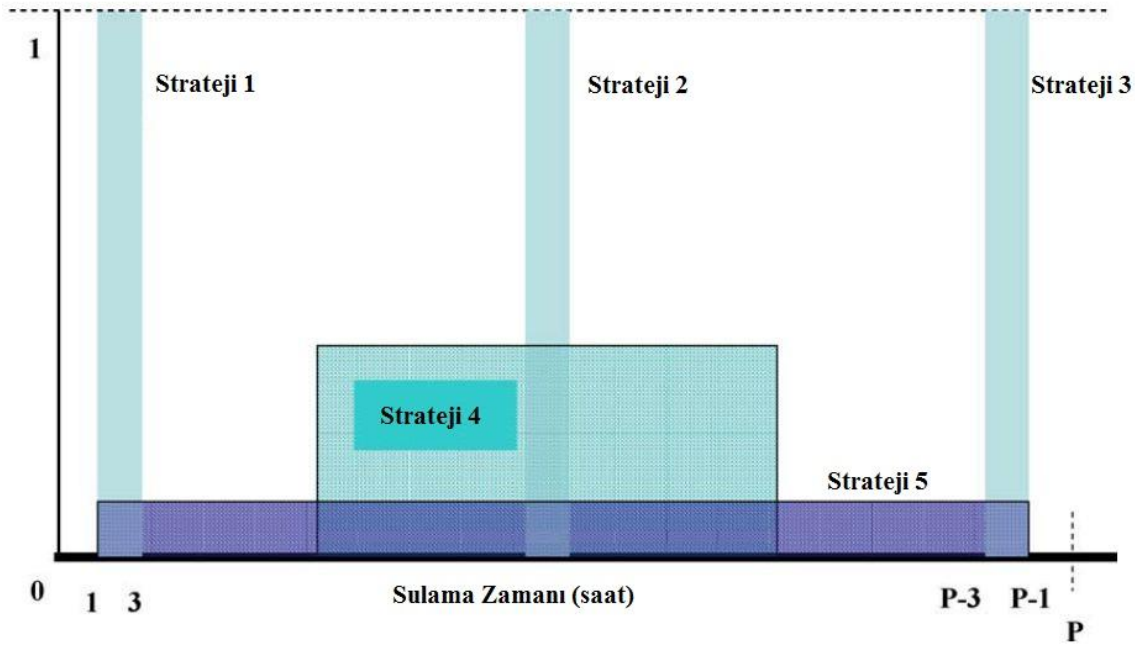
Strateji 1: Bir sulama döngüsünün başlangıcından 1 saat sonra başlayan ve 2 saat süren fertigasyon işlemi,

Strateji 2: Bir sulama döngüsünün ortasında başlayan ve 2 saat süren fertigasyon işlemi,

Strateji 3: Bir sulamanın bitiminden 3 saat önce başlayan ve 2 saat süren fertigasyon işlemi,

Strateji 4: Toplam uygulama süresinin ilk ve son % 25'lik kısmında su, kalan % 50 lik kısmında uygulanan fertigasyon işlemidir,

Strateji 5 Fertigasyon işleminden 1 saat önce ve sonra su uygulamak koşulu ile devamlı fertigasyon işlemi.



Şekil 2.2. Gardenas vd (2005) tarafından uygulanan fertigasyon stratejilerinin şematik görünümü

Anılan araştırma kapsamında nitrat yıkanmasını etkileyen faktörler değerlendirilmiş olup; toprak bünyesinin, fertigasyon stratejileri ve mikro sulama sistemlerine göre etkisinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Çalışmada fertigasyon stratejilerinin etkileri karşılaştırıldığında strateji 1’de daha yüksek seviyede yıkanmanın meydana geldiği, en az yıkanmanın strateji 3’te olduğu belirlenmiştir.

Hanson vd (2006) HYDRUS-2D modelini, genellikle damla sulama koşullarında kullanılan üre-amonyum-nitrat gibi bitki besleyicileri kullanarak topraktaki azot ve nitrat yıkanma dağılımını modellemek için kullanmışlardır. Çalışmada, farklı toprak tipleri için üç farklı fertigasyon stratejisi ve iki farklı mikro sulama sistemlerinin verileri analiz edilmiş olup fertigasyon stratejileri Gardenas ve arkadaşlarının (2005) yaptığı çalışmaya benzer biçimde belirlenmiştir. Bu stratejiler;

Strateji 1: Bir sulama döngüsünün başlangıcından 1 saat sonra başlayan ve 2 saat süren fertigasyon işlemi

Strateji 2: Bir sulamanın bitiminden 3 saat önce başlayan ve 2 saat süren fertigasyon işlemi,

Strateji 3: Toplam uygulama süresinin ilk ve son % 25’lik kısmında su, kalan % 50’lik kısmında uygulanan fertigasyon işlemidir.

Toprak üstü damla sulama fertigasyon stratejileri karşılaştırıldığında ‘Strateji 2’ en etkili iken, ‘Strateji 1’ etkisiz olmuştur. Toprak altı damla sulama sistemi için her üç fertigasyon stratejisi de yaklaşık olarak benzer sonuç vermiştir.

Li vd (2007) de yaptıkları çalışmada nokta kaynaklı bir yüzeyden yapılan uygulamalarda farklı bünyedeki ve farklı sırada tabakalanan toprakların su ve nitrat dağılımına ve ıslatma desenine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, birincisi kum üzerine kumlu tın, ikincisi kumlu tın üzerine kum, üçüncüsü kumlu tın üzerine kum üzerine kumlu tın olmak üzere farklı biçimde tabakalaşmış üç farklı ortam denenmiştir. Deneysel sonuçlar göstermiştir ki ıslatma desenleri ve nitrat dağılımları uygulama hacmi ve uygulama oranı gibi uygulamalar toprak tabakalarının kalınlık ve sıklıklarından ciddi oranda etkilenmiştir.

Li vd (2004) kumlu ve tınlı topraklarda su ve besinlerin etkin kullanımı için çeşitli fertigasyon stratejileri altında amonyum ve nitrat konsantrasyonları dağılımını incelemiştir. Araştırmacılar 41 cm yarıçaplı 40 cm yükseklikte 15° lik kama şeklinde plexiglass konteynırlar kullanmışlar ve dört farklı fertigasyon stratejisi uygulamışlardır:

Strateji 1: Uygulamanın ilk ½ lik kısmında N, son ½ lik kısmında su uygulaması,

Strateji 2: Uygulamanın ilk ¼ lük kısmında N, ortadaki ½ lik kısmında su ve son ¼ lük kısma tekrar N uygulaması,

Strateji 3: Uygulamanın ilk ¼ lük kısmında su, ortadaki ½ lik kısmında N ve son ¼ lük kısma tekrar su uygulaması,

Strateji 4: Uygulamanın ilk 1/8 lik kısmında su, ortadaki ½ lik kısmında N ve son 3/8 lik kısma tekrar su uygulaması yapılmıştır.

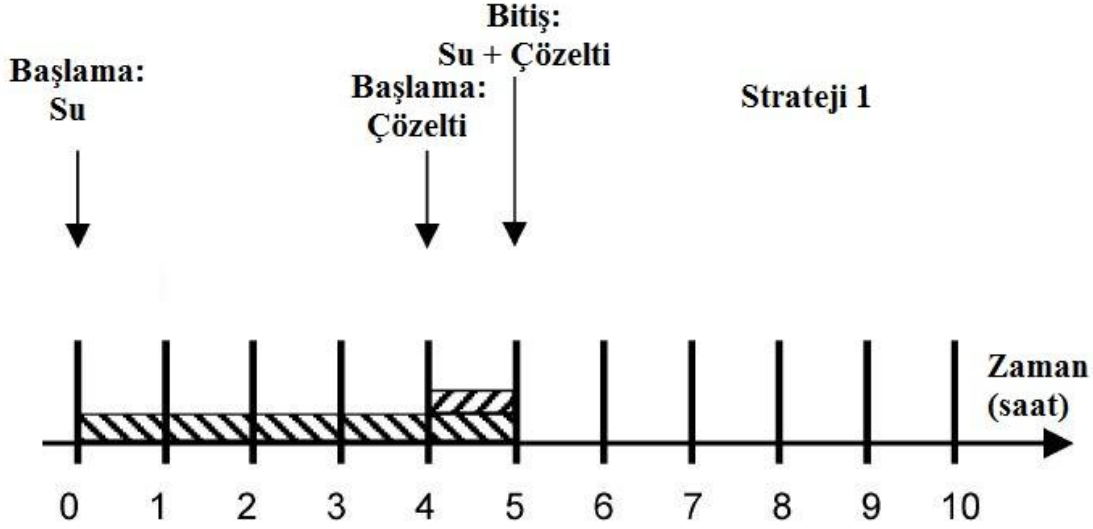
Çalışma sonucunda araştırmacılar; kumlu toprakta test edilen dört farklı fertigasyon stratejisi için de profil boyunca NO<sub>3</sub>-N dağılımlarının benzerlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine kumlu toprak bünyesi için NH<sub>4</sub>-N dağılımı strateji 1 ile strateji 4'te benzerlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca kaynaktan 0-20 cm uzaklıktaki toplam NO<sub>3</sub>-N değerlerine bakıldığında strateji 3 > strateji 2 > strateji 4 > strateji 1 olduğu belirtilirken 20-30 cm uzaklıktaki toplam NO<sub>3</sub>-N değerlerine bakıldığında strateji 1 > strateji 4 > strateji 2 > strateji 3 olduğu ifade etmişlerdir. Öte yandan çalışmada NH<sub>4</sub>-N dağılımı için ise fertigasyon stratejileri bakımından bir farklılığının gözlenmemiştir.

Claire vd (2003) toprak altı mikro sulama sistemi ile yürüttükleri çalışmada iki farklı sulama senaryosu ve her senaryo için 2 farklı fertigasyon stratejisini 3 farklı toprak bünyesinde simule etmişlerdir. Araştırmacılar, yüksek geçirgenliği olan kaba dokulu kum, orta geçirgenliği olan ince dokulu silt ve düşük geçirgenliği olan ince dokulu siltli killi tın üzerine orta geçirgenliği olan ince dokulu siltli toprak ile çift katlı toprak kullanmışlardır. Yapılan simülasyonlardaki sulama senaryosunun ilki, beş saat boyunca sürekli devam eden sulama, ikincisi ise toplam on saat boyunca her saatin ilk yarısında sulama uygulamasıdır.

Araştırmada;

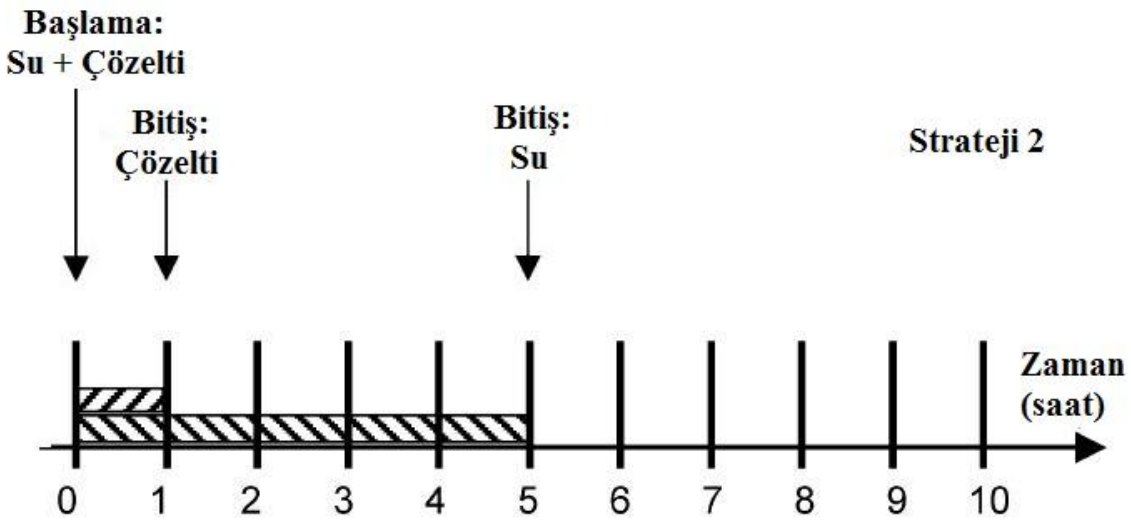
Senaryo 1 için aşağıdaki fertigasyon stratejileri kullanılmıştır;

Strateji 1: Beş saat süren sulama döngüsünün son bir saatinde gübre çözeltilisinin verilmesi (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Claire vd (2003)'nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 1).

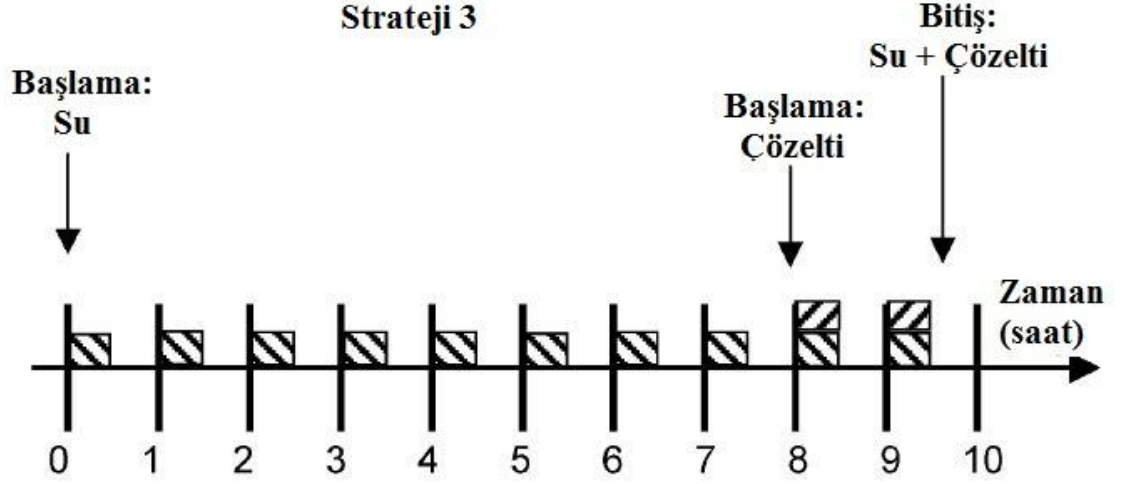
Strateji 2: Beş saat süren sulama döngüsünün başlangıcından itibaren bir saat boyunca gübre çözeltilisinin verilmesi (Şekil 2.4)



Şekil 2.4. Claire vd (2003)'nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 2).

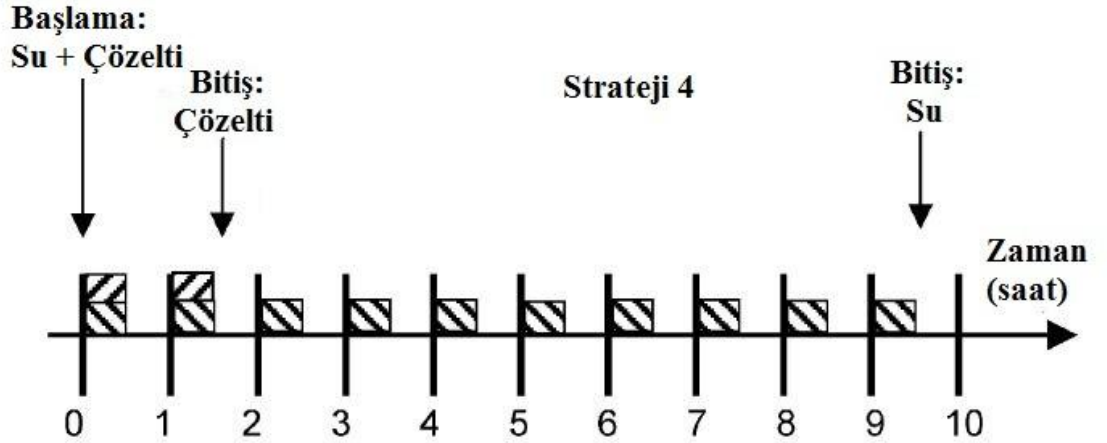
Araştırmada, senaryo 2 için ise aşağıdaki fertigasyon stratejileri kullanılmıştır.

Strateji 3: Her saatin ilk yarısında yapılan sulama işlemleri boyunca sulama döngüsünün sonunda toplam bir saat olacak şekilde gübre çözeltisinin uygulanması (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Claire vd (2003)'nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 3).

Strateji 4: Her saatin ilk yarısında yapılan sulama işlemleri boyunca sulama döngüsünün başında toplam bir saat olacak şekilde gübre çözeltisinin uygulanması (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Claire vd (2003)'nin uyguladıkları fertigasyon stratejileri (Strateji 4).

Araştırma sonunda; fertigasyon stratejisinin sadece kumlu toprak gibi son derece geçirgen olan topraklarda büyük bir etki yapacağını belirten araştırmacılar toprakaltı mikro sulama sistemi için kumlu topraklarda sulama senaryosu 1 için strateji 1 ve strateji 2'yi karşılaştırdıklarında etkili besin kullanımı ve gübre etkinliği yönünden strateji 1'in strateji 2'den daha üstün olduğunu saptamışlardır. Ayrıca her iki senaryo içinde kumlu, siltli ve kumlu siltli tın üzerine siltli olan çift katmanlı topraklar için

verilen gübrenin zamanlaması gübrenin taşınımı üzerine etkisinin çok az olduğu belirtmişlerdir.

Bu alışma ile farklı fertigasyon stratejilerinin, değişik bünyeye sahip topraklarda nitrat yıkanması üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı fertigasyon stratejileri, farklı toprak bünye ve damlatıcı debilerinde denenerek, gübrenin toprağın istenen derinliğine bırakılabilmesi için, sulama sırasında fertigasyonun başlatılacağı en uygun zaman diliminin saptanması amaçlanmıştır.



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma yerinin tanıtılması

Deneme 2013 yılında Akdeniz Üniversitesi Tohumculuk ve Tarımsal Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezine ait cam seraya yerleştirilmiş saksılarda 19.09.2012 ve 15.03.2013 tarihleri arasında tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Denemenin yapıldığı sera 36° 54' kuzey enlemi ile 30° 38' doğu boylamında bulunmakta olup, denizden yüksekliği 38 metredir (Şekil 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Deneme alanının konumu



Şekil 3.2. Deneme alanından bir görüntü.

### 3.1.2. Denemenin yerinin iklim özellikleri

Denemenin yapıldığı alan Akdeniz iklim bölgesinin özelliklerini taşımaktadır. Kışları ılık ve yağışlı yazları sıcak ve kuraktır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Antalya Meteoroloji İstasyonuna ilişkin bazı iklimsel verilerin uzun yıllık ortalamaları Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim 2013).

Çizelge 3.1. Antalya Meteoroloji İstasyonuna ilişkin uzun yıllık ortalama verileri

Aylar												
ANTALYA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Yıllık Ortalama Değerler (1970 - 2011)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.8	10.3	12.7	16.1	20.5	25.4	28.4	28.2	24.7	20.0	14.9	11.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.0	15.4	18.0	21.3	25.7	31.0	34.2	34.2	31.2	26.6	21.1	16.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.9	6.2	8.0	11.1	15.0	19.6	22.7	22.6	19.3	15.2	10.5	7.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.3	5.9	6.9	8.1	10.0	11.7	12.1	11.5	10.0	8.1	6.5	5.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.3	10.8	9.0	7.2	5.6	2.9	1.4	1.4	2.3	5.8	7.5	12.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	235.9	160.6	100.1	57.6	33.5	9.3	5.0	4.0	16.6	83.6	145.6	266.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Yıllık En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.9	25.9	28.6	33.2	38.0	44.8	45.0	43.3	42.1	37.7	33.0	25.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.4	-4.0	-1.6	1.4	6.7	11.1	14.8	15.3	10.6	4.9	0.8	-1.9

### 3.1.3. Araştırmada kullanılan toprak ve sulama suyunun özellikleri

#### 3.1.3.1. Toprak özellikleri

Denemede kullanılmak üzere Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden kumlu ve tınlı olmak üzere iki farklı bünyede yeterli miktarda toprak alınmıştır. Toprakların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toprakların alındığı yerlerden bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Deneme alanına taşınan toprak daha sonra 4 mm'lik elekten geçirildikten ve hava kuru hale getirildikten sonra tartılarak 18 litrelik saksılara doldurulmuştur. Kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Toprağın tekstür sınıfı, (% kum, % kil ve % silt) miktarları Bouyocous hidrometre yöntemi (Bouyoucos 1955) ile saptandıktan sonra tekstür üçgeninden belirlenmiştir (Gee ve Boudier 1986). Toprağın tarla kapasitesi değeri, laboratuvarında basınç tablasında toprağın 1/3 atmosfer basınç altında tutabildiği su miktarı, solma noktası su içeriği, 15 atmosfer basınç altında tutabildiği su yüzdesi olarak belirlenmiştir (Klute 1986). Toprağın elektriksel iletkenlik ve pH değerleri Rhoades'in (1982) belirttiği esaslara göre 1:2.5 (EC<sub>1:2.5</sub>) oranında toprak-su karışımından Hach'in HQ serisi pH ve elektriksel iletkenlik aleti ile belirlenmiştir. Toprağın hacim ağırlığı; Blake ve Hartge'nin (1986) belirttiği esaslara göre silindir yöntemi ile toprağın başlangıç nem içeriği ise gravimetrik yöntem (Gardner 1986) ile belirlenmiştir. Topraklar saksılara konulduktan sonra saksılardan toprak örneği alınarak tekrar toprağın fiziksel özelliklerine bakılmıştır. Toprağın kimyasal özellikleri Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne yaptırılmıştır. Deneme Saksılarına konulan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örneğin Alınma Tarihi 19.09.2012	Kumlu Toprak		Tınlı Toprak	
	Değerlendirme		Değerlendirme	
pH (1:2,5)	9.1	Kuvvetli Alkali	8.7	Kuvvetli Alkali
Kireç (%)	46.0	Çok fazla Kireçli	32.8	Çok fazla Kireçli
EC micromhos/cm (25 °C)	90	Tuzsuz	180	Tuzsuz
Kum (%)	92.96		42.96	
Silt (%)	5.4		11.04	
Kil (%)	1.64		46	
Doyma Noktası*(%)	30.70		50.30	
Tarla Kapasitesi*(%)	10.03		29.80	
Solma Noktası*(%)	3.70		11.30	
Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	1.50		1.37	
Org. Madde	0.2		0.4	
P ppm (Olsen)	9		8	
K ppm	27		74	
Ca ppm	1966		3526	
Mg ppm	72		222	

\*P<sub>v</sub> = Toprak hacminin yüzdesi cinsinden nem miktarı %

### 3.1.3.2. Sulama suyunun özellikleri

Denemede kullanılan sulama suyunda elektriksel iletkenlik, pH, kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ), potasyum ( $\text{K}^{+}$ ), sodyum ( $\text{Na}^{+}$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), klor ( $\text{Cl}^{-}$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) ve bor (B) analizleri yapılmış ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) analiz sonuçlarına göre hesaplanmıştır.

Sulama suyunun elektriksel iletkenlik ve pH değerleri Ayyıldız (1990) tarafından belirtilen esaslara göre doğrudan elektriksel iletkenlik ve pH aleti ile ölçülmüştür. Kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sodyum ( $\text{Na}^{+}$ ) ve potasyum ( $\text{K}^{+}$ ) Fresenius vd (1988) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak atomik adsorbsiyon spektrofotometresiyle ölçülmüştür. Ayyıldız (1990) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^{-}$ ) sülfirik asit titrasyonu ile klor ( $\text{Cl}^{-}$ ) gümüş nitrat titrasyonu ile belirlenmiştir. Fresenius vd (1988)'nin bildirdikleri esaslara göre sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), su örneklerindeki sülfat iyonlarının baryum sülfat şeklinde çökmesi esasına dayanmakta olup; bor (B), Azomethin-H metodu kullanılarak kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Ayyıldız (1990) tarafından belirtilen esaslara uygun olarak SAR değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^{+}}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}} \quad (3.1)$$

Denemede kullanılan suyun kimyasal bileşimi Çizelge 3.3'de verilmiştir. Yapılan analizler Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne yaptırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre suyun denemede kullanılabileceği belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal bileşimi.

Parametre	Sonuçlar	Değerlendirme
pH	6.80	Nötr
EC $\mu\text{mhos/cm}$ (25 $^{\circ}\text{C}$ ) (USA tuzluluk lab.)	795	3.Sınıf (Kullanılabilir)
Potasyum (K) meq/L	0.04	
Kalsiyum (Ca) meq/L	5.30	Yüksek
Magnezyum (Mg) meq/L	1.35	Düşük
Sodyum (Na) meq/L	0.79	
Karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) meq/L	Yok	
Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^{-}$ ) meq/L	4.69	Orta
Klor ( $\text{Cl}^{-}$ ) meq/L	0.92	1.Sınıf (Çok İyi)
Sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) meq/L	1.87	1.Sınıf (Çok İyi)
Bor (B) ppm	0.04	1.Sınıf (Çok İyi)
SAR (meq/L) $^{1/2}$	0.43	Az Sodyumlu

### 3.1.4. Araştırmada kullanılan ekipmanlar

#### 3.1.4.1. Saksı özellikleri

Araştırmada  $R=30$  cm çapında ve  $h=40$  cm yüksekliğinde plastik saksılar kullanılmıştır. Saksı seçimi yapılırken drenajın uygun olması düşünülerek saksı tabanında yeterli delik olan saksı çeşidi seçilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Uygulamada kullanılan saksı örneği

#### 3.1.4.2. Sulama ve fertigasyonda kullanılan bidonların özellikleri

Sisteme sabit debide su sağlayacak damlatıcı sistemi, Mariotte tüpü ilkesinden yararlanılarak yapılmıştır. Bu amaçla 30 litrelik şeffaf plastikten yapılmış bidonlardan yararlanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Denemede kullanılan bidon örneği.

### 3.1.4.3. Spektrofotometre

Toprakta bulunan nitrat miktarı ve sulamalardan sonra alınan su örneklerinden alınan örneklerin nitrat analizlerinin yapılması için DR 2800 (Hach-Lange, USA) taşınabilir spektrofotometre kullanılmıştır (Şekil 3.5).



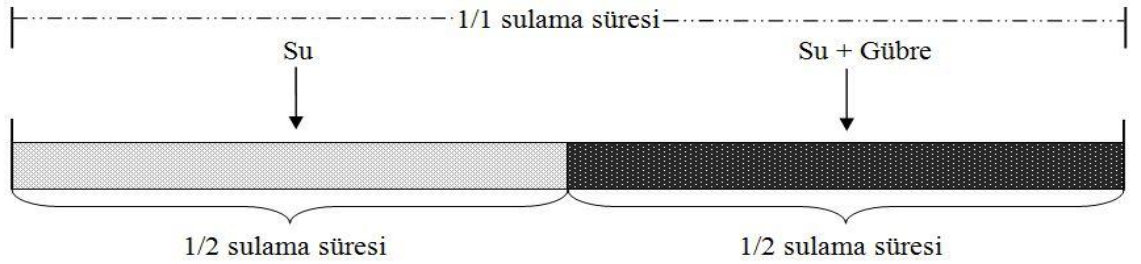
Şekil 3.5. DR 2800 (Hach-Lange, USA) taşınabilir spektrofotometre.

### 3.2. Metod

Çalışmada 2 L/s ve 4 L/s olmak üzere iki farklı damlatıcı debisi, dört farklı fertigasyon stratejisi, kumlu ve tınlı toprak olmak üzere iki farklı toprak bünyesi kombinasyonundan oluşan toplam 16 deneme konusu oluşturulmuştur. Deneme konuları 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme deseninde düzenlenmiş toplam 48 saksıda yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan toprakların önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri, araziden alınan toprak örnekleriyle Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuvarlarında belirlenmiştir.

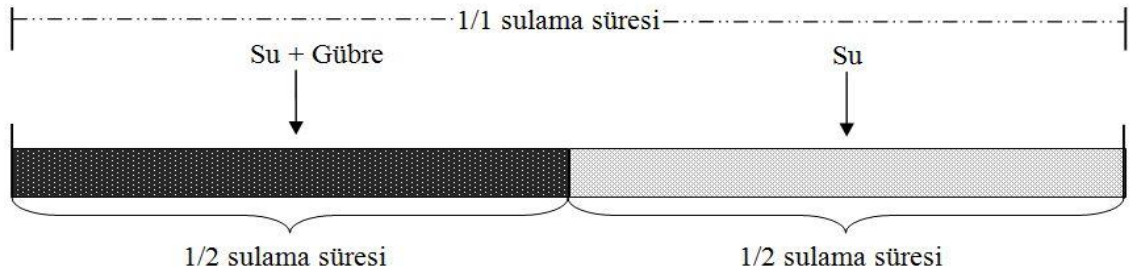
Araştırmada, gübre eriyiğinin sulama süresi içerisinde suya karıştırılma zamanı farklılaştırılarak oluşturulan dört farklı fertigasyon stratejisi uygulanmıştır.

F1: Sulama süresinin son yarısında fertigasyon (Şekil 3.6).



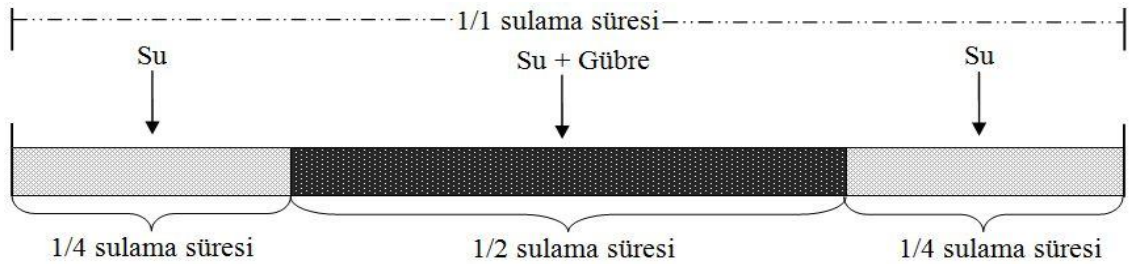
Şekil 3.6. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 1 (F1).

F2: Sulama süresinin ilk yarısında fertigasyon (Şekil 3.7).



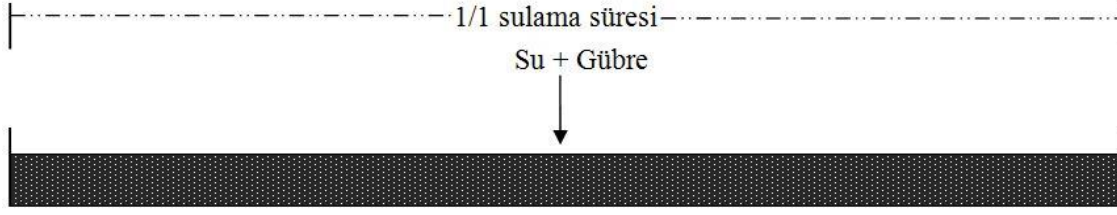
Şekil 3.7. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 2 (F2).

F3: Sulama süresinin  $\frac{1}{4}$  ile  $\frac{3}{4}$ 'ü arasında fertigasyon (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 3 (F3).

F4: Sulama süresi boyunca fertigasyon(Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Araştırmada uygulanan Fertigasyon Stratejisi 4 (F4).

Bu stratejilerde her bir saksıya verilecek olan kütle (gübre) miktarı sabit tutulmuştur.

Araştırma konuları Çizelge 3.4’de ve fertigasyon uygulaması Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Araştırma Konuları.

Fertigasyon Stratejileri	Damlatıcı Debisi	Toprak Tekstürü
F1	D2	K
F2	D4	T
F3	D2	K
F4	D4	T

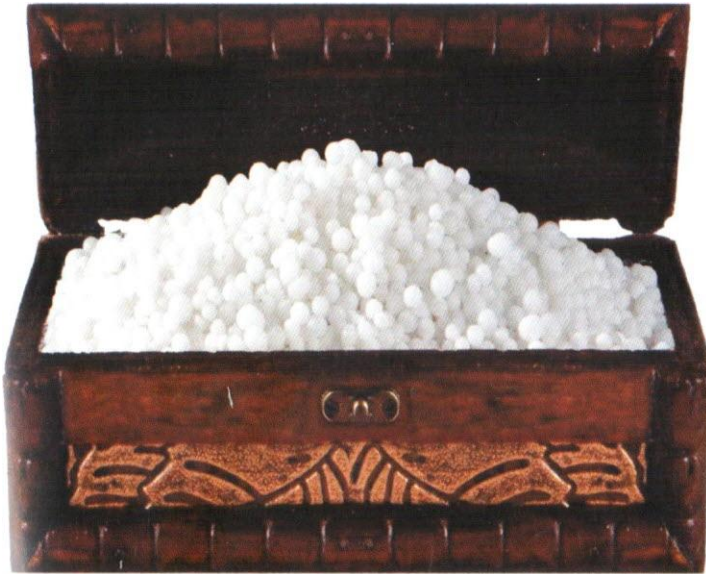
**K:** Kumlu toprak, **T:** Tınlı toprak, **D2:** 2 L/s’lik debi, **D4:** 4 L/s’lik debi, **F1:** Sulama süresinin son yarısında gübre eriğinin verilmesi, **F2:** Sulama süresinin ilk yarısında gübre eriğinin verilmesi, **F3:** Sulama süresinin  $\frac{1}{4}$  ile  $\frac{3}{4}$  arasında gübre eriğinin verilmesi, **F4:** Sulama süresi boyunca gübre eriğinin verilmesi.





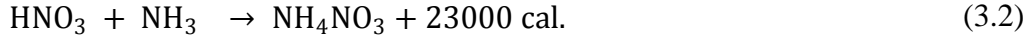
Şekil 3.10. Fertigasyon uygulamasının yapılması.

Denemede damla sulama sistemiyle uygulanacak nitrat içerikli gübre olarak % 33 N içeren Amonyum Nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) kullanılmıştır. Amonyum nitrat gübresi beyaz renkli olup, piyasada saf ve kireçle kaplı olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Saf amonyum nitrat (AN); ağırlığının 1/3 oranında, yani % 33 düzeyinde toplam N içeriğine sahiptir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Amonyum nitrat (AN), % 33 N (Karaman 2012).

Amonyum nitrat gübresi, nitrik asidin eşitlik 3.2’de gösterildiği şekilde nötrleştirilmesi sonucu elde edilen ve içerisinde katkı ve kaplama maddesi ile % 20-33 oranında N bulunan kimyasal maddedir.



Araziden alınarak saksılara konulan toprakların doğal hacim ağırlığına gelebilmesi için 2 günde bir olmak üzere 10 defa sulama yapılmıştır. Her sulama işlemi toprak doyma noktasına gelene kadar devam etmiştir. Uygulamalar sonunda gerek duyulan saksılara toprak ilavesi yapılarak sulama işlemi 5 defa daha tekrarlanmıştır. Tüm bu sulama işleri bittikten sonra tüm saksılardaki toprak yüksekliği damlatıcı başlığı ile saksılardaki toprağın üst yüzeyi arasındaki uzaklık 10 cm olacak biçimde düzenlenmiştir. Denemeye başlamadan önce saksılara yıkama suyu uygulanarak her bir deneme konusunda ve her bir nitrat içeriği her bir deneme konusunda nitrat içeriği ve toprak neminin başlangıç koşullarının aynı olması sağlanmıştır. Daha sonra saksılardan toprak örneği alınarak nitrat içeriği ve su içeriği belirlenmiştir. Bu amaçla 10.12.2012 tarihlerinde, her bir toprak bünyesinden olmak üzere 2 adet toprak örneği alınarak nitrat analizi yapılmıştır. Toprak örneklerinde belirlenen NO<sub>3</sub>-N miktarları Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneme başlangıcında toprakta bulunan NO<sub>3</sub>-N (mg/L) miktarları.

Örnekler	10.12.2012
K <sub>1</sub>	0.1
K <sub>2</sub>	0.1
T <sub>1</sub>	0.1
T <sub>2</sub>	0.1

16.01.2013 tarihinde yapılan sulama uygulamaları sonucunda her toprak bünyesi için saksı altlıklarına drene olan sudan alınan örneklerdeki NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Deneme başlangıcında topraktan drene olan suda bulunan NO<sub>3</sub>-N miktarları (mg/L).

Örnekler	16.01.2013
K <sub>1</sub>	0.8
K <sub>2</sub>	0.8
T <sub>1</sub>	1.5
T <sub>2</sub>	1.5

Denemede fertigasyon stratejilerinin etkinliği denendiği için, her konuya eşit miktarda su ve gübre eriği verilmiştir. Saksılara uygulanacak su hacmi; 3-4 günde ara ile ölçülen yığışımli açık su yüzeyi buharlaşması ile saksı alanı çarpılarak bulunmuştur. Açık su yüzeyi buharlaşması; denemenin yürütüldüğü sera içerisine yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından ölçülerek belirlenmiştir.

Saksılara ilk iki uygulamada yalnızca su üçüncü uygulamada ise fertigasyon (su+gübre eriği uygulaması) yapılmıştır. Çizelge 3.7'de uygulamaların yapıldığı tarihler arasındaki A sınıfı buharlaşma kabı verilerine göre buharlaşma miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.7. Deneme uygulamalarından önce A sınıfı buharlaşma kabında ölçülen buharlaşma değerler.

Uygulama Tarih	Buharlaşma Miktarı (mm)
05.02.2013	7
08.02.2013	5
12.02.2013	6
15.02.2013	5
19.02.2013	7
22.02.2013	7
27.02.2013	7
01.03.2013	7
05.03.2013	11
08.03.2013	10
12.03.2013	9
15.03.2013	6

Çizelge 3.8. Uygulama boyunca deneme konularına verilen (giren) ve deneme konularından drene olan (çıkan) su miktarları (ml).

	12.02		15.02		19.02		22.02		27.02		01.03		05.03		08.03		12.03		15.03	
	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç	G	Ç
T1D2F1	580	115	505	241	647	202	647	110	647	117	647	117	931	73	860	105	789	120	670	178
T1D2F2	580	120	505	240	647	230	647	100	647	177	647	213	931	92	860	133	789	172	670	185
T1D2F3	580	111	505	293	647	177	647	133	647	107	647	105	931	32	860	73	789	160	670	177
T1D2F4	580	100	505	160	647	127	647	87	647	77	647	122	931	43	860	140	789	247	670	171
T2D2F1	580	132	505	233	647	137	647	83	647	178	647	108	931	28	860	100	789	107	670	367
T2D2F2	580	171	505	233	647	180	647	100	647	237	647	160	931	27	860	113	789	85	670	372
T2D2F3	580	116	505	180	647	193	647	123	647	400	647	160	931	30	860	135	789	140	670	231
T2D2F4	580	108	505	153	647	192	647	160	647	237	647	87	931	38	860	123	789	450	670	151
T1D4F1	580	152	505	183	647	197	647	37	647	103	647	72	931	18	860	193	789	310	670	127
T1D4F2	580	132	505	183	647	197	647	67	647	130	647	83	931	13	860	273	789	283	670	125
T1D4F3	580	147	505	223	647	223	647	117	647	133	647	97	931	12	860	113	789	290	670	199
T1D4F4	580	133	505	180	647	263	647	30	647	253	647	87	931	43	860	270	789	347	670	78
T2D4F1	580	116	505	250	647	267	647	167	647	50	647	113	931	23	860	223	789	290	670	195
T2D4F2	580	170	505	235	647	290	647	200	647	125	647	53	931	100	860	425	789	375	670	218
T2D4F3	580	107	505	257	647	300	647	187	647	137	647	80	931	62	860	320	789	213	670	180
T2D4F4	580	112	505	237	647	243	647	120	647	150	647	92	931	53	860	397	789	383	670	307

Denemede, su ve gübre miktarları her saksı için eşit olacak biçimde uygulanmıştır. Fertigasyon işlemi, 30 litrelik şeffaf plastik malzemeden oluşan bidonlardan damlatılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesinde tüm bidonlara 23.5 L su doldurulmuştur. Sulama süresinin ½'sinde fertigasyon yapılan F1, F2 ve F3 uygulamalarında kullanılan bidonlara eşit kütlede gübre eklenirken, sulama süresinin tamamında fertigasyon yapılan F4 uygulaması için kullanılan bidonlara diğer uygulamaların yarısı kadar gübre eklenmiştir. Böylece tüm fertigasyon stratejilerinde aynı kütlede gübre uygulaması sağlanmıştır. Her saksı için verilecek gübre miktarı dekara 12 kg saf N olacak şekilde hazırlanmıştır. Belirlenen miktar domates biber ve patlıcan yetiştiriciliğinde ortalama bir verim için ihtiyaç duyulan saf N miktarına göre belirlenmiştir. Şalk vd (2008)'e göre ortalama bir verim için domates 11-15 kg/da, biber 12-15 kg/da ve patlıcan 12-15 kg/da N verilmesi önerilmektedir.

Uygulamalar bir önceki uygulamadan sonraki sürede gerçekleşen buharlaşma miktarına göre yapıldığından, her uygulamada verilen su miktarı farklı olmuştur. Tüm fertigasyon uygulamalarında her bir saksıya verilmesi gereken gübre miktarı eşit olması gerektiğinden ve uygulanan su miktarları farklı olduğundan verilecek gübre miktarı mg/L cinsinden hesaplanarak uygulanmıştır. Her uygulamadan önce verilecek gübreler laboratuvar ortamında hassas terazide tartılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Gübre tartım işlemi.

Tartılan gübreler 500 ml'lik erlenmayer de su ile karıştırılarak tamamen çözünene kadar çalkalanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Gübreleri çözdürme işlemi.

Çözünen gübreler içinde 23.5 litre su bulunan bidonlara aktarılıp karıştırıcı aparat yardımıyla, bidon içindeki çözelti homojen olana kadar karıştırılmıştır.

Düzenlenen sistemde sabit debide su uygulanması için Mariotte tüpü ilkesinden yararlanılmıştır. Denemede kullanılan sistem debileri (2 L/s ve 4Lt/s) gravimetrik ölçüm yöntemiyle ayarlanmıştır. Mariotte tüpü ilkesine göre hazırlanan bidonlar Şekil 3.14’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Sabit debide su uygulamak için Mariotte tüpü ilkesine göre hazırlanan bidonlar.

Tüm uygulamalar boyunca sulama öncesi ve sulama sonrası saksılar tartılarak, saksılardaki ortalama toprak suyu miktarı kaydedilmiştir.

Her gübre uygulamasından önce ve her gübre uygulaması sonunda saksının altına drene olan sudan örnek alınarak  $\text{NO}_3\text{-N}$  (mg/L) analizi yapılmıştır. Çizelge 3.9'da analiz için drene olan sudan örneklerin alınma tarihleri verilmiştir.

Çizelge 3.9. Saksıların altına drene olan sudan, örnek alma tarihleri.

05.02.2013	1. Su Uygulaması	(+)
08.02.2013	2. Su Uygulaması	(+)
12.02.2013	1. Gübre Uygulaması	(+)
15.02.2013	3. Su Uygulaması	(-)
19.02.2013	4. Su Uygulaması	(+)
22.02.2013	2. Gübre Uygulaması	(+)
27.02.2013	5. Su Uygulaması	(-)
01.03.2013	6. Su Uygulaması	(+)
05.03.2013	3. Gübre Uygulaması	(+)
08.03.2013	7. Su Uygulaması	(-)
12.03.2013	8. Su Uygulaması	(+)
15.03.2013	4. Gübre Uygulaması	(+)

(+): Analiz için örnek alındı, (-):Analiz için örnek alınmadı.

Örneklerin homojen alınabilmesi için otomatik mikropipet kullanılmıştır. Örnekler alınırken her konu için farklı pipet uçları kullanılarak konular arasındaki N karışma riski ortadan kaldırılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Saksılardan drene olan sudan örnek alma işlemi



Nitrat tayini için saksı altlıklarından alınan su örneklerinin laboratuara taşınması için 100 ml hacimli saklama kapları kullanılmıştır. Su örneklerinde oluşabilecek mikrobiyel aktiviteyi önlemek amacıyla alınan su örneklerine birkaç damla tolüen damlatılmıştır.

Drene olan sulardan alınan örneklerde,  $\text{NO}_3\text{-N}$  analizleri en geç 24 saat içinde gerçekleştirilmiş olup bu süre içinde soğutucuda bekletilmişlerdir.

Alınan örneklerde  $\text{NO}_3\text{-N}$  analizi spektrofotometre ile Kadmiyum (Cd) indirgeme yöntemi (APHA 1992) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için, su örneklerinin içerisinde spektrofotometre okumasını engelleyecek bulanıklık ve herhangi bir partikülün kalmaması için örnekler önce Whatman-42 filtre kağıdı kullanılarak 100 ml'lik balonjölere süzölmüş daha sonra tekrar 100 ml'lik süzük kaplarına aktarılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Alınan örnekleri süzme işlemi.

Elde edilen berrak süzükten otomatik pipet yardımıyla 10'ar ml alınıp spektrofotometreye ait 2 ayrı cam küvete konmuştur (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Örneklerin cam küvetlere doldurulması.

Süzük ile dolu küvetten birisi kör olarak kullanılmıştır. Diğer küvetin içerisindeki süzüğe ise kadmiyum indirgeme yöntemi için gerekli olan kimyasalları içeren önceden paketlenmiş hazır Nitraver 5 Nitrat Reaktif Powder Pillow ilave edilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Süzüklerle Nitraver 5 Nitrat Reaktif Powder Pillow ilave edilme işlemi.

İçerisine kimyasal ilave edilen küvetin tıpası kapatılarak 1 dakika hızlı bir şekilde çalkalanmıştır. Böylelikle 1 dakikalık reaksiyon süresi başlatılmıştır. 1 dakika çalkalandıktan sonra kapağı açılıp reaksiyonun tamamlanması için 5 dakika bekletilmiştir. Bu arada kör olarak kullanılacak küvet spektrofotometreye yerleştirilip cihazın sıfırlama ayarı yapılmıştır. Daha sonra içinde süzük ve Powder Pillow bulunan küvet 5 dakikalık bekleme süresi dolduktan sonra 2 dakika içinde spektrofotometreye yerleştirilerek süzükteki  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarı ppm olarak okunmuştur (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Süzükte  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarının spektrofotometre ile okuma işlemi.

Son nitrat uygulamasından sonra ayrıca toprakta kalan  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla, damlatıcının altından ve damlatıcıdan 10 cm uzaklıkta olmak üzere 10 ve 30 cm derinliklerden toprak örnekleri (her bir saksıdan 4 örnek) alınarak nitrat içerikleri saptanmıştır.

Farklı toprak tipi, damlatıcı debisi ve fertigasyon stratejilerinin denendiği araştırma sonucu elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenerek ve istatistiksel olarak dağılımı saptanmak suretiyle toprak nemi, nitrat dağılımı ve yıkanması belirlenmiştir. Denemelerde uygulama konularının incelenen özellikler üzerine etkisini belirlemek için değerler bilgisayar ortamında TARİS istatistik analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler bilgisayara girildikten sonra varyans analizi ve Duncan (%5) testine tabi tutulmuştur.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Tınlı Toprak Bünyesinde Yıkanan ve Toprakta Kalan NO<sub>3</sub>-N Değerleri

Araştırmada tınlı toprak bünyesinde, farklı damlatıcı debileri ve fertigasyon stratejileri için yapılan **tüm uygulamalar sonucunda yıkanan toplam** NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) üzerine etkisi Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tınlı toprak bünyesinde, tüm uygulamalar sonunda drene olan (yıkanan) çözeltilerdeki belirlenen NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg)<sup>1</sup>

Damlatıcı Debisi (DB) (L/s)	Fertigasyon Stratejileri (FS)				Debi Ortalaması
	F1	F2	F3	F4	
2	40.87b <sup>2</sup>	58.33a	46.23b	50.86ab	49.08
4	22.82b	30.39b	49.24a	21.63b	31.02
Fertigasyon Stratejileri Ortalaması	31.85	44.36	47.74	36.25	
Önemlilik Düzeyi					
DB:					**
FS:					**
DBxFS:					**
<sup>1</sup> Değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır. <sup>2</sup> Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir. ** % 1 düzeyinde önemlidir. F1: Sulama süresinin son yarısında fertigasyon. F2: Sulama süresinin ilk yarısında fertigasyon. F3: Sulama süresinin 1/4 ile 3/4’ü arasında fertigasyon. F4: Sulama süresi boyunca fertigasyon.					

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere tınlı toprak kullanılarak farklı debilerde ve farklı fertigasyon stratejilerinde tüm uygulamalar sonunda yıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde; fertigasyon stratejilerinin, damlatıcı debilerinin etkisi ve damlatıcı debisi x fertigasyon stratejileri interaksyonunu % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Damlatıcı debileri açısından tüm uygulamalar sonucunda tıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde 2 L/s’lik debiyle yapılan uygulamalarda ortalama 49.08 mg, saatte 4 litre akıtan damlatıcı debisinde ise yıkanma değeri ortalama 31.02 mg olarak belirlenmiştir.

Farklı fertigasyon stratejileri açısından tüm uygulamalar sonucunda yıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde en yüksek 2 L/s’lik debi uygulamasında

F2 konusunda 58.33 mg olarak gerçekleşmiştir. En düşük NO<sub>3</sub>-N yıkanması ise 4 L/s debide F4 uygulamasında 21.63 mg olarak gerçekleşmiştir.

Araştırmada tınlı toprak bünyesinde, farklı damlatıcı debileri ve fertigasyon stratejileri için yapılan tüm uygulamalar sonucunda **toprakta kalan toplam** NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) üzerine etkisi Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tınlı topraklarda farklı uygulamaların toprakta toplam nitrat birikimi üzerine etkisi (mg/L)<sup>1</sup>.

Damlatıcı Debisi (DB) (L/s)	Fertigasyon Stratejileri (FS)				Debi Ortalaması
	F1	F2	F3	F4	
2	1.03	1.46	1.04	1.17	1.18
4	1.30	1.19	1.40	1.17	1.27
Fertigasyon Stratejileri Ortalaması	1.17	1.33	1.22	1.17	
Önemlilik Düzeyi					
DB:	öd				
FS:	öd				
DBxFS:	öd				
<sup>1</sup> : Değerler 3 tekrür ortalamasıdır. öd: Önemli değil. F1: Sulama süresinin son yarısında fertigasyon. F2: Sulama süresinin ilk yarısında fertigasyon. F3: Sulama süresinin 1/4 ile 3/4'ü arasında fertigasyon. F4: Sulama süresi boyunca fertigasyon.					

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere tınlı toprak bünyesinde, farklı debilerde ve farklı fertigasyon stratejilerinde uygulamalar sonrasında toprakta kalan NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) incelendiğinde; damlatıcı debilerinin etkisi, fertigasyon stratejilerinin etkilerini ve damlatıcı debisi x fertigasyon stratejileri interaksyonu önemli bulunmamıştır.

Damlatıcı debisi açısından toprakta kalan ortalama NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) incelendiğinde, istatistiksel açıdan fark olmamakla birlikte debisi 2 L/s olan uygulamaların ortalaması 1.18 mg/L iken debisi 4 L/s olan uygulamaların ortalaması 1.27 mg/L olarak bulunmuştur.

Farklı fertigasyon stratejileri açısından toprakta kalan ortalama NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) incelendiğinde en yüksek değer ortalama 1.33 mg/L ile F2 uygulamasında, en düşük değer ortalama 1.17 mg/L ile F4 ve F1 uygulamasında gözlemlenmiştir.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre tınlı toprakta uygulanan fertigasyon stratejileri  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasında önemli rol oynamaktadır. Fakat daha önce yapılan araştırmalar bu bulgunun tersini söylemektedir. Örneğin Ajdary vd (2007) kumlu toprak gibi kaba bünyeli topraklar hariç damlatıcı debisinin nitrat yıkanmasında etkisi olmayacağını ve tınlı toprakta nitrat yıkanma yüzdesinin kumlu toprağa göre daha az olduğunu bildirmişlerdir.

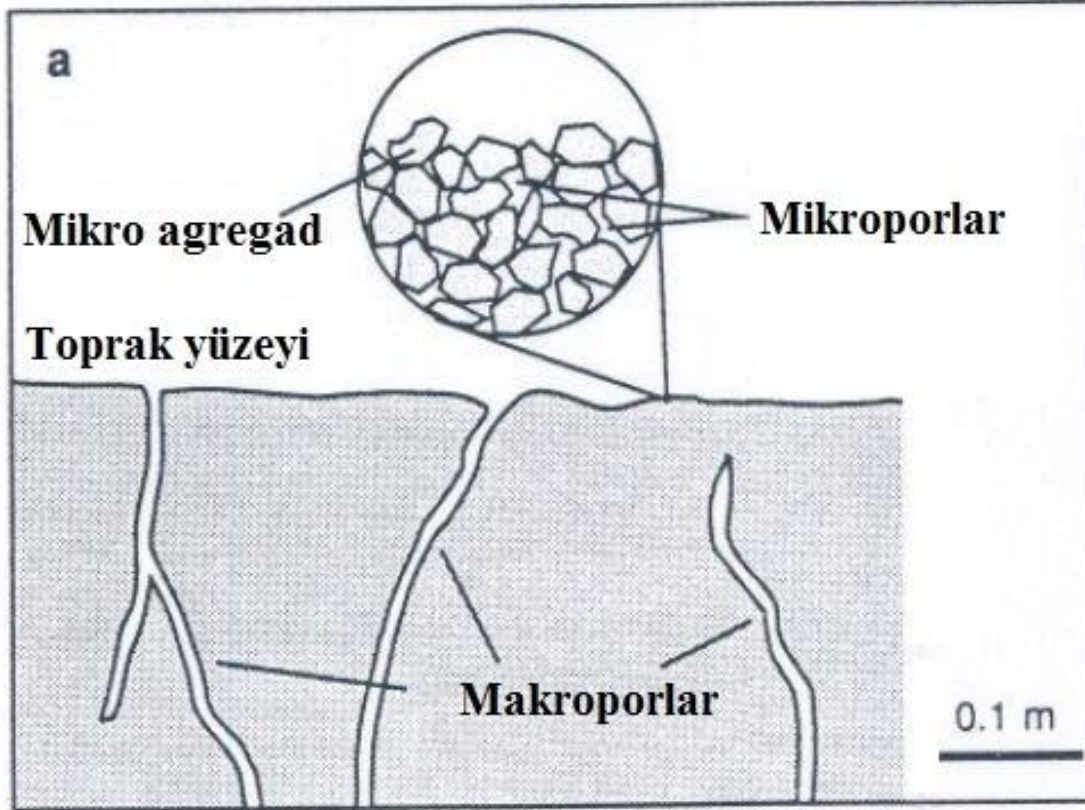
Yine, yürütülen çalışmada uygulamalar sonucu yıkanan %, kütle ve ppm cinsinden  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarı F3 ve F4 stratejisinde daha fazla olduğu saptanmıştır. Yani sulama döngüsünün ortasında yapılan ya da sulama boyunca yapılan fertigasyon işlemi sonucunda en fazla yıkanmanın meydana geldiği görülmüştür. Abbasi vd (2012) gübrenin su uygulama süresi boyunca enjekte edildiği fertigasyon stratejisinde gübre kaybını diğer stratejilere kıyasla daha fazla bulmakla beraber bunun önemli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir.

Görüldüğü üzere yürütülen çalışmada tınlı topraktaki uygulamaların sonuçları daha önce yapılan çalışmalarını desteklememektedir. Bunun, uygulama sırasında suyun topraktaki çatlaklardan hızlı bir şekilde drene olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıklıkla karşılaşılan bu durum 'bypass flow (bypass akış)' olarak adlandırılmaktadır. Bunun en büyük nedeni topraktaki makro gözenekler ve sulamalar arasında toprak yüzeyinde veya içerisinde oluşan çatlaklardır. Bu durum yürütülen bu çalışmada da gözlenmiştir (Şekil 4.1). Nitekim Bootlink (1994) yapılandırılmış topraklarda suyun hareketinin makro gözenekler tarafından şiddetle etkilendiğini belirtmiştir. Yine Bootlink (1994) toprak yapısı bypass akışını önemli derecede etkilediğini ifade etmiştir.



Şekil 4.1. Denemede kullanılan saksılardaki toprak yüzeyinde oluşan çatlaklar.

Radulovich vd (1992)'nin belirttiğine göre su, toprağın altına doğru iki yol izleyerek gider: Yavaşça küçük (mikro) gözeneklerden veya daha hızlı olarak daha geniş (makro) gözeneklerden. Hızlı akış *bypass* akışı olarak adlandırılabilir ki su mikro gözenekleri ve böylece toprağın büyük kısmının etkin yüzeyini atlar. Anılan olayın meydana geldiği yerde böyle bir *bypass* akışı son derece önemli olabilir. Çünkü gübreler, ilaçlar ve diğer atıklar aşağı doğru hızla akarken toprak tarafından düşük oranda emilir. Böylece toprakta bulunan besin maddelerinin büyük bir kısmı yıkanır. *Bypass* akışa neden olan makro gözenekler Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Toprakta bulunan makro gözeneklerin görünümü.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, yürütülen çalışmada tınlı topraklarda yapılan uygulamalarda *bypass* akışı meydana gelmiş ve verilen gübreler toprakta oluşan çatlaklardan hızlı bir şekilde drene olmuştur. Dolayısıyla da toprağa temas etmeden yıkanan gübre miktarı fazla olmuştur.

Tınlı toprak uygulamalarında karşılaşılan bir diğer sorun ise toprak üzerindeki göllenmedir. Deneme saksıda yapıldığı için uygulanan suyun yanıl hareketi kısıtlıdır. Suyun dikey (vertikal) hareketi yavaş olduğu ve yanıl hareketi kısıtlandığı için orta kısımlarında *bypass* akışın olmadığı saksılarda toprak ve saksı duvarı arasında da *bypass* akış oluşmuş, birkaç saksıda ise toprak yüzeyinde göllenme meydana gelmiştir.

Tınlı toprak uygulamalarında uygulanan gübre ve suyun, saksının üzerinde birikmesi veya saksı içinde oluşan çatlaklardan hızlı bir şekilde drene olması toprak



tipleri, fertigasyon stratejileri ve damlatıcı debilerinin üzerindeki NO<sub>3</sub>-N yıkanmasında etkileri daha önce yapılan uygulamalardan farklı olarak gerçekleşmiştir.

#### 4.2. Kumlu Toprak Bünyesinde Yıkanan ve Toprakta Kalan NO<sub>3</sub>-N Değerleri

Araştırmada kumlu toprak bünyesinde, farklı damlatıcı debileri ve fertigasyon stratejileri için yapılan **tüm uygulamalar sonucunda yıkanan toplam** NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) üzerine etkisi Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kumlu toprak bünyesinde, tüm uygulamalar sonucunda drene olan (yıkanan) çözeltilerdeki belirlenen NO<sub>3</sub>-N miktarı (mg)<sup>1</sup>.

Damlatıcı Debisi (DB) (L/s)	Fertigasyon Stratejileri (FS)				Debi Ortalaması
	F1	F2	F3	F4	
2	21.32	46.78	20.97	36.08	31.29
4	28.18	38.60	34.16	47.83	37.19
Fertigasyon Stratejileri Ortalaması	24.75b <sup>2</sup>	42.69a	27.56b	41.96a	
Önemlilik Düzeyi					
DB:					öd
FS:					**
DBxFS:					öd
1: Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. 2: Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir. ** : % 1 düzeyinde önemlidir. öd: Önemli değil. F1: Sulama süresinin son yarısında fertigasyon. F2: Sulama süresinin ilk yarısında fertigasyon. F3: Sulama süresinin 1/4 ile 3/4’ü arasında fertigasyon. F4: Sulama süresi boyunca fertigasyon.					

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere kumlu toprak kullanılarak, farklı debilerde ve farklı fertigasyon stratejilerinde tüm uygulamalar sonunda yıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde; fertigasyon stratejileri % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Damlatıcı debileri ve damlatıcı debisi x fertigasyon stratejileri interaksyonu önemli bulunmamıştır.

Damlatıcı debileri açısından tüm uygulamalar sonunda yıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde 2 L/s lik debiyle yapılan uygulamalarda ortalama 31,29 mg, saatte 4 litre akıtan damlatıcı debisinde ise yıkanma değeri ortalama 37,19 mg olarak ölçülmüştür.

Farklı fertigasyon stratejileri açısından tüm uygulamalar sonunda yıkanan toplam NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg) incelendiğinde en yüksek değer 4 L/s'lik debi uygulamasında F4 konusunda 47.83 mg olarak gerçekleşmiştir. En düşük NO<sub>3</sub>-N yıkanması ise 2 L/s debide F3 uygulamasında 20.97 mg olarak gerçekleşmiştir.

Araştırmada kumlu toprak bünyesinde, farklı damlatıcı debileri ve fertigasyon stratejileri için yapılan tüm uygulamalar sonucunda **toprakta kalan toplam** NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) üzerine etkisi Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kumlu topraklarda farklı uygulamaların toplam nitrat birikimi üzerine etkisi (mg/L)<sup>1</sup>.

Damlatıcı Debisi (DB) (L/s)	Fertigasyon Stratejileri (FS)				Debi Ortalaması
	F1	F2	F3	F4	
2	1.06	0.91	0.72	0.89	0.90
4	0.93	0.82	0.69	0.77	0.80
Fertigasyon Stratejileri Ortalaması	0.99a <sup>2</sup>	0.86ab	0.71b	0.83ab	
Önemlilik Düzeyi					
(DB):	öd				
(FS):	*				
DBxFS:	öd				
1: Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır.					
2: Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar % 5 düzeyinde önemlidir.					
*: % 5 düzeyinde önemlidir.					
öd: Önemli değil.					
F1: Sulama süresinin son yarısında fertigasyon.					
F2: Sulama süresinin ilk yarısında fertigasyon.					
F3: Sulama süresinin 1/4 ile 3/4'ü arasında fertigasyon.					
F4: Sulama süresi boyunca fertigasyon.					

Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere kumlu toprak bünyelerinde, farklı debilerde ve farklı fertigasyon stratejilerinde uygulamalar sonrasında toprakta kalan NO<sub>3</sub>-N değerleri incelendiğinde (mg/L); fertigasyon stratejileri % 5 önemli bulunur iken, damlatıcı debisi, damlatıcı debisi x fertigasyon stratejileri interaksyonu önemli bulunmamıştır.

Damlatıcı debisi açısından toprakta kalan NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) incelendiğinde, damlatıcı debisi 2 L/s olan uygulamaların ortalaması 0.90 mg/L iken damlatıcı debisi 4 L/s olan uygulamaların ortalaması 0.80 mg/L olarak bulunmuştur

Farklı fertigasyon stratejileri açısından toprakta kalan NO<sub>3</sub>-N değerleri (mg/L) incelendiğinde en yüksek değer 0.99 mg/L ile F1 uygulamasında, en düşük değer 0.71 mg/L ile F3 uygulamasında gözlenmiştir.

Yapılan çalışmada kumlu toprak bünyesindeki kütle (mg), yüzde ve ppm (mg/L) cinsinden NO<sub>3</sub>-N'in, toplam ve ortalama yıkanma ve toprakta kalan NO<sub>3</sub>-N miktarlarına bakıldığında fertigasyon stratejilerinin NO<sub>3</sub>-N'unun yıkanmasında etkili olduğu görülmektedir. Ajdary vd (2007) yaptıkları çalışmada benzer bir sonuç bulmuştur. Ajdary vd (2007) kumlu toprak gibi geçirgen topraklarda fertigasyon stratejilerinin N yıkanmasında rol oynadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca 2.5 L/s'lik debi ile gün aşırı yapılan sulamalarda, sulama bitiminden en az 10 dakika önce yapılan fertigasyon uygulamasında en yüksek N yıkanmasının meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Bristow vd (2000) deneysel bir veri ortaya koyamasa da sulamanın başlamasıyla gübre eriyiğinin de verilmeye başlamasının, damlatıcı etrafında gübre birikmesini engellediği ve gübre kaybını daha aza indirdiğini ifade etmiştir. Araştırmamız sonunda çıkan sonuç Bristow vd (2000) desteklememektedir.

Kumlu toprak üzerine yapılan çalışmada fertigasyon stratejisi 2 de en fazla, fertigasyon stratejisi 1 de ise en az yıkanmanın meydana geldiği görülmektedir. Nitekim Claire vd (2003) da toprakaltı altı mikro sulama sistemi için etkili besin kullanımı ve gübre etkinliği yönünden sulamanın sonunda yapılan fertigasyon işleminin daha üstün olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde Li vd (2004) yaptığı çalışmada 0-20 cm derinlikteki toprakta en yüksek NO<sub>3</sub>-N yıkanmasının, fertigasyonun sulama suyu ile birlikte başlaması durumunda oluştuğunu belirtmiştir. Yürütülen araştırma sonunda çıkan sonuçlar literatürü desteklemektedir.

Tınlı ve kumlu bünyeli toprakta meydana gelen NO<sub>3</sub>-N yıkanması karşılaştırıldığında (Çizelge 1 ve Çizelge 3), su tutma kapasitesi daha yüksek olan tınlı toprakta daha az nitrat yıkanması beklenirken, daha fazla bir nitrat yıkanması meydana gelmiştir. Bunun nedenlerinden biri, tınlı topraklarda toprak tanecikleri arasındaki kohezif kuvvetlerdir. Denemede kullanılan plastik saksının tartım sırasında kaldırma ve indirme işlemleri sırasında esnemesiyle, saksının yan yüzeyinin toprakla birleşim noktasına basınç uygulanması kaldırma ve indirme işlemi bittiğinde ise saksının normal şeklini almasına karşın toprağın normal şeklini almadığı saptanmıştır. Bunun sonucunda toprak ile saksının birleşim noktası arasında boşlukların oluştuğu, bu sorunların karşılaşıldığı saksılarda fertigasyon uygulamaları sonucunda, saksı kenarlarından ani ve hızlı su sızması meydana geldiği gözlenmiştir. Bu ani yıkanmalar ile özellikle tınlı topraklarda su doğal yollar ile drene olmazken, verilen nitratin az bir kısmı dışında hepsi yıkanmıştır (Şekil 4.3). Daha önce yapılan çalışmalarda saksı ve toprağın bileşim yüzeyleri arasındaki bypass akışı nedeniyle yıkanma etkinliğinin düşebileceği belirtilmiştir (Ünlükara vd 2008).



Şekil 4.3. Denemde tınlı toprakta saksı ve toprağın bileşim yüzeyleri arasında çatlak oluşan bir saksımın görüntüsü.

Tınlı topraktaki uygulamalarda yaşanan bir diğer sorun ise bypass akışın meydana gelmediği saksı yüzeylerinde göllenme oluşmasıdır. Bu nedenle gübrenin verilme zamanı ve uygulanan farklı debilerin karşılaştırılmasıyla çıkan sonuçlar literatürle uyuşmamaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada farklı fertigasyon stratejileri ve damlatıcı debilerinin kumlu ve tınlı bünyeli topraklarda nitrat yıkanması üzerine etkileri incelenmiştir.

Kumlu ve tınlı bünyeye sahip topraklarda, yıkanan  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarını azaltmak ve bitki için gerekli azotu kök bölgesinde tutarak gübre kullanım randımanını arttırmak için yapılan deneme sonucuna göre;

Tınlı toprak için tüm uygulamalar sonunda yıkanan toplam  $\text{NO}_3\text{-N}$  kütleleri (mg) dikkate alındığında, damlatıcı debisinin, fertigasyon stratejilerinin ve damlatıcı debisi ile fertigasyon stratejileri arasındaki interaksiyonun  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasında etkili olduğu ve 2 L/s'lik damlatıcı debisinde  $\text{NO}_3\text{-N}$  yıkanmasının daha fazla olduğu belirlenmiştir. 2 L/s'lik damlatıcı debisi için sulama döngüsünün ilk yarısında fertigasyon yapıldığı strateji 2'de (F2) yıkanmanın en fazla olduğu belirlenirken, sulama döngüsünün ikinci yarısında fertigasyon yapıldığı strateji 1'de (F1) ise en az yıkanmanın olduğu saptanmıştır. 4 L/s damlatıcı debisi uygulamasında en fazla yıkanma fertigasyonun sulamanın ilk  $\frac{1}{4}$  ile  $\frac{3}{4}$  zamanında yapıldığı strateji'de (F3), en az yıkanmanın ise sulama döngüsü boyunca fertigasyonun yapıldığı strateji 4'te (F4) meydana geldiği belirlenmiştir.

Tınlı bünyeye sahip topraklarda toplam yıkanan  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarını azaltmak ve gübre kullanım etkinliğini artırarak bitkinin verilen gübreden daha fazla yararlanmasını sağlamak amacıyla; sulamanın 2 L/s debili damlatıcılarla yapılması durumunda fertigasyonun sulama döngüsünün ikinci yarısında verildiği F1 uygulamasının, 4 L/s debili damlatıcıların kullanılması durumunda ise fertigasyonun sulama süresi boyunca su ile beraber verildiği F4 uygulamasının uygun olduğu önerilebilir.

Kumlu toprak bünyesinde, tüm uygulamalar sonucunda yıkanan toplam  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarı dikkate alındığında, 2 L/s damlatıcı debisi uygulamasında en az yıkanma gübrenin sulamanın ilk  $\frac{1}{4}$  ile  $\frac{3}{4}$  zamanında verildiği strateji 3'de (F3), en fazla yıkanma fertigasyonun sulama süresinin ilk yarısında yapıldığı strateji 2'de (F2) meydana gelmiştir. 4 L/s damlatıcı debisi için ise en az yıkanma fertigasyonun sulamanın ikinci yarısında yapıldığı strateji 1'de (F1), en fazla yıkanma ise fertigasyonun sulama sürece yapıldığı strateji 4'te (F4) meydana geldiği belirlenmiştir.

Kumlu bünyeye sahip topraklarda, yıkanan  $\text{NO}_3\text{-N}$  miktarını azaltmak ve bitki için gerekli azotu kök bölgesinde tutarak gübre kullanım randımanını arttırmak için sulamanın 2 L/s debili damlatıcılarla yapılması durumunda, gübrenin sulamanın ilk  $\frac{1}{4}$  ile  $\frac{3}{4}$  zamanında verildiği F3 uygulamasının, 4 L/s debili damlatıcılar kullanılması durumunda ise gübrenin sulama süresinin ikinci yarısında yapıldığı F2 uygulamasının uygun olduğu önerilebilir.

Yapılan literatür çalışmaları sonucu konuyla ilgili araştırmaların çok kısıtlı olduğu ve olan çalışmaların büyük çoğunluğunu da simülasyonlardan oluştuğu belirlenmiştir. Fertigasyon stratejileri ve damlatıcı debilerinin hafif ve ağır bünyeli topraklarda nitrat yıkanması üzerine etkileri ile ilgili bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmüş ve yürütülen bu çalışma ile merak edilen bu konu ortaya konulmaya

çalışılmıştır. Bu anlamda çalışmamız bir ilk çalışma niteliğindedir. Bu çalışmanın gelecekte bu yöndeki araştırmalara yön vereceği düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- ABBASI, F., REZAEE, H.T., JOLAINI, M. and ALIZADEH, H.A. 2012. Evaluation of Fertigation in Different Soils and Furrow Irrigation Regimes, *Irrigation and Drainage*, 61: 553-541.
- ADDİSCOTT, T.M. 1996. Fertilizer and Nitrate Leaching. *Agricultural Chemicals and Environment Issues in Environmental Science Technology*, 5: 1-26.
- AJDARY, K., SINGH, D.K., SINGH, A.K. and KHANNA, M. 2007. Modeling of Nitrogen Leaching from Experimental Onion Field Under Drip Fertigation, *Agricultural Water*. 89 (1-2):15-28.
- ALVA. K., S. PARAMASIVAM, T.A. OBREZA and A.W. SCHUMANN, 2006. Nitrogen Best Management Practice for Citrus Trees I. Fruit Yield, Quality, and Leaf Nutritional Status. *Scientia Horticulturae*. 107 (3): 233-244.
- ANONİM 2013. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi İnternet Sitesi <http://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> erişim tarihi: 02.04.2013.
- APHA. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- AYYILDIZ, M. 1990. Sulama Suyu Kalitesi Ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, ss: 1-282, Ankara.
- BEGG, J. E. and TURNER, N. C. 1976. 'Crop Water Deficits', *Adv. Agron.* 28: 161-170.
- BLAKE, G.R. and HARTGE, K.H., 1986. Bulk Density. *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monograph*. 9 (2): 363-375.
- BOOLTINK, H.W.G. (1994). Field-Scale Distributed Modeling of Bypass Flow in a Heavily Textured Clay Soil, *Journal of Hydrology*. 163 (1-2): 65-84.
- BOOLTINK, H.W.G. 1995. Field Monitoring of Nitrate Leaching and Water Flow in a Structured Clay Soil, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 52 (2-3): 251-261.
- BOUYOUCOS, G.J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils. *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
- BREMIER, T., 1982. Environmental Factors and Cultural Measures Effecting the Nitrate Content in Spinach. *Fert. Res.*, 3 (3): 191-292

- BRISTOW, K., COTE, C.M., THORBURN, P.J. and COOK, F.J., 2000. Soil Wetting and Solute Transport in Trickle Irrigation Systems. in: Proceedings of the 6th International Micro-irrigation Technology for Developing Agriculture Conference Papers.
- CLAIRE, COTE C.M., K.L. BRISTOW, P.B. CHARLESWORTH, F.J. COOK, and THORBURN, P.J. 2003. Analysis of Soil Wetting and Solute Transport in Sub-Surface Trickle Irrigation, *Irrigation Science*, 22: 143-156.
- ÇETİN, Ö., UYGAN, D. Ve BOYACI, H. 2006. Damla Sulama Ve Islatma Alanı Yüzdelерinin Domateste Verim Etkisi. Proje No: KHGM-03220E01. Eskişehir.
- ÇETİN, Ö., ve TOLAY, İ. 2009. Fertigasyon (Sulama İle Birlikte Gübreleme), *Hasad Yayıncılık*, ss: 9-15, İstanbul.
- DASBERG, S., BIELORAI, H. and ERNER, J. 1983. Nitrogen Fertigation of Shamouti Oranges. *Plant and Soil*. 75: 41-49.
- DASBERG, S. and BRESLER, E. 1985. *Irrigation Engineering*. International Irrigation Information Center (IIIC), P.O.B. 49, Volcani Center, 50250 Bet Dagan, Israil, p.17-21, 20-26.
- DELWICH, C.C. 1970. *The Biosphre Scientific Amer. Inc. W. H. Freeman, San Fransisco*.
- ECEVİT, F.M. 2004. *Bitki Fizyolojisi*. Suleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 22 Ders notu yayın no: 8, Süleman Demirel Üniversitesi Yayım Ünitesi, Isparta.
- EPA, 2006. U. S. Enviromental Protection Agency. Consumer Factsheet on: Nitrates/ Nitrites. Link: [<http://www.epa.gov/safewater/dwh/c-ioc/nitrates.html>]. Connection time: 01.02. 2006.
- ERASLAN, F., İNAL, A., GUNEŞ, A., ERDAL, İ. Ve COŞKAN, A. 2010. Türkiye’de Kimyasal Gübre Üretim Ve Tüketim Durumu, Sorunlar, Çözüm Önerileri Ve Yenilikler, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, Ankara.
- FOTH, H.D. and ELLIS, B.G. 1988. *Soil Fertility*. John Wiley and Sons Press, New York.
- FRESENIUS, W., QUENTIN, K.E. and SCHNEIDLER, W. 1988. *Water Analıysis a Practical Guide to Physco-chemical, Chemical and Microbiological Water Examination and Quality Assurance*, Berlin Heidelberg, pp: 1-804, Newyork.
- FRIED, M. and BROESHARD, H. 1967. *The Soil-Plant System in Relation to Inorganic Nutrition*. Academic Press, pp: 280-338, New York, London.



- GARDENAS, A.I., HOPMANS, J.W., HANSON B.R. and SIMUNEK, J. 2005. Two-Dimensional Modeling of Nitrate Leaching for Various Fertigation Scenarios Under Micro-Irrigation. *Agricultural Water Management* 74: 219–242.
- GARDNER, W.H., 1986. Water Content, in *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. p.493-544, *Agronomy No.9*, Madison, WI,USA.
- GEE, G.W. and BOUDER, J.W. 1986. Particle Size Analysis, *Methods of Soil Analysis, Part1, 2<sup>nd</sup> Ed*, *Agronomy 9, Am, Soc, Agron*, 825-844, Madison.
- GELETA, S., SABBAGH, G.J., STONE, J.F., ELLIOTT, R.L., MAPP, H.P., BERNARDO, D.J. and WATKINS, K.B. 1994. "Importance of Soil and Cropping Systems in the Development of Regional Water Quality Policies". *J. Environ. Qual.* 23: 36-42.
- HAKTANIR, K. ve ARCAK, S. 1997. *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş)*. A.Ü Ziraat Fakültesi yayımları No:1486, Ders Kitabı:447, A.Ü Ziraat Fakültesi Yayın Ünitesi, Ankara.
- HAMDY, A. 1995. Fertigation: Technical and Management Aspects for Practical Application Review Paper. Advanced Short Course on "Fertigation" FAO/RNE, CIHAEM/IAM-B, University of Libanise, Nov. 26-Dec. 3.1995, Beirut.
- HANSON, B.R., HOPMANS, J.W., SIMUNEK, J. and GARDENAS, A. 2004. Crop Nitrate Availability and Nitrate Leaching Under Micro-Irrigation for Different Fertigation Strategies. *ASAE Annual International Meeting*, pp. 1505-1516.
- HANSON B.R., SIMUNEK, J. and HOPMANS, J.W. 2006. Evaluation Of Urea–Ammonium Nitrate Fertigation With Drip Irrigation Using Numerical Modeling. *Agricultural Water Management*. 86: 102-113.
- HODKING, E.P. and HAMILTON, B.H. 1993. Fertilizers and Eutrophication in Southwestern Australia. *Setting the Scene*, Dordrecht 36: 95–103.
- HOU, Z., LI, P., LI, B., GONG, J. and WANG, Y. 2007. Effects of Fertigation Scheme on N Uptake and N Use Efficiency in Cotton. *Plant and Soil*, 290: 115-126.
- IMAS, P. 1999. Recent Techniques in Fertigation Horticultural Crops in Israel. Workshop on Recent Trends in Nutrition Management Horticultural Crops, 11-12 February 1999, pp. 15, Dapoli, Maharashtra, India.
- İBRİKÇİ, H., KARNEZ, E., OĞUZ, H., ÇETİN, M., ÖZTEKİN, E., DİNGİL, M., KIRDA, C., TOPÇU, S. ve EFE, H. 2008. Aşağı Seyhan Ovası Akarsu Sulama Sahası Taban Sularında Nitrat Konsantrasyonu Ve Oluşturacağı Çevresel Risk Potansiyeli. Sulama-Drenaj Konferansı. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü DSİ VI. Bölge Müdürlüğü. ss: 124-134
- KAÇAR, B., VE KATKAT, V. 2007a. Bitki Besleme. 3. Baskı (Genişletilmiş ve Güncellenmiş). Nobel Yayın Dağıtım, ss: 159-160, Ankara.

- KAÇAR, B., VE KATKAT, V., 2007b. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. 2. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, ss:163, Ankara.
- KAFKAFI, U. and TARCHITZKY,J. 2011. Fertigation, a Tool for Efficient Fertilizer and Water Management, International Fertilizer Industry Association, pp: 36.
- KAPLAN, M., S. SÖNMEZ ve S.TOKMAK. 1999. Antalya Kumluca Yöresi Kuyu Sularinin Nitrat İçerikleri. Tr. J. Agr. And Forestry 23: 309-313.
- KARAÇAL, F., TOPRAK, Ş. ve İNCE, S. 2006. Şanlıurfa İlinde İnsan Ve Hayvanlarda Tüketime Sunulan Kuyu Sularında Nitrat Ve Nitrit Düzeylerinin Belirlenmesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları 4 (3): 85-88, Elazığ.
- KARAMAN, R., ERŞAHİN, S., SALTALIK, K., GÜLEÇ, H. and DERİCİ, R. 2004. Modeling Programs in Nitrogen Fertilized Tomato Using the Computer Program Nleap, Department of Soil Science, Agricultural Faculty, Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey Environmental Monitoring and Assessment 5269143 March 4, 17:58.
- KARAMAN, M.R. 2012. Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi: 2, Dizgi/Tasarım Ve Dağıtım, ss: 359, Ankara.
- KANBER, R. 2003. Sulama Sistemlerinin Planlanması. Sulama ve Drenaj Mühendisliği Köy Hizmetleri Gen. Müd. APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 122, ss. 258-385, Ankara.
- KIVANÇ, M., GÜVEN, K., UÇAN, N.K., SARIÖZLÜ, N.Y., MUTLU, M.B., YILMAZ, M. 2004. Porsuk Çayı'nda Azot Miktarı Ve Nitrifikasyon Bakterilerinin Dağılımı. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi. 2 (1): 02-11.
- KLEIN, I., LEVIN, I., BAR-YOSEF, B., ASSAF, R. and BERKOVITZ, A. 1989. Drip Nitrogen Fertigation of "Starking Delicious" Apple.
- KLUTE, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods Methods of Soil Analysis. Part1. 2<sup>nd</sup> Ed. Agronomy 9.Am. Soc. Agron, pp: 635-660, Madison.
- LI, G., HUANG, X. and WANG, X. 2000. "Water Use of Drip Irrigated Peach Trees Under Full Irrigation and Regulated Deficit Irrigation". Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Micro-Irrigation Technology for Developing Agriculture Conference Papers.
- LI, J., ZHANG, J. and REN, L. 2003. "Water and Nitrogen Distribution as Affected by Fertigation of Ammonium Nitrate from a Point Source". Irrigation Science. 22 (1), 19-30.
- LI, J., ZHANG, J. and RAO, M. 2004 "Wetting Patterns and Nitrogen Distributions as Affected by Fertigation Strategies from a Surface Point Source". Agricultural Water Management. 67: 89-104.

- LI, J., JI, H., LI, B. and LIU, Y. 2007. Wetting Patterns and Nitrate Distributions in Layered-Textural Soils Under Drip Irrigation. *Agricultural Sciences in China*. 6 (8): 970-980.
- MENGEL, K. and KIRKBY, E.A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- ÖZÇELİK U. ve Usta, S. 2008. Farklı Sulama Yöntemlerinin Topraktaki Amonyum ve Nitrat Azotu Kapsamlarına Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 14 (3): 267-275.
- ÖZDESTAN, Ö. Ve ÜREN, A. 2010. Gıdalarda Nitrat ve Nitrit, *Akademik Gıda*, 8(6), 35-43.
- ÖZEKİCİ, B. 2008. Damla Ve Sulama Yönteminde Su Ve Gübre Tasarrufu. Sulama-Drenaj Konferansı. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü DSİ VI. Bölge Müdürlüğü. S. 46-52
- RADULOVICH, R., SOLLINS, P., BAVEYE, P. and SOLORZANO, E. 1992. Bypass Water Flow through Unsaturated Micro Aggregated Tropical Soils. *Soil Science Society of America Journal* 56 (3): 721-726.
- RAVIKUMAR, V., VIJAYAKUMAR, G., SIMUNEK, J., CHELLAMUTHU, S., SANTHI, R. and APPAVU, K. 2011. Evaluation of Fertigation Scheduling for Sugarcane Using a Vadose Zone Flow and Transport Model. *Agricultural Water Management*. 98: 1431-1440.
- RHOADES, J. D., 1982. Soluble Salts in: A.L. Page, R.H. Miller and DR. *Methods of Soil Analysis, Part 2, 2<sup>nd</sup> Ed.*, Madison, pp: 167-179, Wisconsin, USA.
- ROTH, R., L. SANCHEZ, C. A. and GARDNER, B. R. 1995. "Growth and Yield of Mature Valencia Oranges Converted to Pressurized Irrigation System". *Appl. Eng. Agric.* 11: 101-105.
- RYAN, J. 2008. A Perspective on Balanced Fertilization in The Mediterranean Region, *Turk. J. Agric. For.* 32: 79-89.
- SAĞLAM, M.T. 1975, Farklı Agregat Büyüklüklerinin Nitrat Yıkanması Üzerine Etkisinin Araştırılması, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (1): 49-55.
- SHARMASARKAR, F. C., SHARMASARKAR, S., MILLER, S. D., VANCE, G. F. and ZHANG, R. 2001. "Assessment of Drip and Flood Irrigation on Water and Fertilizer Use Efficiencies for Sugarbeets". *Agric. Water Management*. 46: 241-251.
- SÖNMEZ, Ğ., M. KAPLAN and S. SÖNMEZ. 2007. An Investigation of Seasonal Changes in Nitrate Contents of Soils and Irrigation Water in Greenhouses Located in Antalya-Demre Region. *Asian Journal and Chemistry* 19 (7): 5639-5646.
- ŞALK, A., ARIN, L., DEVECİ, M. ve POLAT, S. 2008. Özel Sebzeçilik, Namık Kemal Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü. Tekirdağ.

- THREADGILL, E.D., EISENHAUER, D:E., YOUNG, J:R. and BAR-YOSEF, B. 1990. Chemigation. "Management of Irrigation Systems". ASAE Monograph, pp: 749-782, St. Joseph, USA.
- THREADGILL, E.D.. 1991. Advances in Irrigation, Fertigation and Chemigation. Fertigation/chemigation. Proc. of the Expert Consultation on Fertigation/Chemigation, 8-11 September. 1991, Cairo. s.30- 44, FAO, Rome.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D. and HALVIN, J.L. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. Fifth Edition. McMilan Publishing Company, pp: 754, New York.
- UNLUKARA A., KURUNÇ A., KESMEZ G. D. and YURTSEVEN E. 2008. Growth and Evapotranspiration of Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) as Influenced by Salinity of Irrigation Water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*, 134 (2): 160-166.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1998. Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization, Geneva.
- ZHANG J., JIU SHENG L. and MINJIE R. 2004. Wetting Patterns and Nitrogen Distributions as Affected by Fertigation Strategies from a Surface Point Source. *Agricultural Water Management*, 67: 89-104.

## ÖZGEÇMİŞ

Cihan KARACA, 1987 yılında Tekirdağ'ın Şarköy İlçesinde doğdu. İlkokul 4. sınıfa kadar Elazığ'da, ilkokulun 4. ile 5. sınıfı, ortaokul ve lise öğrenimini Edirne'de tamamladı. 2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde öğrenimine başladı. 2010 yılında Bahçe Bitkileri Bölümü'nde Anadal, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde Yandal öğrenimini tamamlayarak mezun oldu. 2011-2012 yılları arasında Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığında Ziraat Mühendisliği görevinde bulundu. 2012 yılında bakanlık görevinden istifa ederek Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı.

Halen Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.