

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Neşe ÜZEN

**FİZİKSEL OLARAK ARITILMIŞ EVSEL ATIK SULARIN PAMUK
(*Gossypium hirsutum L.*) VERİM VE KALİTESİ İLE TOPRAK KİRLİLİĞİNE
ETKİSİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİKSEL OLARAK ARITILMIŞ EVSEL ATIK SULARIN PAMUK
(*Gossypium hirsutum L.*) VERİM VE KALİTESİ İLE TOPRAK KİRLİLİĞİNE
ETKİSİ**

Neşe ÜZEN

DOKTORA TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez 27/03/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Öner ÇETİN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Rıza KANBER
ÜYE

.....
Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Özgül GÖRMÜŞ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

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

**Bu Çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP)
tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 09-ZF-78**

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

FİZİKSEL OLARAK ARITILMIŞ EVSEL ATIK SULARIN PAMUK (*Gossypium hirsutum L.*) VERİM VE KALİTESİ İLE TOPRAK KİRLİLİĞİNE ETKİSİ

Neşe ÜZEN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Danışman II. : Prof. Dr. Öner ÇETİN
Yıl: 2014, Sayfa: 142
Jüri : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Öner ÇETİN
: Prof. Dr. Rıza KABER
: Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ
: Doç. Dr. Özgül GÖRMÜŞ

Bu çalışmada 2011 ve 2012 yıllarında, Diyarbakır koşullarında drenaj tipi lizimetre benzeri tanklar kullanılarak, fiziksel olarak arıtılmış evsel atık su ile pamuk yetiştirilmiştir. Denemede Stoneville-453 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir. Ana parselleri gübreleme, alt parselleri ise atık su düzeyleri oluşturmuştur. Atık su, Dicle Üniversitesi yerleşkesindeki aneorobik + stabilizasyon havuzu olarak çalışan sistem çıkışından alınmıştır. Denemede, atık su ile birlikte atık su+temiz su karışımı yanında, mevcut uygulanan gübre miktarları ile birlikte hiç gübre uygulanmayan konular da denenmiştir. Denemede kullanılan ve arıtma tesisinden çıkan suyun, askıda katı madde ($28-60 \text{ mg l}^{-1}$), biyolojik oksijen ihtiyacı ($29-30 \text{ mg l}^{-1}$) ve kimyasal oksijen ihtiyacı ($71-112 \text{ mg l}^{-1}$) değerleri sisteme giren atık suya göre önemli düzeyde azalmıştır. Ayrıca hem sisteme giren ve sistemden çıkan atık sularda ağır metal yönünden bir kirlilik bulunmamıştır. Ayrıca koliform bakteri ($>1100 \text{ Kob ml}^{-1}$), Fekal koliform ($1.1-1.5 \times 10^3 \text{ EMS ml}^{-1}$) ve Eschrechia coli bakımından giriş suyunda önemli miktar tespit edilmişken, çıkış suyunda belirgin bir miktar tespit edilememiştir. Denemenin birinci yılında, normal gübre uygulanan konuya ($17.2 \text{ g bitki}^{-1}$) göre, pamuk bitkisine ticari gübre uygulanmasa bile, atık sudan bitkinin yeterli derecede gerekli bitki besin maddesi alması verimi ($31.8 \text{ g bitki}^{-1}$) önemli düzeyde artırmıştır. Denemenin ikinci yılında ise normal ticari gübre uygulanan konu ile gübre uygulanmayan konu arasında belirgin bir fark oluşmamıştır. Ancak atık su ile temiz su verimleri arasında ise az da olsa bir verim farkı oluşmuş olup, atık suyu uygulamasında verimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, atık suyun bitki besleme açısından önemli olduğu ve verimi artırdığı tespit edilmiştir. Toprakta ise, başlangıç pH ($7.8-7.9$) değerleri deneme sonunda ($7.8-8.2$) önemsiz düzeyde değişmiştir. Toprak EC'si ise başlangıçta $0.8-1.0 \text{ dS m}^{-1}$ iken deneme sonunda $0.9-1.8 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişerek toprak tuzluluğu nispi olarak artmıştır. Toprakların organik madde (OM) içeriği çok düşük olduğu için kısa süreli deneme süresince OM içeriğin çok belirgin olarak arttığı söylenemez. Ağır metal yönünden ise, atık suda ağır metal kirliliği olmadığı için topraklarda da herhangi bir ağır metal ve diğer kimi mikro element kirliliği olmamıştır. Bu sonuçlara göre, evsek nitelikli ve fiziksel olarak arıtılmış atık sularının, doğrudan insan beslenmesinde kullanılmayan pamuk gibi bitkilerde kontrollü bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir. Ancak, her türlü atık suyun niteliği, nüfus hareketleri, yıl içindeki döneme ve iklim koşullarına bağlı olarak değişebileceği, bu nedenle bu tür atık suların sürekli kontrol ve denetimli kullanılması gerektiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Evsel Atık Su, Su Kirliliği, Pamuk, Sulama, Toprak Kirliliği

ABSTRACT

PhD THESIS

EFFECTS OF THE DOMESTIC SEWAGE PHYSICALLY TREATED ON CROP YIELD, YIELD COMPONENTS OF COTTON (*Gossypium hirsutum* L.) AND SOIL POLLUTION

Neşe ÜZEN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Supervisor II. : Prof. Dr. Öner ÇETİN
Year: 2014, Page: 142
Jury : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Öner ÇETİN
: Prof. Dr. Rıza KANBER
: Prof. Dr. Bülent ÖZEKİCİ
: Assoc. Prof. Dr. Özgül GÖRMÜŞ

In this study, cotton crop was grown irrigated by physically treated domestic sewage water in the tanks similar drainage type lisimeters in 2011 and 2012 under Diyarbakır conditions. Cotton variety of Stonville-453 was used for this experiment. The experiments were undertaken using randomized blocks with split plots and four replications. The main plots had fertilized and non-fertilized with sub-plots with different sewage water levels. The treated sewage water was provided from the discharge point of the reservoir in which operated as anaerobic + stabilization in Dicle University Campus. The recommended amount of fertilizers and no commercial fertilizer for cotton together with treated sewage water and sewage water + fresh water were used as the treatments. The content of suspended solids (28-60 mg l⁻¹), biological oxygen demand (29-30 mg l⁻¹) and chemical oxygen demand (71-112 mg l⁻¹) decreased significantly compared to those in the sewage water. There was no pollution of heavy metals in both sewage and treated sewage water. In addition, it was not found significantly amounts in the treated sewage water while the levels of coliform bacteria (>1100 Kob ml⁻¹), fecal coliform (1.1-1.5x10³ EMS ml⁻¹) and *Escherichia coli* were significantly higher in the untreated sewage water. In the first year, seed-cotton yield (31.8 g plant⁻¹) in the tanks without commercial fertilizers were considerably higher compared to the seed-cotton yield (17.2 g plant⁻¹) in the tanks fertilized. However, there was no any significantly differences between the yields irrigated by treated sewage water and fresh water. All these could be attributed to the fact that the treated sewage water might provide appropriate nutrients to the plants. There were no significantly differences between the values of soil pH before the experiment (7.8-7.9) and after the experiment (7.8-8.2). Soil electrical conductivity (EC) after the experiment increased from 0.8-1.0 dS m⁻¹ to 0.9-1.8 dS m⁻¹. The content of organic matter (OM) in the soil was not increased considerably because it was quite low at the beginning of the experiment. The heavy metal pollution did not occurred in the soils and plants because there was no heavy metal in both sewage and treated sewage water. As a result it could be concluded that treated domestic sewage water could be used for the crops grown in which not used directly in human nutrient such as cotton. However, use of all the waste and/or sewage water must be controlled and monitored continuously, since quality of those could vary depending on climate, population and habits of the inhabitants, industrial or domestic conditions.

Key Words: Domestic sewage water, Water Pollution, Cotton, Irrigation, Soil Pollution

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve doktora tezimde bilgi, öneri ve görüşlerinden faydalandığım ve bundan sonra da hayatın her döneminde faydalanacağımı umduğum, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Öner ÇETİN ve Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ'ye sonsuz teşekkürler.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Rıza KANBER ve Sayın Doç. Dr. Özgül GÖRMÜŞ'e çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında fakülte olanaklarından yararlanmamı sağlayan D.Ü. Ziraat Fakültesi Dekanlığı'na ve maddi destekte bulunan D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP)'ne (Proje no: 09-ZF-78) içten teşekkürlerimi sunarım.

Mesleğe adım atmamda büyük ekmeleri geçen ve hakkını ödeyemeyeceğim kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa EYLEN'e çok teşekkür ederim.

Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde tez uygulama yılında görev yapan Murat KARAER'e uygulamadaki katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Sayın Doç Dr. Sema BAŞBAĞ'a ve Mefhar Gültekin TEMİZ'e yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın tüm zamanlarında benden manevi ve maddi desteklerini esirgemeyen bütün aile fertlerime, özellikle doktora çalışmama başlarken hayatta olan ancak şu anda aramızda olmayan rahmetli annem Şerife ÜZEN'e, sonsuz desteği ile beni daima ayakta tutan sevgili ablam Naide ÜZEN'e ve verdiği teknik destekten ötürü sevgili ağabeyim Nahit ÜZEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ve Sayın İbrahim Uğur SEYDAOĞLU'na sabrı ve anlayışı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1.GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
2.1. Atık Su ile İlgili Kalite Standartlarının İrdelenmesi	9
2.2. Atık Suların İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	14
2.3. Atık Suların Tarımsal Amaçlı Kullanımı.....	19
2.4. Atık Su Kullanımının Toprak ve Bitkilere Etkisi	22
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Materyal	31
3.1.1. Araştırma Yeri ve Toprak Özellikleri	31
3.1.2. İklim Özellikleri	33
3.1.3. Araştırmada Kullanılan Pamuk Çeşidi.....	35
3.1.4. Bitki Yetiştirme Ortamı.....	35
3.1.5. Deneme Tanklarının Toprakla Doldurulması	36
3.1.6. Araştırmada Kullanılan Sulama Suyu Kaynakları ve Özellikleri	38
3.1.6.1. Temiz (Şebeke) Suyun Özellikleri	38
3.1.6.2. Atık Su Arıtma Sisteminin Özellikleri.....	39
3.2. Metod	42
3.2.1. Deneme Konuları ve Deneme Deseni	42
3.2.2. Analiz ve Ölçmeler	46
3.2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizler	46
3.2.2.2. Sulama Suyu Analizleri	48
3.2.2.3. Bitki Analizleri.....	50

3.2.2.4. Diğer Gözlem ve Ölçmeler	51
3.2.3. Bitki Su Tüketimi	51
3.2.4. Sulama Suyunun Hesaplanması ve Uygulanması	52
3.2.5. Tarımsal İşlemler	53
3.2.6. Analiz ve Değerlendirme	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	57
4.1. Atık Su Tesisi Giriş ve Çıkış Suyu Özelliklerinin Değerlendirilmesi	57
4.1.1. Arıtma Tesisine Giren Atık Suyun Özellikleri	57
4.1.2. Arıtma Tesis Çıkış Noktasından Çıkan Suyun Özellikleri	66
4.2. Atık Suyun Pamuk Bitkisinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri	80
4.2.1. Atık Suyun Pamuk Bitkisinin Verimine Etkileri	80
4.2.2. Atık Suyun Pamuk Bitkisinin Verim Unsurları Üzerine Etkileri	86
4.2.3. Atık Suyun Pamuk Bitkisinde Lif Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi	92
4.3. Denemede Kullanılan Suların Toprak Özelliklerine ve Kirliliğe Etkisi	93
4.3.1. Toprakların pH, EC, CaCO ₃ ve Organik Madde Kapsamları	94
4.3.2. Deneme Sonrası Toprakların Fosfor ve Potasyum Kapsamları	96
4.3.3. Deneme Sonrası Toprakların İz Element ve Ağır Metal Kapsamı	98
4.4. Pamuk Bitkisinin Yapraklarında Besin Elementi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	102
4.5. Bitkide Fotosentez Miktarları	107
4.6. Bitkide Klorofil (SPAD) Okumaları	109
4.7. Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları	110
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	137
EKLER	138

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1.	Atık suların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar	11
Çizelge 2.2.	Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri	12
Çizelge 2.3.	Sulama sularında izin verilen ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları	13
Çizelge 2.4.	Sulamada atık suların kullanılmasından kaynaklanan salgın hastalıkların incelenmesi sonucunda özetlenen sağlık riskleri	18
Çizelge 3.1.	Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	32
Çizelge 3.2.	Diyarbakır ilinde denemenin yürütüldüğü yıllara ilişkin kimi iklimsel veriler ve uzun yıllık ortalama değerler	34
Çizelge 3.3.	Deneme tanklarına yerleştirilen toprak ağırlığının hesabı	37
Çizelge 3.4.	Sulamada kullanılan su kaynaklarının kimyasal özellikleri	38
Çizelge 3.5.	Atık su arıtma tesisinden periyodik olarak alınan debi ölçüm değerleri	41
Çizelge 3.6.	Denemenin 2011 yılına ait ana ve alt konuları	43
Çizelge 3.7.	Denemenin 2012 yılına ait ana ve alt konuları	43
Çizelge 3.8.	2011-2012 yıllarına ait ekim, çıkış ve çiçeklenme tarihleri	53
Çizelge 4.1.	Evsel atık su arıtma tesisine farklı dönemlerde giren suların özellikleri	58
Çizelge 4.2.	Sektör: Evsel nitelikli atık suların alıcı ortama deşarj standartları	66
Çizelge 4.3.	Evsel atık su arıtma tesisinden farklı dönemlerde çıkan suların analiz sonuçları	67
Çizelge 4.4.	Deneme konuları ve yıllara göre pamuk kütlü verimleri	81
Çizelge 4.5.	Sulama ve gübre uygulamalarının kütlü pamuk verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)	82
Çizelge 4.6.	Sulama suyunun ve gübre uygulamalarının 2011 yılı için kütlü verimine ayrı ayrı etkileri	83

Çizelge 4.7. Sulama ve gübre uygulamalarının kütlü pamuk verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)	84
Çizelge 4.8. Sulama suyunun ve gübre düzeylerinin 2012 yılı için kütlü verimine ayrı ayrı etkileri	85
Çizelge 4.9. Deneme konuları ve yıllara göre bitki boyu	87
Çizelge 4.10. Sulama ve gübre uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011).....	88
Çizelge 4.11. Sulama suyunun ve gübre düzeylerinin bitki boyuna etkileri (2012)	88
Çizelge 4.12. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)	89
Çizelge 4.13. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)	89
Çizelge 4.14. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının meyve dalı sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)	89
Çizelge 4.15. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının meyve dalı sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)	90
Çizelge 4.16. Atık suyun pamuk bitkisinin lif kalite özellikleri üzerine etkisi (2011)	93
Çizelge 4.17. Atık suyun pamuk bitkisinin lif kalite özellikleri üzerine etkisi (2012)	93
Çizelge 4.18. Deneme sonunda toprak örneklerinde EC, toplam tuz, pH, CaCO ₃ ve organik madde miktarı.....	94
Çizelge 4.19. Deneme sonunda toprak örneklerinde fosfor (P ₂ O ₅), potasyum (K ₂ O) ve organik karbon miktarı.....	97
Çizelge 4.20. Deneme sonunda toprak örneklerinde bazı ağır metal ve mikro element düzeyleri.....	99
Çizelge 4.21. Deneme konularına göre 2011 yılı pamuk bitkisinin yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri	102
Çizelge 4.22. Deneme konularına göre 2012 yılı pamuk bitkisinin yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri	105

Çizelge 4.23. Deneme konularına ilişkin 2011 yılı mevsimlik su tüketim değerleri.....	110
Çizelge 4.24. Deneme konularına ilişkin 2012 yılı mevsimlik su tüketim değerleri	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Denemede kullanılan tankların şematik görünüşü.....	36
Şekil 3.2.	Denemede kullanılan tankların genel görünümü ve boş tanklara toprakların doldurulması.....	37
Şekil 3.3.	Dicle Üniversitesi atık su arıtma tesisi genel görüntüsü (ölçeksiz).....	39
Şekil 3.4.	Dicle Üniversitesi atık su arıtma tesisi şematik görüntü (ölçeksiz).....	40
Şekil 3.5.	Atık su arıtma tesisinden periyodik olarak alınan debi ölçüm değerleri	41
Şekil 3.6.	Fiziksel olarak arıtılmış atık suların alındığı kaynağın giriş noktasından görüntüler	41
Şekil 3.7.	Fiziksel olarak arıtılmış atık suların alındığı atık su kaynağının çöktürme havuzlarının genel görüntüsü.....	42
Şekil 3.8.	2011 yılına ait tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış deneme planı (ölçeksiz).....	44
Şekil 3.9.	2012 yılına ait tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış deneme planı (ölçeksiz).....	45
Şekil 3.10.	Pamuk bitkilerinin çıkışından genel görüntüler.....	54
Şekil 4.1.	Atık su arıtma tesisine giren sularda askıda katı madde (AKM) miktarlarının zamansal değişimi.....	59
Şekil 4.2.	Atık su arıtma tesisine giren sularda BOI_5 ve KOI miktarlarının zamansal değişimi.....	60
Şekil 4.3.	Atık su arıtma tesisine giren sularda pH değerlerinin zamansal değişimi.....	61
Şekil 4.4.	Atık su arıtma tesisine giren sularda EC değerlerinin zamansal değişimi.....	62
Şekil 4.5.	Atık su arıtma tesisine giren suların SAR değerlerinin zamansal değişimi.....	63
Şekil 4.6.	Atık su arıtma tesisine giren suların toplam sertliğinin zamansal değişimi.....	64

Şekil 4.7.	Atık su arıtma tesisine giren sularda Ca, Mg, Na, K, NH ₄ ve Total N miktarlarının zamansal değişimi	65
Şekil 4.8.	Atık su arıtma tesisine giren sularda CO ₃ , HCO ₃ , Cl ve SO ₄ miktarlarının zamansal değişimi	65
Şekil 4.9.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda askıda katı madde (AKM) miktarlarının zamansal değişimi	69
Şekil 4.10.	Atık su arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan su örneklerinde AKM miktarlarının kıyaslanması	69
Şekil 4.11.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda BOİ ₅ ve KOİ miktarlarının zamansal değişimi	70
Şekil 4.12.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda pH değerlerinin zamansal değişimi	72
Şekil 4.13.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda EC değerlerinin zamansal değişimi	73
Şekil 4.14.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda SAR değerlerinin zamansal değişimi	74
Şekil 4.15.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda Ca, Mg, Na, K, NH ₄ ve Total N değerlerinin zamansal değişimi	75
Şekil 4.16.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda CO ₃ , HCO ₃ , Cl ve SO ₄ değerlerinin zamansal değişimi	76
Şekil 4.17.	Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda kimi ağır metallerin miktarlarının zamansal değişimi	77
Şekil 4.18.	Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem pH değerlerinin değişimi	78
Şekil 4.19.	Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem AKM miktarlarının değişimi	79
Şekil 4.20.	Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem KOİ ve BOİ ₅ miktarlarının değişimi	79
Şekil 4.21.	Bütün konulara göre 2011 yılında pamuk kütlü verimi	83
Şekil 4.22.	Konulara göre kütlü pamuk verimi (2012)	85
Şekil 4.23.	Sulama uygulamalarına göre kütlü pamuk verimi (2012)	86

Şekil 4.24. Deneme konuları ve yıllara göre pamuk bitkisinin bitki boyu gelişimi.....	87
Şekil 4.25. Deneme konularında çırçır randımanı (2011).....	90
Şekil 4.26a. Ana konulara (gübre) göre çırçır randımanı (2011).....	91
Şekil 4.26b. Alt konulara (sulama suyu) göre yılında çırçır randımanı (2011)	91
Şekil 4.27. Atık su ve gübre düzeylerine göre 2012 yılı çırçır randımanı	91
Şekil 4.28a. Ana konulara (gübreleme) göre çırçır randımanı (2012).....	92
Şekil 4.28b. Alt konulara(sulama suyu) göre çırçır randımanı (2012)	92
Şekil 4.29. Deneme konuları ve yıllara göre fotosentez değerleri	108
Şekil 4.30. Deneme konuları ve yıllara göre bitkilerde klorofil (SPAD) okumaları	109
Şekil 4.31. Alt konulara (sulama suyu)göre pamukta 2011 yılı bitki su tüketimi değişimi	111
Şekil 4.32. Ana konulara (gübre uygulamaları) göre pamukta 2012 yılı bitki su tüketimi değişimi	112

SİMGELER VE KISALTMALAR

AKM	: Askıda Katı Madde
As	: Hacim Ağırlığı
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BOİ ₅	: Atık sularda 5 günde harcanan oksijen miktarı
ÇKM	: Çözünmüş Katı Madde
ÇO	: Çözünebilir Oksijen
DİSKİ	: Diyarbakır su ve Kanalizasyon İdaresi
EC	: Elektriksel İletkenlik (Electrical Conductivity)
EMS	: En Muhtemel Sayı
ESP	: Değişebilir Sodyum Yüzdesi
EPA	: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
IPCC	: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
K	: Hidrolik İletkenlik
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LSD	: En küçük önemli fark (Least Significant Difference)
OM	: Organik Madde
RSC	: Artık Sodyum Karbonat
SAR	: Sodyum Adsorpsiyon Oranı (Sodium Adsorption Rate)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
SN	: Solma Noktası
SPAD	: Toplam Klorofil Birimi
TK	: Tarla Kapasitesi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu 2000 yılında 6 milyar iken, 2011 yılında yaklaşık 6,97 milyara ulaşmış ve yakın gelecekte de bu sayının hızla artacağı tahmin edilmektedir (Anonymous, 2012). Nüfusta meydana gelen bu artış, tüketim sektöründe de özellikle insanların artan yaşam standartlarına bağlı olarak yeterli ve temiz içme suyu, lif ve besin talebinin de artmasına neden olmuştur.

Pamuk bitkisi de, hem lif hem de yağ bitkisi olması nedeniyle insan yaşamı için son derece önemli bir endüstri bitkisidir. Lifi ile tekstil sanayinin, çekirdeğinden elde edilen pamuk yağı ile bitkisel yağ sanayinin, kapçık ve küspesi ile yem sanayinin, ayrıca kısa lifleri (linter) ile de selüloz sanayinin ham maddesini oluşturmaktadır.

Dünyada ortalama 33 milyon hektar alanda pamuk üretimi yapılmaktadır. Dünya pamuk ekim alanlarının en fazla olduğu ülke, ortalama 9 milyon hektar alan (% 27) ile Hindistan'dır. Bunu sırasıyla Çin, ABD, Pakistan, Özbekistan, Brezilya ve Türkmenistan izlemektedir. Türkiye ekim alanlarına göre sekizinci sırada yer almaktadır (Eralp, 2012).

Türkiye'de pamuk ekim alanlarının son yıllarda azaldığı gözlenmektedir. Pamuk ekim alanlarında görülen bu azalmanın en önemli nedenleri, son yıllarda pamuk fiyatlarının düşük seyretmesi ile özellikle işçilik ve girdi maliyetlerinin yüksekliğidir. 2010 yılında, Türkiye'de 420 bin ha alanda 638 bin ton pamuk lifi üretimi yapılmış olup, ortalama lif verimi ise 1520 kg /ha'dır. Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahip olan pamuğun yoğun olarak üretildiği dört bölge vardır. Bunlar; Ege, Çukurova, Güney Doğu Anadolu ve Antalya'dır. Türkiye'de Ege, Çukurova ve Antalya bölgelerinde pamuk tarımının geçmişi oldukça eski olmasına rağmen, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sulama olanaklarının gelişmesi ile bu bölgede üretim alanları artmış ve pamuk üretiminde ön plana çıkmıştır. 2010 yılı pamuk üretim sezonunda Türkiye'nin toplam pamuk üretiminin yaklaşık % 55'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiştir. Bu bölgeyi sırasıyla Çukurova (% 27), Ege (% 18) ve Antalya Bölgeleri (% 1) izlemiştir (Anonymous, 2013a).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Türkiye pamuk ekim alanları içindeki payı 1980/81 sezonunda %8 iken, 2010'da %56'ya yükselmiştir. Ekim alanlarındaki bu artışın birinci nedeni GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi)'in devreye girmesidir. Bölgedeki üretim ve verim de ekim alanlarına paralel olarak artmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en fazla pamuk ekim alanına sahip olan iller Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Adıyaman Gaziantep ve Şırnak'tır. Bölgede 2010'da 236 bin ha alanda 349 bin ton lif üretimi yapılmıştır. Ortalama pamuk lif verimi 1273 kg ha^{-1} olarak gerçekleşmiştir (Anonymous, 2013a). Diyarbakır ilinde 2013 yılında 418 bin ha alanda 197 835 ton kütlü pamuk üretimi yapılmıştır (Anonymous, 2013d). Bu nedenle araştırmanın yapıldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ülkemizin ulusal ekonomi ve ihracat yönünden en önemli pamuk yetiştirme bölgesidir.

Pamuk tarımında verimi; çevre koşulları, çeşidin genetik potansiyeli, yetiştirme teknikleri ve sulama belirlemektedir. GAP Master Plan'da önerilen ürün deseninde pamuk için % 34,3'lük bir ekim alanı planlanmıştır. Ancak Harran Ovası'nda gerçekleşen pamuk üretimi alanı % 80'e ulaşmıştır (Bilgel ve ark. 2005). Ayrıca Diyarbakır'da, DSİ sulama sahalarında pamuk bitki deseni içerisinde 2004 yılında ortalama % 52, 2005 yılında ise % 45 olarak gerçekleşmiştir. Hatta bazı sulama şebekelerinde pamuk yetiştiriciliği % 100'e kadar yükselmiştir (DSİ, 2007).

Dünyada ve ülkemizde su kaynakları artan talebe göre kısıtlıdır. Bu nedenle başta Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) olmak üzere, diğer uluslar arası kuruluşlar (Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu...) "her damla suya karşılık daha fazla üretim veya verim" sloganı ile su kaynaklarının etkin kullanımının son derece önemli olduğunu ve bunun sağlanması için de mikro sulama yöntemlerinin yaygınlaştırılmasının önemi vurgulanmıştır. Ayrıca Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (WWF) "Akdeniz'de Kuraklık" raporuna göre, içinde Türkiye'nin de bulunduğu Akdeniz Havzası'nda kuraklığın iki ana nedeninden birisinin tarımda yanlış sulama teknikleri diğerinin ise global ısınma olduğu belirtilmektedir (Tamer, 2006).

Alcamo ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada, altı Avrupa ülkesinin 2070 yılı için iklim değişikliği nedeni ile su tüketimindeki artışı tahmin etmişlerdir. Fransa, İspanya, İtalya, Yunanistan, Ukrayna ve Türkiye'yi de içine alan bu çalışma

da özellikle ülkemiz için çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Araştırma sonucuna göre ele alınan bu altı ülke içinde iklim değişikliğinden oluşacak su kullanımı açısından en çok etkilenecek ülkenin Türkiye olacağı saptanmıştır. Hükümetler Arası İklim Değişimi Paneli (IPCC) (2001) Küresel İklim Modelleri ile yaptığı projeksiyonlara göre, 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmının oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girebileceğini bildirmiştir. Önal (2007)'un elde ettiği sonuçlara göre, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıktaki artış 2.5 ile 4 °C arasında olabilecektir. Yağış açısından önemli değişikliklerin yaşanacağı, özellikle kış aylarında ülkemizin Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yağışların % 20-50 arasında azalacağı tahmin edilmektedir (Kadıoğlu, 2008). Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yapılan araştırma sonuçları global sıcaklık artışına bağlı olarak günlük ortalama ve maksimum sıcaklıkların arttığını göstermektedir (Şen ve Ark., 2006). İklimdeki global değişim sıklıkla daha yüksek sıcaklıklar ve yağış değişimlerini beraberinde getirecektir (IPCC, 1990). Dünya'da ve ülkemizde küresel ısınma konusunda yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin bulunduğumuz bölgenin su kaynaklarının üzerinde kısıtlayıcı bir rol oynayacağını göstermektedir (Fıstıkoğlu, 2008).

İklim değişikliğinde olduğu gibi küresel değişimlerin de sorumluları olan nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, artan gelir, yaşam standartlarının değişimi, su ve enerji talepleri, gelişmiş ülkelerde atık su karakteristiklerini de belirlemektedir. Bu durum, dünya genelinde tarım ve sulama yatırımlarının azalması, ürün veriminde düşüşler, biyoçeşitliliğin azalması, halk sağlığı için riskler, toprak tuzluluğu, arazi bozunumu, arazi kullanımı ve toprak örtüsündeki değişiklikler ile su kısıtlılığını getirmektedir (Molden, 2007). Gelecekte nüfus artışı ve su kısıtı nedeniyle global gıda güvenliği büyük riskler taşıyacaktır (Hanjra ve Qureshi, 2010). Su kısıtı ve nüfus artışı birçok ülkede atık suların yeniden tarımsal ve diğer kullanımlar için itici bir güç oluşturmaktadır (Scheierling ve ark, 2010). Ayrıca düşük gelirli toplumlar geçim ve gıda güvenliği için bu su kaynaklarının bir güvence olacağını düşünmektedir (Ensink ve ark., 2004). Bu insanlar sulama için atık su kullanımının ekonomik faydalarından ötürü çevre ve sağlık risklerini kabullenmişlerdir (Wichelns ve Drechsel, 2011). Ancak atık sular hem bir kaynaktır, hem de bazı sorunları beraberinde getirmektedir (Rutkowski ve ark., 2007). Örneğin, gübre ve enerji

korunumu ve su miktarı açısından düşünüldüğünde çiftçilere olduğu gibi çevreye de doğrudan fayda sağlamaktadır. Atık su ile sulama bitkilere ucuz yoldan bitki besin maddesi sağlayabilir, su kısıtlılığını hafifletebilir, enerji maliyetlerini azaltabilir ve böylece çevreye karbon salınımı azaltılabilir (Dawson ve Hilton, 2011). Bununla birlikte aşırı gübreleme (Kalavrouziotis ve ark., 2008), patojenler (Kazmia ve ark., 2008), tuzlar ve ağır metaller (Li ve ark., 2008) gibi nedenlerden ötürü çevre ve sağlık üzerine olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu nedenler insan sağlığı (Toze, 2006), biyogüvenlik (Feldlite ve ark., 2008), toprak ve yer altı su kaynakları (Khan ve ark., 2008; Walker ve Lin, 2008), doğal ve yapay çevre (Rongguang ve ark., 2008) üzerine olumsuz etki edebilir.

Bu araştırmanın yürütüldüğü Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde de 2008 yılında yaşanan kuraklık nedeniyle, özellikle Dicle nehir havzasında ve diğer alt havzalardaki akımlarda ve barajlardaki doluluk oranı önemli derecede azalmıştır. Bu durum yoğun sulamaların yapıldığı başta pamuk ekili alanların kısıtlanmasına ve eksik sulama stratejilerinin de uygulanmasına neden olmuştur. Temiz su kaynakları, hem kıt olması hem de insanlar tarafından kirletilmesi nedeni ile yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu nedenle evsel atık suların farklı amaçlar için tekrar kullanımı önemli bir konu haline gelmiştir.

Günümüzde hem global ısınma nedeniyle su kaynaklarında meydana gelen azalma, hem de içme ve kullanma ile sanayide su talebinin artması, tarımsal su kullanımı üzerindeki rekabet ve baskının artmasına neden olmuştur. Çünkü su kullanım oranı tarımda halen çok yüksek (% 70-75)'tir. Ayrıca artan nüfusla birlikte insanların besin gereksinimi de göz önüne alındığında, yeni alanların sulamaya açılması devam etmektedir. Ayrıca ister dönemsel, ister genel iklim değişikliğine bağlı olsun, havzalardaki suyun azalması, tarımsal sulamada su gereksiniminin sağlanması için insanları temiz su kaynakları dışında başka suların (marjinal sular) kullanımına itmektedir.

Evsel atık sular sulamada dünyada geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha yaygın bir uygulamadır. Çoğu ülkelerde, su kaynaklarına olan arzı karşılayabilmek için, su sıkıntısı bulunmayan ülkeler de dahil olmak üzere, atık suyun arıtımı ve yeniden kullanımı çalışmaları

başlatılmıştır. Bu alanda ABD, İsrail, Batı Avrupa ve Avustralya gibi ülkeler ön plandadır (Miller, 2006). Ayrıca atık sularda organik madde ve bitki besleme açısından da bazı makro ve mikro elementlerin de bulunması bir avantaj olarak görülebilir (Masto ve ark., 2008). Birçok ülkede arıtılmış atık su ile yapılan araştırmalarda ürün veriminin arttığı görülmüştür. Örneğin, 20000 m³/ha/yıl sulama uygulamasında tipik olarak toplam 15 mg l⁻¹ azot ve 3 mg l⁻¹ fosfor ile yıllık besin elementi girdisi olan 300 kg ha⁻¹ azot ve 60 kg ha⁻¹ fosforun toprağa eklendiği saptanmıştır (Mara ve Cairncross, 1989). Pek çok çalışma (Abu-Sharar, 1996; Angin ve ark., 2005; Jones ve ark., 1993; Lehrs ve ark., 2008; Stevens ve ark., 2003) arıtılmış veya arıtılmamış atık suların kullanımının; toprağın yapısını iyileştirdiğini ve aynı zamanda tarımsal verimliliği arttırdığını göstermiştir.

Şehirlerde evsel atık suları günlük yaşamda önemli bir marjinal su kaynağıdır. Arıtma tesisi olan şehirlerde veya yerleşim yerlerinde tesislerin işletim durumlarına bağlı olarak, evsel atık suları ya yalnız fiziksel, ya da biyolojik ve kimyasal arıtma yapılarak doğal akış havzalarına bırakılmaktadır. Özellikle büyük yerleşim yerlerinde (şehirler) evsel atık suların miktarı küçümsenmeyecek düzeydedir. Arıtılmış olan bu suların tarımda kullanılması ile temiz olan su kaynaklarının kirletilmesinin de önüne geçilebilir.

Ayrıca, ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre, sulama suyunun kıt olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atık suların, sulama suyu olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir (Resmi Gazete, 2004).

Pamuk bitkisinin doğrudan insan beslenmesinde yer almaması, çok geniş alanlarda ekimi yapılması ve sulama suyu ihtiyacının nispeten fazla olması arıtılmış evsel atık sular ile sulanabilme potansiyelini ve olasılığını arttırmaktadır. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sulanan alanların % 40-100 gibi çok büyük bölümünde ekimi yapılan pamukta bu konuda bilimsel bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Öte yandan İTÜ Çevre Mühendisliği tarafından yapılan bir çalışma sonuçlarına göre, 12 atık su arıtma tesisinin 9'unda dolaylı olarak (akarsulara deşarj

sonucu) sulama yapılmaktadır. Bu tesisler Aksaray, Ankara, Eskişehir, Gaziantep (8000 ha), Kayseri, Ilgın, Ürgüp, Kozan, Yumurtalık'ta bulunmaktadır. Doğrudan sulama yapılan 3 adet arıtılmış atık su tesisi ise Iğdır, Kadınhanı ve Bor (5250 ha)'da bulunmaktadır (Arslan-Alaton ve ark., 2005). Ayrıca Orman ve Su İşleri Bakanlığı ile Hollanda hükümetinin ortak olarak Afyonkarahisar ilinde Eylül 2012'de başlattığı "Arıtılmış Evsel Atık Suların Tarımda Kullanımı Projesi" pilot proje olarak yürütülmeye başlanmış olup, pilot uygulamanın ardından ülke genelinde kullanılmak üzere genişletileceği belirtilmiştir. Bu proje kapsamında yeni teknolojiler ile dezenfekte edilen atık suyun tarımda kullanım olanakları üzerine çalışılacaktır (Anonymous, 2013b).

Dünyanın bir çok ülkesinde arıtılmış şehir atık suları agronomik olarak yetiştirilen bitkilerde (Feigin ve ark., 1984), bahçe bitkilerinde (Neilsen ve ark., 1991) ve özellikle pamukta (Day ve ark., 1974) başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise özellikle 1980'li yıllardan sonra kullanımı hızla artmıştır. İsrail'de 2002 yılı itibari ile damla sulama ile sulanan pamukta evsel atık su kullanım oranı % 85 gibi yüksek bir orana sahiptir (Levy, 2002). Ancak günümüzde aynı ülkede damla sulama ile sulanan pamuk bitkisinin tamamı evsel atık su ile sulanmaktadır. Ayrıca Almanya'da 100 yıldır atık su ile sulama yapılmaktadır. Dünyada yaklaşık 500 000 hektarın üzerinde alan atık su sulanmaktadır. Özellikle su kaynakların çok yetersiz olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde arıtılmış atık su kullanımı her geçen gün artmaktadır. Kuveyt'te sınırlı miktarda evsel atık sular tarımda kullanılmaktadır (Abdel-Jawed ve ark., 1999). Amerika Birleşik Devletleri'nde bir günde yeniden kullanılan atık su miktarının, belediyeler tarafından günlük üretilen toplam suyun % 7-8'inin oluşturan 98 milyon m³ arıtılmış atık su olduğu bildirilmiştir (Miller, 2006).

Avrupa Birliği ülkelerinde son 10 yıllık süreçte atık suların tekrar kullanımına yönelik 200'den fazla proje ile hızlı bir büyüme göze çarpmaktadır. Bu nedenle gelecek yıllarda su kaynaklarının hızla tükenmesi ve kirlenmesi göz önüne alındığında, bu suların tekrar kazanımı ve kullanımı önemli olacaktır (Üstün ve Solmaz, 2007).

Ülkemizde de, özellikle büyük şehirlerin çoğunda evsel atık suları genellikle fiziksel (mekaniksel) arıtmadan sonra yakınında bulunan büyük nehirlerle veya havzalara bırakılmaktadır. Bu nehirler önemli bir sulama suyu kaynağı olduğu için sulamada kullanılmaktadır. Diyarbakır ili de Güneydoğu Anadolu Bölgesinin büyük şehirlerinden birisidir. Büyükşehir Belediyesine bağlı bulunan Su ve Kanalizasyon İdaresi (DİSKİ) ve Dicle Üniversitesi Atık Su Arıtma tesisi halen fiziksel arıtma yaparak bu suyu doğrudan Dicle nehrine vermektedir. Ancak DİSKİ bünyesinde 2012 yılı sonunda temeli atılan ileri biyolojik arıtma tesisinin çalışmaları hızla devam etmektedir. Halihazırda ikincil arıtma yapılmayan ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin standartlarına uygun olarak arıtılan bu atık su, Dicle Nehrine ulaşmadan önce ve Dicle Nehrine karıştıktan sonra da bazı çiftçiler tarafından doğrudan yüzey sulama ile sebze dahil çeşitli bitkilerin sulanmasında kullanılmaktadır (Anonymous, 2008).

Bu araştırma ile, iki yetiştirme mevsiminde (2011–2012), drenaj tipli lizimetre benzeri tanklarda, fiziksel olarak arıtılmış evsel atık suların pamuk sulamasında kullanım olanaklarının araştırılması, pamukta verim ve kaliteye olan etkisinin belirlenmesi, evsel atık suların toprakta kirlilik oluşturma riskinin belirlenerek, karşılaşılabilecek sorunların ve çözüm önerilerinin oluşturulması, evsel atık suların kullanımının bitkinin gübreleme gereksinimine etkisinin olup olmadığının belirlenmesi ve mevcut fiziksel (mekaniksel) arıtma tesislerinde atık suyun tarımsal sulama kullanımına yönelik nasıl bir işletme ve yeni önlemler alınması gerektiğine ışık tutmak amacı ile yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Atık Su ile İlgili Kalite Standartlarının İrdelenmesi

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular, maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ile cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey ve yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda meydana gelen sular atık su olarak adlandırılır (Kanber ve ark., 1992). Evsel atık sular; askıda, koloidal ve çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler içerir. İklimsel koşullar, insanların yaşam düzeyleri ve kültürel alışkanlıkları, atık su özelliğini önemli ölçüde etkiler. Şehir kanalizasyon şebekesine endüstriyel atık suların kabulü, mevcut evsel atık su özelliklerini büyük oranda değiştirir. Derişimler kişi başına günlük su kullanımı değerlerine bağlı olarak da değişir. Dolayısıyla atık su özellikleri sadece şehirden şehre değil, ele alınan her bir yerleşim birimi için mevsimsel hatta saatlik değişkenlik gösterir (SKKY, 2004).

Avrupa’da az sayıda ülke atık suyu ıslah etme ve yeniden kullanmaya ilişkin yönergeler ve kurallara ihtiyaç duymaktadır. Bunun birinci nedeni genellikle suyun yeniden kullanılmaması ve nehirlerin yeterince seyreltme faktörüne sahip olmasıdır. Gelişmekte olan birçok ülkede ise çoğunlukla bu kanunlar, çiğ olarak tüketilen sebzelerin veya genel olarak yenebilen bitkilerin sulanmasında atık suyun kullanımını yasaklamakta, sulama ve ürün hasadı arasında minimum bir zaman aralığı talep etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) atık su kullanım potansiyelini ve risklerini fark etmiş ve bu amaçla atık suyun güvenli şekilde kullanımına ilişkin yönergeler geliştirmiştir (Yurtseven ve ark., 2010).

1989’da hazırlanan yönergelerde WHO, daha önceleri bu konuyla ilgili belirlenen standartların, halkın sağlığını koruma anlamında gereğinden fazla yüksek standartlar olduğunu belirtmiş ve atık suyun topraktaki kullanımına pek değinmemiştir. Genellikle insan ve halk sağlığı üzerinde odaklanan WHO yönergelerine karşı olarak, FAO suyun sulama için elverişliliğini değerlendirecek yeni bir alan geliştirmiştir. Verilen yönerge değerleri suyun kullanımıyla ilgili

kısıtlamalardaki tuz miktarı, topraktaki suyun filtreleme oranı, spesifik iyon toksikliği ve diğer bazı etkiler gibi potansiyel problemlere değinmiştir. Yönerge, çiftlik ve proje yöneticilerine, danışmanlara ve mühendislere suyun kalitesiyle ilgili problemlere ilişkin rehberlik sağlamak amacıyla hazırlanmıştır (Özoğuz, 2008).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi yüksek sıcaklık ve düşük bağıl neme sahip kurak bölgelerde, toprak suyunun buharlaşma hızı yüksek olmaktadır. Bu durum, sulamaya bağlı olarak toprak profilinde tuz birikimine neden olacağından, sulama suyu kalitesi oldukça önemlidir.

Bir suyun sulama yönünden elverişliliğinin tayini için en önemli özellikler ise;

- Çözünebilir tuzların toplam konsantrasyonu,
- Sodyum ve diğer katyonların nispi oranı (SAR),
- Bor ve buna benzer toksik elementlerin konsantrasyonu,
- Kalsiyum ve Magnezyum,
- Anyonlar (klor, sülfat, nitrat),
- Toplam katı madde, organik madde yükü, yağ ve gres gibi yüzen madde miktarı,
- Patojen mikroorganizmaların miktarıdır (EPA, 1992; Rowe, 1995).

Ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre atık suların tarımda kullanımına ilişkin teknik sınırlamalar ve prensipler ise Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Atık suların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar (Anonymous, 1991)

Tarım Türü	Teknik Sınırlamalar
Meyvecilik ve Bağcılık	- Yağmurlama metodu ile sulama yasaktır.
	- Yere düşen meyveler yenmemelidir.
	- Fekal koliform sayısı 1000/100 ml
Elyafly Bitki ve Tohum Üretimi	- Salma veya yağmurlama sulama yapılabilir.
	- Yağmurlama sulamada biyolojik olarak arıtılmış ve klorlanmış atık sular kullanılabilir.
	- Fekal koliform 1000/100 ml
Yem Bitkileri, Yağ Bitkileri, Çiğ Yenmeyen Bitkiler ve Çiçekçilik	- Salma sulama, mekanik arıtılmış atık su

Ayrıca, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sulamada kullanılacak atık suların kalite sınıfları Çizelge 2.2'de ve toprak özelliklerine göre izin verilen ağır metal içerikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (Anonymous, 1991)

Kalite kriterleri	Sulama suyu sınıfı				
	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
$EC_{25} \times 10^6$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) meq l ⁻¹ mg l ⁻¹	> 1.25 < 66	1.25-2.5 66-133	> 2.5 > 133		
Klorür (Cl ⁻), meq l ⁻¹ mg l ⁻¹	0-4 0-142	4-7 142-249	7-12 249-426	12-20 426-710	> 20 > 710
Sülfat (SO ₄ ⁼) meq l ⁻¹ mg l ⁻¹	0-4 0-192	4-7 192-336	7-12 336-575	12-20 575-960	> 20 > 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg l ⁻¹)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg l ⁻¹)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
Sulama suyu sınıfı *	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	-
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg l ⁻¹	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform ** 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000
BOİ ₅ (mg l ⁻¹)	0-25	25-50	50-100	100-200	> 200
Askıda katı madde (mg l ⁻¹)	20	30	45	60	> 100
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	< 6 veya > 9
Sıcaklık	30	30	35	40	> 40

Çizelge 2.3. Sulama sularında izin verilen ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Anonymous, 1991)

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumun da sınır değerler, mg l ⁻¹	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg l ⁻¹
Alüminyum (Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Berilyum(Be)	90	0.1	0.5
Bor (B)	680	-	2.0
Kadmiyum (Cd)	9	0.01	0.05
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Lityum (Li) ¹	-	2.5	2.5
Mangan (Mn)	920	0.2	10.0
Molibden (Mo)	9	0.01	0.05 ²
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum (Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

¹Sulanan narenciye için 0.075 mg/l'dir.²Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

Atık sularının sulamaya elverişli olan sektörler için örnek olarak; konserve, süt ürünleri, şeker, meşrubat, bira, gübre ve kâğıt endüstrisi ile evsel atık sular verilebilir. Yağ, petrol ürünleri, solvent, ağır metal ve toksik madde içeren atık su üreten endüstrilerinin atık sularının ise tarımsal sulamada kullanılması önerilmemektedir (Arceivala, 2007). Ayrıca, atık suların kapalı sulama sistemlerinde, özellikle basıncın yetersiz olduğu noktalarda sulama sisteminin tıkanmasına, sulama sularının içerdiği organik ve inorganik askı maddeleri, suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi, mikroorganizma faaliyeti sonucu oluşan ürünler ve gübreleme faaliyetleri ile oluşabilecek çökelmeler sayılabilecek olumsuzluklar arasındadır (James, 1988). Ca, Mg ve HCO_3 iyonlarının yüksek konsantrasyonları, yüksek pH ve sıcaklık kimyasal tıkanmaya neden olan faktörlerdir. Kapalı sulama sistemlerinde kullanılan sulama sularının pH değerinin 6.0-6.5 civarında olması önerilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991). Atık suların niteliğine göre farklı miktarlarda farklı besin elementleri içerdiği bilinen bir gerçektir. Bu durum kimyasal gübre kullanımının azaltılması hususunda olumlu etkiler yapsa da, özellikle damla sulamada kullanılan pH değerinin 7.5'tan büyük olması ve yüksek düzeyde Ca ve Mg içermesi durumunda CaCO_3 ve MgCO_3 şeklinde çökelmelere neden olduğundan tıkanmalar olabilmektedir (Şahin ve ark., 1998).

2.2. Atık suların İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Kentsel atık suların insan sağlığı ve çevre duyarlılığı nedeniyle güvenli ve yararlı bir şekilde uzaklaştırılma gerekliliği, kentsel toplumların önemle üzerinde durdukları önemli bir konudur. Atık suların uygun bir strateji ile kontrollü olarak tarımda kullanılması, bu suların uzaklaştırılması için yararlı bir yöntem sunmaktadır. Ayrıca, atık suların kullanılması, iyi kaliteli suların sulama dışındaki kullanım amaçları için korunmasını da sağlamaktadır. Kentsel atık suların uygun stratejilerle yeniden kullanımı ile yerüstü su kaynaklarının kirlenmesi önlenmiş olacaktır. Bu sayede sadece değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmayacak aynı zamanda, atık suların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde avantaj sağlayacaktır. Öte yandan, atık suların sulamada kullanılması ile bitki yetiştiriciliği

için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik aktiviteleri artmaktadır (Pescod, 1992; Toze, 2006).

Atık sulara bulunan organik maddeler arasında; karbonhidratlar, lignin, yağlar, sabun, sentetik deterjanlar, proteinler ve bunların ayrışmasından oluşan ürünler ile çeşitli doğal ve sentetik organik kimyasallar yer almaktadır. Kanalizasyon sistemleriyle toplanan kentsel atık sular içerisinde, gerek evsel gerekse de endüstriyel kaynaklı çeşitli inorganik maddeler de bulunmaktadır. Özellikle endüstriyel atık sular kanalizasyon sistemine verilmesi durumunda arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, cıva, çinko gibi toksik etkiye sahip inorganik maddeler içerebilirler. Toksik kimyasalların konsantrasyonu insan sağlığını etkilemeyecek düzeyde olsa bile, bitkiler üzerinde toksik etkide bulunabilirler. İnsan sağlığı yönünden bakıldığında, atık suların tarımsal sulamada kullanımında dikkat edilmesi gereken en önemli kirleticiler patojen mikroorganizmalardır (Pescod, 1992).

Kentsel atık suların yaratmış olduğu en büyük sorunlardan biri, önemli sağlık problemleri ortaya çıkmasına neden olan, tek hücreli veya çok hücreli patojenik organizmalardır. Birçok araştırmacı tarafından kentsel atık sulara bulunan patojen (hastalık yapıcı) mikroorganizmalar; virüsler: *Entroviruses*, Bakteriler: patojenik *E. coli*, *Salmonella* ssp, *Shigella* ssp, *Vibrio cholerae*, Protozoalardan *Entamoeba histolytica* ve bağırsak kurtlarından; *Ascaris lumbricoides*, *Schistosoma mansoni* ve *Trichuris trichiura* olarak belirtilmiştir (Uyanöz, 1998).

Gür ve ark, (1996), Konya kenti kanalizasyon suları ile sulanan topraklarda *Somonellai shigella*, *E. coli*, *Entrobacter* ve *Klebsiella* gibi patojen mikroorganizma sayılarının sulanmayan topraklara oranla arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Uyanöz (1998), Konya kenti atık suları ile yaptığı çalışmasında *Mycobacterium* ssp ve pek çok mikro fungus, protoza ve nematod saptamıştır.

Tarımsal sulama için suların yeniden kullanılması ile ilişkilendirilen birçok risk etmeni bulunmaktadır. Bazı risk etmenleri, kısa sürede etkili olur ve ortaya çıkan etkinin şiddeti insanların, hayvanların veya mikrobiyal patojenler gibi çevresel temas potansiyeline bağlı olarak değişir. Diğer risk etmenleri ise daha uzun sürelerde ve arıtılmış suyun sürekli kullanılmasıyla artan (toprak tuzluluğu, toksik kimyasalların etkileri gibi) etkilere sahiptir (Toze, 2006).

Atık sular arıtılmadan kullanıldığında veya arıtılmış sular gerekli sağlık standartlarını sağlamadığında veya diğer koruyucu önlemler uygulanmadığında, atık su kaynaklı bazı patojenler enfeksiyona neden olmaktadır. Tarımsal ürün yetiştiriciliğinde atık suların arıtılmadan kullanılmasıyla bağlantılı olarak ortaya çıkmış salgın hastalıkların incelenmesiyle, tüketiciler için sağlık riski oluşturan patojenler helmithler, bakteriler ve virüsler sınıfında saptanmıştır (Çizelge 2.4).

Diyarbakır'da Hevsel Bahçeleri olarak adlandırılan ve genellikle sebze yetiştiriciliği yapılan alanlarda evsel atık sular, önceden hiç arıtılmadan kullanılmıştır. Burada yürütülen bir çalışmada, pişirilmeden yenen sebzeler ve tahıl sulaması için arıtılmamış atık suları kullanan çiftliklerin çalışanlarında Hepatit E enfeksiyonu riski araştırılmıştır. İşçilerin % 34,8'inde anti-HEV pozitif bulunduğu, kontrol grubunda ise bu oranın % 4,4 olduğu saptanmıştır (Ceylan ve ark., 2003).

Atık suların arıtılmadan, plansız ve kontrolsüz bir şekilde kullanılması ise hem sağlık hem de tarım açısından önerilmez. Tarımsal üretim için kullanılan arıtılmış atık su kalitesinin, hem bitkiler hem de tüketiciler üzerine etkileri konusunda endişeler ve bilinmeyenler bulunmaktadır. Su kalitesine ilişkin olarak atık suların içeriğindeki çözünmüş organik karbon ve sodyum konsantrasyonları, ağır metaller ile patojenler, ilaçlar ve endokrin sistemini bozan maddeler gibi kirleticiler üzerinde durulmaktadır (Toze, 2006).

Kimyasal içerikleri bakımından, atık suların tarımsal amaçlı kullanımını kısıtlayan asıl önemli sorun yüksek tuz konsantrasyonu ve Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} gibi iyonlardır. Çünkü kullanılmakta olan atık suları arıtma yöntemleri ile bu sorunlar giderilememektedir. Suların içerdiği anyon ve katyonları arıtmak için ters ozmos, membran filtrasyonu gibi arıtma yöntemleri gerekmektedir ki, bu da sulamada kullanılacak sular için çok pahalı olup ekonomik değildir. Patojen içeriklerinden kaynaklanan riskler ise uygun arıtma ve diğer risk yönetim stratejileri birlikte kullanılarak önlenabilmektedir. İlaçlar (analjezikler, kafein, kolesterol ilaçları, antidepresanlar, antibiyotikler) ve endokrin sistemini bozan maddeler (doğum kontrol ilaçları- estradiol bileşikler, bitki östrojenleri, böcek ilaçları, bifenoller ve ağır metaller gibi endüstriyel kimyasallar) gibi kirleticiler, özellikle içme suyu olarak insanlar tarafından kullanılan yüzey ve yeraltı su kaynaklarına karışırlarsa insan

sağlığı için tehdit oluşturlar. Arıtılmış atık suların, planlı ve kontrollü olarak sulamada kullanılması ile bu maddelerin temiz su kaynaklarına karışması da önlenmiş olur (Kukul ve ark., 2007).

Çizelge 2.4. Sulamada atık suların kullanılmasından kaynaklanan salgın hastalıkların incelenmesi sonucunda özetlenen sağlık riskleri (Carr ve ark., 2004a ve b)

Etkilenen Grup	Sağlık tehlikeleri		
	Nematod enfeksiyonu	Bakteriler/Virüsler	Protozoa
Tüketiciler	Artırılmış atık sular nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için ciddi Ascaris enfeksiyonu riski; yumurtaların hayatta kalmasına uygun koşullar olmadığı durumda, <1 nematod yumurta L-1 olacak şekilde arıtılan atık sular ile aşırı risk yoktur.	Artırılmış atık sular nedeniyle Kolera, tifo ve basilli dizanteri salgınları, Helicobacter phylori için pozitif sonuçlar bildirilmiştir; Fekal koliform 104/100 ml değerini aşan artırılmış sular kullanıldığında ishal vakaları artmıştır.	Atık sularla yüzeyleri ıslanarak sülenen sebzelere parazit protozoa kanıtları bulunmuştur; ancak hastalık yayılmasına ilişkin doğrudan kanıt yoktur.
Çiftçiler ve aileleri	Artırılmış atık sularla temas nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için, özellikle çocuklar için <1 nematod yumurta L-1'e kadar arıtılan atık sular ciddi Ascaris enfeksiyonu riski oluşturur; çalışanlarda kanca kurdu enfeksiyonu riski artar.	Fekal koliform 104/100 ml değerini aşan atık sularla temas eden çocuklarda ishal riski artar; artırılmış atık sularla temas eden çocuklarda Salmonella enfeksiyonu riski yükselir; kısmen artırılmış atık sularla maruz kalan yetişkinlerin kan değerlerinde Norovirüs etkileri artar.	Artırılmış ve artırılmamış atık sulara bağlı Giardiyazis riski önemsizdir. Artırılmamış atık sularla temas nedeniyle amipli dizanteri riski artış göstermektedir.
Yakın çevrede yaşayan halk	Yağmurlama sulama için Ascaris taşınımı çalışılmamış ancak, yoğun temas olması halinde karık veya salma sulama için risk yukarıda verilen gibi, yüksektir.	Enfeksiyon görülme sıklığının artması, toplam koliform 106 - 8/100 ml olan kötü kaliteli sularla yağmurlama sulama yapılması ve aerosol etkisi ile bağlantılıdır. Fekal koliform 104-5/100 ml olan kısmen artırılmış suların yağmurlama sulama ile kullanılması ise enfeksiyon artışı ile ilişkili değildir.	Atık sularla yapılan yağmurlama sulama süresince protozoa iletimine-taşımasına dair veri bulunmamaktadır.

2.3. Atık Suların Tarımsal Amaçlı Kullanımı

Temiz su kaynakları; nüfus artışı, küresel ısınma, bilinçsiz ve yanlış kullanımlar ile endüstriyel, evsel ve tarım sektörleri arasındaki su rekabeti nedeniyle miktar ve kalite olarak olumsuz etkilenmektedir. Su kaynaklarının tükenebilen kaynaklar olması su kıtlığına neden olan bir diğer önemli faktördür. Sayılan nedenlerden dolayı mevcut temiz su kaynakları yerine arıtılmış atık suların birçok ülkede tarımda kullanılması önem kazanmıştır. Ancak arıtılmış atık sular kullanılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus; yetiştirilen bitki için önerilen sulama suyu kalite sınıflamasına uygun olmasıdır. Yapılan çalışmalar daha çok bitki verimi, toprak ve yer altı sularında uzun vadede oluşabilecek kirlilikler, bitki bünyesine alınabilen ağır metaller ve insan ve çevre sağlığına olan etkilerin araştırılması yönündedir. Ulusal sulama suyu kalite standartları 1991 (Anonymous, 1991) yılından bu yana yürürlükte olmasına rağmen, Türkiye’de su kıtlığı ile önemli düzeyde yüz yüze gelinmediğinden dolayı, arıtılmış atık suların yeniden kullanımı öncelikli olarak gündeme gelmemiştir. Yakın gelecekte, Türkiye için atık suyun yeniden kullanımı en önemli çevresel konu halini alacaktır (WHO, 2006).

Toprak ve suyun korunmasında atık suların sulamada kullanılması çok eski bir fikir olup, benimsenmiştir. Atık suların tarımsal sulama amaçlı kullanımı ilk olarak 1865 yılında İngiltere’de ortaya konulmuştur. 1800’lü yılların sonlarına doğru atık suların sulama amaçlı kullanımı Avrupa’nın diğer ülkelerinde de yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin 1904 yılı itibarıyla Paris’te 5 300 ha alan atık su ile sulanmıştır. 1945 yılından sonra atık suların sulama amaçlı kullanımı, yerüstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi ve kurak ve yarı kurak bölgelerde su kaynaklarının artırılması ile çok daha fazla önem kazanmıştır (Shuval, 1990).

Kotlik (1998), Arjantin’de arıtılmış atık suyun kullanımının, tarımsal alanların sulanması amacıyla 20. yüzyılın başlarında başladığını ve 3 640 ha orman, bağ, zeytin, yonca, meyve ağaçları gibi ürünlerin arıtılmış atık su ile sulandığını bildirmiştir.

Japonya’da arıtılmış atık sular parklarda, golf sahalarında, yol temizlemede, araba yıkamada, yangın söndürmede ve nehirdeki akış hızını arttırmada kullanılmaktadır (Lazarova, 1999).

Brezilya’da atık suyun yeniden kullanımı ile ilgili plan ve projeler genellikle endüstri-sanayi alanındadır. Örnek olarak Sao Paulo Havalimanında günlük meydana gelen atık suyun yaklaşık % 43’ü arıtıldıktan sonra tuvaletler, soğutma sistemi, uçakların ve yerlerin yıkanması ve yeşil alanların sulanmasında kullanılmaktadır (EPA, 2004).

İsrail Dan Bölgesi, Tel Aviv’de 1994 yılından beri işletmede bulunan atık su tesisinin kapasitesi 120 milyon m³ yıl⁻¹’dır. Negev bölgesinde, tarla bitkileri (pamuk, tahıl vs.), meyve bahçesi, sebze ve kesme çiçekçilik üretimi yapılan 16 000 ha alan atık su ile sulanmaktadır. İspanya, Almaria’da 1997 yılında hizmete giren tesiste, 32 000 m³ gün⁻¹ kapasiteli kentsel atık su arıtımı yapılmaktadır. Arıtılmış atık su ile 3 000 ha alanda meyve-sebze tarımı yapılmaktadır. Ürdün’de ise JUST ve Wadi Hassan pilot projeleri; 2003 yılından beri hizmet vermektedir. JUST tesisinin kapasitesi 1000 m³ gün⁻¹ iken, Wadi Hassan tesisinin kapasitesi 600 m³ gün⁻¹’dür. Elde edilen arıtılmış atık sular ile 9 500 ha alanda meyve bahçesi ve yem bitkileri sulanmaktadır (Yurtseven ve ark., 2010).

Baier ve Fryer (1973), sulama suyu kaynağı olarak sadece atık suyu kullanan çiftçilerin gübre uygulama zamanı üzerindeki kontrolü kaybedeceğini ve bunun sonucunda da toprakta daha fazla azot birikeceğini ifade etmişlerdir. Bazı durumlarda, özellikle bitki çok yıllıksa, bitkiye herhangi bir kaynaktan çok fazla seviyede azot uygulanmasının pazarlanabilir ürün verimini her zaman olmamakla birlikte azaltılabileceğini, olgunlaşma tarihini geciktirebileceğini ve meyve büyüklüğünü küçültebileceğini vurgulamışlardır.

Day ve ark. (1974) arıtılmış şehir atık suyu ile sulanan bitki boyu ve her bitkideki sap sayısı, kuyu suyu ile sulanan ve önerilen NPK gübre dozunun uygulandığı konu ile aynı olmuştur. Saman verimi atık su ile sulanan konularda daha yüksek olmuştur. Şehir atık sularının sulamada etkin bir şekilde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Oron ve DeMalach (1987) İsrail’de evsel atık su ile damla sulama koşullarında, atık su $5500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve bunun % 80 düzeyi uygulanmıştır. Maksimum kütlü pamuk verimi $7\,000 \text{ kg/ha}$ ile çift sıralı ekim sisteminde haftada 2 kez sulama ile elde edilmiştir. Aynı ekim sisteminde, haftada 1 ve her gün sulamada ise $6\,040 \text{ kg ha}^{-1}$ verim elde edilmiştir. Geleneksel sıra aralığı ve haftada 1 sulamada verim $6\,016 \text{ kg ha}^{-1}$ olmuştur. Belirtilen verimlerin alınmalarında hiçbir ticari gübre kullanılmamıştır.

Tuna ve Bürün (2003), Muğla ilinde ağır metal kapsamayan evsel atık suları kireçle stabilize edildikten sonra mısır bitkisi yetiştirilmesinde kullanmışlar ve bitkinin mineral beslenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; toprağın pH, toplam tuz, organik madde, kireç gibi özelliklerinde olumsuz bir değişiklik olmamış, P_2O_5 ve K_2O kapsamaları artmıştır. Mısır bitkisine artan dozlarda uygulanan evsel atık sular, bitkinin makro ve mikro besin düzeyini arttırmıştır.

Karataş ve ark., (2005), İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine, Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu amaçla biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatür ışığında irdelenmiştir. Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun toplam tuz, Elektriksel İletkenlik (EC), Çözünmüş Katı Madde (ÇKM), Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) ve klor (Cl) açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Yağmur ve ark., (2005) şehir atık su çamurunun mercimek verimine etkisini araştırmışlardır. Dekara 2-3 ton atık çamuru kullanılması ile dekara 2 kg N ve $5 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ gübre kullanımına eşdeğer bir etki ettiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak atık çamuru mercimek verimini önemli düzeyde arttırmıştır.

Aşık ve Katkat (2005), Bursa’da bulunan bir gıda sanayi arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağını araştırmışlardır. Bu amaçla atık su analiz değerleri 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayınlanan “Su Kirliliği

Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği”nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada; arıtma tesisinden bir üretim periyodu boyunca belli zamanlarda alınan atık su örneklerinde, pH ve EC başta olmak üzere HCO_3 , CO_3 , Cl , SO_4 , B, Na, K, Ca, Mg, BOI_5 , KOI , AKM ve kimi analizler yapılmıştır. Arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak C_3S_1 (yüksek tuzlu) ve C_4S_2 (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, analizleri yapılan suyun yüksek ve çok yüksek tuzluluk tehlikesine sahip olması nedeniyle, sulama amaçlı kullanılmak istenilmesi halinde, dikkatli olunması gerekmektedir. Ülkemizde ortaya çıkan bu tür atık suların sulama suyu açısından alternatif yaratabileceği, ancak kullanımı durumunda, sulama ile birlikte tuz birikimine bağlı olarak, toprağın tuz içeriğindeki değişim ve bitki gelişimi üzerine etki bakımından, tuzluluğa hassas bitkilerin sulanması durumunda sorunların ortaya çıkabileceğini vurgulamışlardır.

Üstün ve Solmaz (2007) organize sanayi atık suların kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemleri ile tarımsal amaçlı su kullanım standartlarını aşan kirletici parametreler üzerinde giderim verimlerini tespit etmişlerdir. Belirtilen işlemler sonucunda atık suyun kalitesinin tarımsal amaçlı sulama suyu kalitesine ulaştığı belirtilmiştir.

2.4. Atık Su Kullanımının Toprak ve Bitkilere Etkisi

Arıtılmış atık suların tarımsal veya diğer amaçlarla kullanımı, alternatif su kaynağı yaratması yanında, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında kirliliğin önlenmesi ve gübre gereksinmesinin azaltılması gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak, atık sular çeşitli inorganik maddeleri ve patojenleri bulundurduğu için bitki yetiştiriciliği ve çevre sağlığı açısından önemli bir risk taşır. Bu nedenle atık suların sulamada kullanılmasında verimi, çevreyi ve insan sağlığını koruyacak önlemlerin alınması gerekir.

Sulama suyunun kalitesi oldukça önemli olmakla birlikte, kullanılan sulama yöntemi de hem verim hem de kalite parametreleri üzerine etki etmektedir. Ayrıca suyun bitki ile doğrudan temas etmesini önleyen kapalı sulama sistemlerinin kullanımı ile atık su bünyesinde bulunan mikroorganizmalar tarafından oluşabilecek kirlenme ve insan sağlığına olası zararlı etkilerinin de önüne geçilebilmektedir.

Atık su ile sulamada toprak yüzeyinde fecal coliform artarken, bitkilerde herhangi bir artış söz konusu olmamıştır (Mahasneh ve ark., 1989). Ancak atık suyun doğrudan bitkiye temas etmesi patojenlerin bitki üzerinde yaşamlarını sürdürmesine neden olur (Kirkham, 1986). Ayrıca, Fardous ve Jamjoum (1996) atık su ile sulanan mısır yapraklarında coliform ve fecal coliform sayısının arttığını tespit etmiştir.

Shahalam ve ark., (1998), atık suyun toprak, bitki ve çevreye olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarda yağmurlayıcılar vasıtasıyla atık su ve temiz su uygulanan yonca, turp ve domates bitkilerindeki verimler karşılaştırılmış ve gübre uygulanan her iki sulama suyuunda verimler arasındaki ilişki birbirlerine yakın bulunmuştur. Siltli tın toprakta çalışma boyunca önemli değişiklikler olmadığı, yalnız toprak porozitesinde ve tuzluluğunda bazı değişiklikler tespit edilmiştir.

Levy ve ark. (1998) temiz su kaynaklarının yetersiz olduğu yerlerde, evsel atık su kullanımının önemli olsa da, bazı potansiyel riskleri de beraberinde getirebileceğini belirtmiştir. Ayrıca biyolojik bulaşma ile birlikte toprak hidrolik özelliklerin bozulması da olabilir. Yapılan araştırmada kil, tın ve kumlu-tın bünyede 3 farklı bünyeye sahip toprakta, iyileştirilmiş evsel atık su ile yapılan kolon denemesinde, yoğun evsel atık su kullanımı ile toprağa giren organik madde, tınlıkum bünyeye sahip toprağın hidrolik iletkenliğini iyileştirilmiş, diğer bünyeye sahip toprakları ise etkilememiştir. Suda bulunan organik madde mevcudiyetinin toprak hidrolik iletkenliği üzerine önemli kalıcı bir etki yaptığının söylenemeyeceği belirtilmiştir.

Suyun sulamaya uygunluğu, içerdiği katı parçacıklar ve erimiş madde miktarlarına göre kararlaştırılır. Çünkü uygun bir şekilde drene edilen arazilerde sulama suyu niteliği, doğrudan toprağın niteliklerini etkiler (Kanber, 1999).

Toprağın hidrolik iletkenliğini etkileyen fiziksel özellikler içerisinde; hava gözeneklerinin sıkışması, sızan sudaki katı parçacıkların süzme aktivitesi üzerine

etkisi ve toprak agregatlarının parçalanması sayılabilir (Vandevivere ve Baveye, 1992). Tarchitzky ve ark. (1999), toprak geçirgenliğinin azalmasının toprak-su süspansiyonu içerisinde asılı halde bulunan katı parçacıklardan kaynaklandığını belirtmiştir. Vinten ve ark. (1983a, 1983b), atık suda bulunan kaba parçacıklardan siltli kil tekstüre sahip toprakların, kum ve kumlu tın tekstüre sahip topraklardan çok daha fazla etkilendiğini ve bunun hidrolik iletkenliği düşürdüğünü belirtmişlerdir. Çünkü materyal yüklü suyun toprak ile temas süresi arttıkça, özellikle kil tipine bağlı olarak geçirgenliğin azalması yani infiltrasyon hızının düşmesi yüzey akışa, toprak yüzeyinde göllenmelere ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde erozyona yola açabileceği belirtilmiştir.

Toprağın hidrolik iletkenliğini etkileyen kimyasal özellikler, kolloidal parçacıkların ayrışmasını ve toprakların şişme özelliğini ön plana çıkarır. Atık suların sodyum absorpsiyon oranı (SAR) genellikle normal sulama sularından yüksektir. Bu nedenle atık sular ile sulanan toprakların değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değeri yükselir (Bouwer ve Idelovitch, 1987; Tarchitzky ve ark., 1999). Pistol (1981), atık sularda bulunan organik maddelerin çözünabilir Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının bir kısmı ile bileşik oluşturulabileceğini ve bunun da sulama suyunun SAR değerini, dolayısıyla toprak çözeltilisinin SAR değerini arttırabileceğini belirtmiştir. Ayrıca atık sular ile sulanmış toprakların sodyumluluğu NH_4^+ ve K^+ değişimiyle ve birikmiş durumdaki $CaCO_3$ 'ün artan çözünürlüğü ile de etkilenebilir (Levy ve ark., 1986).

Gutierrez ve ark. (1995), Mexico City'de atık su uygulanan arazilerde ağır metal birikimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, atık su ile sulanan topraklarda ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerde Pb, Cd, Cu, Zn düzeylerinin kritik değerleri geçmediğini, ancak toprağın alt katmanlarında bu metallerin birikme eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, atık sulardaki tuz içeriği toprak tuzlulaşmasını tehdit ederken, yüksek organik madde ve pH değerleri de ağır metallerin çözünürlüğünü, alınmalarını ve taşınmalarını engellemekte olduğunu ortaya koymuşlardır.

Koç ve Kandemir (1996), Yeşilırmak'ın Almus- Erbaa kolu üzerinde bulunan yerleşim yeri ve endüstriyel sıvı atıkların, bazı kültür bitkilerinde, bitki boyu ve bitki ağırlıklarına olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir.

Al-Nakshabandi ve ark. (1997) evsel atık su kullanarak damla sulama ile patlıcanda yaptıkları çalışmada, atık suyun düşük ağır metal içeriğine sahip olmasına rağmen, toprakta tuz ve ağır metal birikimi kadar bitkilerde de besin elementleri ve ağır metallerin biriktiğini tespit etmiştir. Atık suyun filtrasyonu her ne kadar pratik değilse de, sistemde çok az tıkanma meydana gelmiştir. Bu küçük tıkanmalar asit ve klor kullanarak başarılı bir şekilde giderilmiştir.

Friedel ve ark., (2000), uzun yıllar atık sular ile sulanan Vertisol ve Leptosol topraklarda organik madde, mikrobiyal salgı ürünleri ve bunların aktivitesini incelemiştir. Leptosol topraklardan daha fazla atık su uygulanan Vertisollarda toplam organik karbon içeriğinin 80 yıl içerisinde 2,5 kat artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Toprakta organik madde birikiminin ne kirleticiler ne de mikrobiyal salgı ürünleri vasıtasıyla ortaya çıktığını bu birikimin atık suda yüksek oranlarda bulunan organik maddeden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Cao ve Hu (2000), atık sular ile sulanan çeltik yetiştirilen Paddy topraklarındaki Cu^{+2} birikimini incelemiştir. Çalışmada atık su ile sulanan topraklardaki bakır birikiminin $17,0 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ 'den $101,2 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ 'e çıktığını ve bu birikimin özellikle toprağın 0-10 cm'lik derinliğinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, çeltik bitkisinde Cu^{+2} birikiminin atık suyun Cu^{+2} içeriği ile ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca atık sudan kaynaklanan Cu^{+2} birikiminin çeltik verimini % 18-25 arasında düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Gori ve ark., (2000), süs çalırlarının büyüme ve besin elementi içeriği üzerine arıtılmış atık suyun etkisini inceledikleri çalışmada, her bitkiden 100'er adet kullanmışlar ve bunlardan 50 tanesine gübre uygulaması yapmışlardır. Gübre uygulamasının atık suyla birlikte etkinliğinin arttığını, ancak bu durumun türlere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sadeh ve Ravina (2000), yoğun tuz konsantrasyonu içeren atık su uygulamaları ile bitki verimi arasındaki ilişkiyi simülasyon modeli ile irdelemiştir. Araştırma sonucunda, tuz içeriği yüksek atık sular ile sulanan alanlarda toprak tuzluluğunun arttığını ve bu uygulamanın kışlık buğday bitkisinde verim düşüşüne neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Trooien ve ark. (2000) yüzey altı damla sulama sisteminde 5 farklı damlatıcı debisine sahip sistemde su kullanmışlardır. Filtreleme sistemi olarak 55 mikron (200 mesh) bir disk filtre, periyodik olarak da klor ve asit uygulaması yapılmıştır. Bir sezonda 530 mm, diğer sezonda ise 390 mm atık sulama suyu uygulanmıştır. Düşük damlatıcı debisine sahip konularda ($0,57$ ve $0,91 \text{ L h}^{-1}$) akış miktarı azalmış ve bazı damlatıcılarda tıkanma meydana gelmiştir. Bu damlatıcılarda debi, sırası ile birinci yıl % 15 ve % 11, ikinci yıl ise % 22 ve % 14 oranında azalmıştır. Daha yüksek debiye sahip damlatıcılarda ($1,5$, $2,3$ ve $3,5 \text{ L h}^{-1}$) çok az tıkanma belirtileri görülmüştür. Her iki yetiştirme sezonunda da bu damlatıcılardaki debide yaklaşık % 4 oranında azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, disk filtre ve otomatik geri yıkamanın bu işletim koşullarında yeterli olacağı sonucuna varılmıştır. Bu gibi marjinal su kullanımında çok küçük debili damlatıcı yerine, daha yüksek debili damlatıcı kullanımı önerilmiştir.

Van Der Hoek ve ark. (2001), Pakistan’da farklı sürelerle atık su ile sulanan (35 yıl ve 2 yıl) ve atık su ile sulanmayan alanlarda ağır metal birikimi açısından yaptıkları karşılaştırmada, 35 yıldır atık su ile sulanan alanlarda Pb ve Cu birikiminin diğer alanlara göre daha fazla olduğunu ve 0-5 cm toprak derinliği ile 60-90 cm toprak derinliği arasında ağır metal birikimi açısından bir farkın olmadığını bildirmişlerdir.

Atık sular kaynaklarına bağlı olarak genellikle yüksek konsantrasyonlarda hem organik hem de inorganik asılı ve çözünmüş parçacıklar içerirler. Evsel ve endüstriyel atık sulara karışan tuzların büyük bir kısmı geleneksel arıtma teknikleriyle tam olarak giderilemez ve sulama ile bu tuzlar toprağa geçebilirler. Bu alanda yapılan çalışmalarda, atık sular ile sulanan arazilerdeki toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişime uğramalarından dolayı hidrolik iletkenlik değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Angın, 2002).

Evsel atık suların tarımda kullanımı ile ilgili olarak, toprağa organik madde, makro ve mikro besin elementi sağlama yönü ele alındığında üzerinde durulması gereken önemli bir konu olduğu bildirilmiştir (Yadav ve ark., 2002).

Doğan (2003), Şanlıurfa’da yaptığı bir çalışmada, şehir merkezinden geçen, evsel ve sanayi atık sularının döküldüğü Karakoyun deresi suyu ile sulanan soğan

bitkisinde toksik element birikimini araştırmıştır. Çalışmada kullanılan atık suda As, Cu ve Cd elementlerinin sulama suları için sınır değerlerinin üzerinde olduğu vurgulanmıştır. Sonuçta, araştırmacılar soğan bitkisinde biriken Cd miktarının insan sağlığı için zararlı etkileri bulunacağını bildirmiştir.

Tsadilas ve Vakalis (2003), 1995-1997 yılında Yunanistan'da pamuk ve mısır bitkilerinde atık suyun kullanılabilirliğini ve tarımsal verim ile gelirin ekonomik analizini yaptıkları çalışmada; mısırdan en yüksek tarımsal geliri atık su ile sulanıp önerilen ticari gübreleme miktarına göre yapılan gübreleme konusundan aldıklarını belirtmişlerdir. Pamukta ise atık suyun uygulandığı tüm konuların (W:atık su ile sulama gübreleme uygulamasız, WSF: atık su ile sulama ve azaltılmış ticari gübreleme, WTF: atık su ile sulama ve önerilen ticari gübre dozunun kullanıldığı konular); temiz su (M) ile sulamanın yapıldığı kontrol grubuna göre tarımsal verim ve gelir açısından daha olumlu sonuçlar ortaya koyduğunu bildirmişlerdir.

Abdel-Shafy ve Abdel-Sabour (2006) Mısır'da 1923'den beri kumlu toprakta evsel atık su kullanıldığını bildirmiştir. Bu kadar uzun bir süre sonunda topraklarda metal birikimi olduğu, besin zinciri içinde kullanılan bitkiler için potansiyel bir risk oluşturduğu belirtilmiştir.

Bermuda çimi ile yapılan bir araştırmada ise, arıtılmış atık su kullanımı normal temiz sulama suyunun yerine kullanılabileceği ve ekonomik yararının da olacağı tespit edilmiştir. Ayrıca atık su kullanımı bitkilere ve toprağa azot da sağlamıştır (Fonseca ve ark., 2007).

Pedrero ve Alorcon (2007), atık su kullanımının limon ağaçları üzerine etkisini belirledikleri çalışmada, atık su ile sulanan topraklardaki mikro element (Fe, Na, B, Mn) ve ağır metal (Ni, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn) içeriklerinin atık su ile sulanmayan topraklara göre daha yüksek olduğunu, bitki yapraklarında ise atık su ile sulanan bitkilerin sadece Ni ve Pb bakımından diğerlerine göre daha yüksek konsantrasyona sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Al-Lahham ve ark. (2007) karık sulamada, arıtılmış evsel atık su ile açık tarla domatesinde yaptıkları araştırmada, atık sulama suyunda bulunan Cu, Mn ve Fe ile toprakta aynı elementler artış göstermiştir. Toprak pH ve EC'si artmıştır. Meyve analizinde ise Fe, Cu, Ni, Mn ve Zn artmış, ancak Cd ve Pb için bir birikim

olmamıştır. Genel değerlendirmede ise, tüm ağır elementler izin verilen değerlerin altında tespit edilmiştir. Ayrıca meyvelere mikrobiyolojik bir bulaşma meydana gelmediği tespit edilmiştir.

Ammary (2007), atık suyun tarımsal alanda kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla yeniden kullanım-tuzluluk ilişkisini incelemiştir. Araştırma sonunda aşırı tuzlu ve önemsiz düzeyde ağır metal içeren atık suyun arıtılarak kullanılsa bile, bazı bitkilerde tuzluluk probleminin daha da arttığı görülmüştür. Bu nedenle atık suyun bu bitkilerin sulanması sırasında temiz su ile karıştırılarak ve tarımsal alanda kullanmadan önce depolanarak verilmesi önerilmiştir. Sadece arıtılmış suyun uygulandığı bitkilerde % 50-80 oranında ürün artışı sağlanmıştır. Ayrıca, endüstriyel alanda soğutma suyu olarak da kullanılabileceği bildirilmiştir.

Kızıloğlu ve ark. (2008) atık su ile Erzurum'da yüzey sulama ile lahana ve karnabahar sulamasında, atık suyun toprak pH'sını azalttığını, buna karşın tuz, organik madde ve katyon değişim kapasitesini artırdığını tespit etmiştir. Ayrıca bitki yapraklarındaki makro ve mikro elementlerin içeriği artmıştır. Arıtılmış atık suların belirtilen bitkilerin sulanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir. Ancak bu tür marjinal sular ile yapılan sulamada, sürekli bir izleme ve kontrolün de yapılması gerektiği ayrıca vurgulanmıştır.

Masto ve ark. (2008) evsel atık su ile yapılan çalışma sonucuna göre, toprakların kil içeriğinin, toprak hidrolik iletkenliğinin, toprak hacim ağırlığının ve porozitenin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca uzun dönemde atık su kullanımında toprakta biriken elementler, $Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cd$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. Atık su kullanımı ile Zn % 314, Cu % 102, Fe % 715, Mn % 197, Cd % 203, Ni % 1358 ve Pb % 15 artmıştır. Buna karşın, toprak organik madde içeriği % 0.51-0.86 arasında artmıştır. Toprağın 0-15 cm katmanı göz önüne alındığında, total N 2.7 kg ha^{-1} , elverişli N 397 kg ha^{-1} , P 128 kg ha^{-1} , K 524 kg ha^{-1} ve S 65 kg ha^{-1} artmıştır. Ancak ağır metaller de istenmeyen ölçüde artış göstermiştir.

Segura ve ark., (2009), sera koşullarında kavun yetiştiriciliğine atık su kullanımının etkisinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, verim açısından atık su kullanımının herhangi bir etkisinin olmadığını, toprakta, yaprakta ve meyvede yapılan analizlerde, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cd, Pb, Cr, Co ve Ni birikiminin olmadığını,

uygulanan toplam N ve K miktarı açısından ise, atık su uygulanan konularda sırasıyla, % 40.8 ve % 17.8 oranında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep Bölgesinde yaptığı çalışmada Organize Sanayi atık suları ile sulanan bazı bitkilerde Pb birikimini araştırmışlardır. Yapılan Pb analizleri sonunda en çok birikme kök > gövde > yaprak olarak belirtilmiştir.

Akıncı ve Çalışkan (2010), kurşunun (0, 100, 200, 400 ve 800 mg l⁻¹) artan dozlarının bazı önemli yazlık sebzelerin (domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz, bamya, mısır, kabak, kavun ve fasulye) çimlenmesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, kurşunun arttırılan dozlarının çimlenme oranı ve süresini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Ayrıca biriken ağır metallerin, bitki tohumlarında çimlenme öncesi kabuk, çimlenme sırasında tohum içi dokular ve çimlenme sonrası özellikle radikulada büyüme-gelişme ile ilgili fizyolojik ve biyokimyasal olaylar üzerine etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Bitki gelişimi için birçok metal gerekli olmasına rağmen, bazıları toksik etki yaratabilmektedir. Örneğin, deterjanlarda kullanılan bor (B), bazı bitkilerde oldukça toksik etki yaratabilmektedir (Vidal ve ark., 2000). Bor aynı zamanda evsel kullanım sonucu ortaya çıkan atık suda kuru temizleme ya da bulaşık yıkama tozları gibi temizlik maddelerinde yaygın olarak eklenmiştir (Hanjra ve ark., 2012).

Konya kenti atık sularıyla yetiştirilen mısırdaki hasat döneminde makro ve mikro elementler ile ağır metal analizlerine ilişkin sonuçlara göre; kentsel atık suyun bitkinin hem toprak üstü aksamında hem de danede N, Ca, Cu ve Pb içeriklerini arttırdığı gözlenmiştir. P, Zn ve Mn birikimi toprak üstü aksamda, Ni, Cd ve B danede, B ve K yapraklarda yüksek olarak saptanmıştır. Cd ve Pb birikimi karışım sularının bulunduğu konularda saptanmamıştır. Yine mısır bitkisinin gelişme dönemlerine ilişkin elde edilen bulgulara göre, tepe ve koçan püsküllerinin, atık su kullanılan konularda daha erken oluştuğu saptanmıştır. Aynı konuda gelişim döneminin kısaldığı ve mısır bitkisinin daha erken hasada geldiği gözlenmiştir. Yapılan çalışmada; bitki boyu ve kuru madde içeriğinin, atık su ve karışım sularının kullanımı ile arttığı; yaprak alan indeksinin istatistiksel olarak farklı olmamakla birlikte, kentsel atık su konusunda daha yüksek ve hasat indeksinin daha düşük

olduğu belirlenmiştir. İki yıl yürütülen bu çalışmada en yüksek dane verimi değerleri ise denemenin ikinci yılında kentsel atık su, temiz su ve temiz su + arıtılmış atık su konularından alınmıştır (Çay, 2013).

İzmir Menemen’de evsel kaynaklı arıtılmış sular ile sulamanın, toprağın; bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile yetiştirilen pamuk bitkisinin verim ve diğer özellikleri üzerine etkilerini inceleyen bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmanın deneme konularını; A: % 100 evsel arıtma çıkış suyu, B: % 75 evsel arıtma çıkış suyu + % 25 kuyu suyu karışımı, C: % 50 evsel arıtma çıkış suyu + % 50 kuyu suyu karışımı, D: % 25 evsel arıtma çıkış suyu + % 75 kuyu suyu karışımı, E: % 100 kuyu suyu oluşturmuştur. Pamuk bitkisinin biyolojik verimi 4124-5065 kg da⁻¹ arasında, kuru madde verimleri 615-797 kg da⁻¹ arasında, kütlü verimleri ise 459-503 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek verim değerleri A konusu olan % 100 evsel arıtma çıkış suyundan, en düşük verim değerleri ise E konusu olan % 100 kuyu suyundan elde edilmiştir (Gündüz, 2013).

Yukarıda farklı konu başlıkları altında incelenen literatür bilgilerinden de anlaşılacağı üzere, atık suların toprak, bitki ve sulama sistemi (damla sulama gibi) üzerine yaptığı olumlu ve olumsuz etkiler farklılık göstermektedir. Bu durum, atık suların toplanma ve arıtılma düzeyine, atık suyun içerdiği fiziksel ve kimyasal maddelere, uygulandığı toprak ve bitkinin özelliklerine, atık suyun tarımsal amaçlı toprak ve bitkilere uygulama ve işletim biçimine bağlı olarak çok farklı uygulama ve faktörlere göre değişmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri ve Toprak Özellikleri

Araştırma, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülmüştür. Deneme alanı denizden 660 m yükseklikte olup, 37° 54' N enlem ve 40° 14' E boylamları arasında yer almaktadır.

Araştırma ortamı olarak, lizimetre benzeri 0.60 m çapında 1.00 m derinliğinde metal tanklar kullanıldığından, bu tanklara yerleştirilen topraklar Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanından alınmıştır. Bu topraklar alüviyal büyük toprak grubunda olup, genellikle ince bünyelidir. Anılan topraklarda kuru tarım veya nadaslı tarım uygulanmaktadır. Drenajı iyi olan bu topraklar, 1.sınıf tarım arazisi olarak sınıflandırılmış olup, taban suyu sorunu olmayan topraklardır (Anonymous, 1994). Toprakların organik madde düzeyi düşüktür, ancak yeterli oranda kalsiyum bulunmaktadır. Su tutma kapasitesi oldukça iyi olup, topraklarda alkalilik-tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Denemede kullanılan topraklar kil bünyede olup, pH 7.8–7.9 arasında, kation değişim kapasitesi (KDK) 66.8–68.8 me 100 g⁻¹, değişebilir sodyum yüzdesi (DSY) 0.78–1.08 arasındadır. Deneme alanı topraklarına ilişkin kimi fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak derinliği (cm)	Suya Doygunluk %	Kum %	Silt %	Kil %	Bünye Sınıfı	Kireç %	T.K. ¹ g 100g ⁻¹	S.N. ² g 100 g ⁻¹	As ³ g/cm ³	K ⁴ (θ) m gün ⁻¹	pH	Toplam tuz (%)	EC ⁵ dS m ⁻¹
0-30	70.7	8.9	27.5	63.6	C	8.5	34.5	25.6	1.19	0.070	7.9	0.0519	0.81
30-60	71.9	9.0	25.4	65.6	C	8.6	35.2	25.4	1.25	0.044	7.9	0.0646	1.00
60-90	72.3	9.0	23.4	67.6	C	8.6	36.5	27.1	1.27	0.036	7.8	0.0612	0.96

¹: Tarla kapasitesi, ²: Solma noktası, ³: Hacim ağırlığı, ⁴: hidrolik iletkenlik, ⁵: Elektriksel iletkenlik

3.1.2. İklim Özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Diyarbakır ilinde, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı bir iklim hâkimdir. Uzun yıllara ait yıllık ortalama yağış miktarı 487.2 mm olup, bunun genellikle büyük bir kısmı kış aylarında ve erken ilkbaharda yağmaktadır. Denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında yıllık toplam yağış, sırasıyla 574 ve 626 mm olarak gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklar, 2011 yılı için sırasıyla, 2.7, 27.7 ve 15.5 °C, 2012 yılı için ise 3.7, 28.7 ve 16.3 °C olmuştur.

Uzun yıllar meteorolojik verilere göre ilk donlar, Kasım ayı başında, son donlar ise Nisan ayı başlarında görülmektedir. Uzun yıllar aylık ortalama nispi nem % 53'tür. Aylık nispi nem ortalamaları Temmuz ve Ağustos aylarında % 25'lere kadar düşmekte olup, Aralık ve Ocak aylarında ise % 76 civarında olmaktadır. Diyarbakır ilinin uzun yıllara ve deneme yıllarına ait iklim verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Diyarbakır ilinde denemenin yürütüldüğü yıllara ilişkin iklimsel veriler ve uzun yıllık ortalama değerler

İklim ögesi	Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam veya ortalama
Ort.Sıc. (°C)	2011	3.5	4.7	9.0	12.9	17.6	25.4	31.9	30.7	25.0	16.4	6.4	2.3	15.5
	2012	2.4	1.9	5.1	15.2	19.6	27.7	31.3	31.1	26.1	18.4	12.0	5.1	16.3
	Uzun yıllar	1.7	3.6	8.2	13.8	19.2	26.1	31.1	30.4	24.8	17.1	9.5	4.1	15.8
Max. Sıc.(°C)	2011	12.2	15.5	22.4	22.0	32.2	38.9	44.7	44.3	37.0	32.4	18.4	11.9	27.7
	2012	11.0	14.8	18.1	27.8	33	41.7	43.7	41.0	37.9	35.6	23.8	16.0	28.7
	Uzun yıllar	12.1	15.4	21.5	27.3	33.2	38.7	42.3	41.8	38.1	32.1	22.9	15.2	28.4
Min. Sıc. °C)	2011	-7.0	-7.5	-4.5	-0.5	7.5	11.7	17.1	15.9	11.5	3.1	-7.1	-8.1	2.7
	2012	-8.6	-8.4	-5.8	2.0	8.6	9.4	14.5	17.1	12.8	7.3	-0.2	-4.7	3.7
	Uzun yıllar	-9.1	-8.7	-4.5	0.9	5.8	10.8	16.4	16.4	10.8	4.1	-2.6	-7.2	2.8
Yağış (mm)	2011	40.0	49.9	46.6	209.0	80.1	13.6	0.6	0.0	9.2	11.8	73.0	40.2	574.0
	2012	78.3	74.4	44.0	26.2	41.0	7.0	1.6	0.0	1.8	107.4	83.2	160.8	625.7
	Uzun yıllar	71.9	68.0	65.4	69.8	41.8	7.9	0.7	0.5	3.7	32.7	54.1	70.7	487.2
Oransal Nem (%)	2011	73.1	69.1	56.1	75.6	67.8	38.3	22.7	21.7	30.4	41.5	58.5	73.9	52.6
	2012	85.0	68.0	59.0	58.0	58.0	27.8	20.9	20.9	20.8	23.1	55.2	77.4	53.2
	Uzun yıllar	76.0	72.0	65.0	63.0	55.0	35.0	26.0	26.0	30.0	48.0	66.0	75.0	53.1
Buharlaşma (mm)	2011	43.4	44.8	80.6	87.0	127.1	309.0	423.0	465.0	300.0	158.1	66.0	65.1	2169.1
	2012	24.8	37.7	74.4	117.0	170.5	375.1	471.2	417.0	322.4	148.8	48	27.9	2234.8
	Uzun yıllar	0.0	0.0	21.1	117.0	198.0	351.0	465.0	408.0	285.0	158.1	30.0	0.0	2033.2
Ort. Rüzgar Hızı (m s ⁻¹)	2011	2.2	3.0	2.9	2.7	2.9	3.3	3.7	3.5	2.9	2.6	1.6	2.0	2.8
	2012	2.7	3.4	3.3	2.9	2.7	3.8	3.3	3.5	3.0	2.7	2.9	1.9	3.0
	Uzun yıllar	2.0	2.4	2.6	2.4	2.3	3.1	3.3	2.9	2.5	2.0	1.7	1.7	2.4

3.1.3. Araştırmada Kullanılan Pamuk Çeşidi

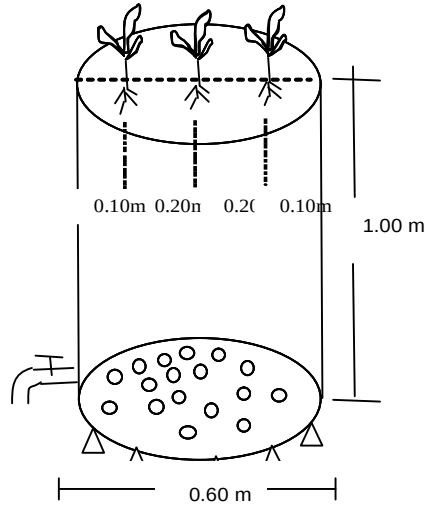
Araştırmada, Stoneville–453 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Bu pamuk çeşidi, Amerika Birleşik Devletleri orijinli olup, 1995 yılında özellikle GAP Bölgesi pamuk tarımı için tescil edilmiş, orta erkenci, piramit bitki formunda oldukça yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Çırcır randımanı ortalama % 40, lif inceliği ortalama 4.5 micronaire, lif uzunluğu 30 mm’dir (Bilgel ve ark., 2005).

3.1.4. Bitki Yetiştirme Ortamı

Denemede, silindirik kesitli 1.00 m boyunda ve 0.60 m çapındaki saçtan yapılmış tanklar kullanılmıştır (Şekil 3.1). Yetiştirme ortamı olarak drenaj tipi lizimetre’ye benzer bir sistem oluşturulmuştur. Bölgede yaygın olarak bulunan alüviyal topraklar, Bölüm 3.1.5’te belirtildiği üzere, sözü edilen tanklara doldurulmuştur. Tankların en alt kısmında olası drenaj suyunun toplanması için kontrol edilebilir bir musluk yerleştirilmiştir (Üzen, 2009)

Tankların tabanına olası drenajın kolaylıkla sağlanması için 5 cm kum-çakıl karışımı koyulmuştur. Bunun üzerine toprak katmanları ve derinliği de esas alınarak, topraklar katmanlar halinde sıkıştırılmıştır.

Saçtan imal edilen tanklar, yazın sıcaklığının etkisini azaltmak için dış yüzeyleri beyaz kireçle kaplanmıştır.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan tankların şematik görünümü ve boyutları

3.1.5. Deneme Tanklarının Toprakla Doldurulması

Deneme tanklarına doldurulacak olan topraklar, 2007 yılında araziden 0–30 cm, 30–60 cm ve 60–90 cm’lik derinliklerden kepçe ile alınarak, ayrı ayrı deneme yakınına istif edilmiştir. Topraklardaki nem içeriği solma noktasına yaklaştığında, önceden tespit edilen hacim ağırlıkları esas alınarak, 5 cm’lik katmanlar halinde tanklara sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Her katman arasında toprakların üstü tırmıkla çizilerek, yeni bir katman konulmuştur. Tanklara yerleştirilen toprağın miktarı ağırlık cinsinden aşağıda verildiği gibi hesaplanmıştır. Buna göre, yerleştirilen toprak miktarı her toprak katmanına ait hacim ağırlığı değerleri kullanılarak Çizelge 3.3’de verildiği gibi hesaplanmıştır. Çizelge 3.3’de 0-30 cm katmanındaki hacim ağırlığı kullanılarak 5 cm’lik katman için örnek olarak gösterilmiştir (Üzen, 2009).

Çizelge 3.3. Deneme tanklarına yerleştirilen toprak ağırlığının hesabı

Toprak hacim ağırlığı (As)	1.20 g/cm ³
Tank taban alanı	$\pi r^2 = 3.14 \times (0.60/2)^2 = 0.2826 \text{ m}^2$
Her defasında tanka yerleştirilecek toprak yüksekliği	0.05 m
Toprak hacmi	$0.2826 \text{ m}^2 \times 0.05 \text{ m} = 0.01413 \text{ m}^3$
Gerekli toprak ağırlığı (5 cm toprak katmanı için)	Toprak hacmi x Toprak hacim ağırlığı = $0.01413 \text{ m}^3 \times 1.20 \text{ t/m}^3 = 0.016956 \text{ ton} = 16.9 \text{ kg/5 cm}$

Yukarıdaki hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere, her 5 cm toprak katmanı için 16.9 kg toprak gerekli olduğuna göre, 30 cm toprak katmanı için, $16.9 \times 6 = 101.4 \text{ kg}$ toprak gerekli olmuştur. Buna göre diğer katmanlar için benzer şekilde gerekli olan toprak miktarı hesaplanarak deneme tanklarına doldurulmuş ve sıkıştırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Denemede kullanılan tankların genel görünümü ve boş tanklara toprakların doldurulması

En alt katmanda 5 cm'lik kum çakıl karışımı bulunduğu için hesaplamalarda 25 cm'lik derinlik esas alınmıştır. 0–85 cm derinliği için kullanılan toplam toprak miktarı da 287.3 kg olarak hesaplanmıştır (Üzen, 2009).

3.1.6. Araştırmada Kullanılan Sulama Suyu Kaynakları ve Özellikleri

Deneme konuları gereği iki farklı su kaynağı kullanılmış olup, bunlardan birisi deneme alanında bulunan ve temiz su kaynağı olarak kullanılan sulama suyu, diğeri ise Dicle Üniversitesi yerleşkesinde bulunan atık su tesisinden alınan atık sudur. Temiz şebeke suyu ile atık suya ait bazı analiz sonuçları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Sulamada kullanılan su kaynaklarının kimyasal özellikleri

Parametreler	Atık su arıtılmadan önce (Giriş)	Atık su arıtıldıktan sonra (Çıkış)	Temiz Su
pH	7.76	9.5	8
EC (mmhos cm ⁻¹)	868	679	622
Amonyum iyonu (mg l ⁻¹)	9	0.35	-
Kalsiyum (mg l ⁻¹)	18.795	18.116	18.381
Magnezyum (mg l ⁻¹)	15.826	17.147	16.457
Sodyum (mg l ⁻¹)	152.364	130.199	93.804
Potasyum (mg l ⁻¹)	5.987	5.064	1.794
Klorür (mg l ⁻¹)	42.8	21	22
Sülfat (meq l ⁻¹)	17	10	4

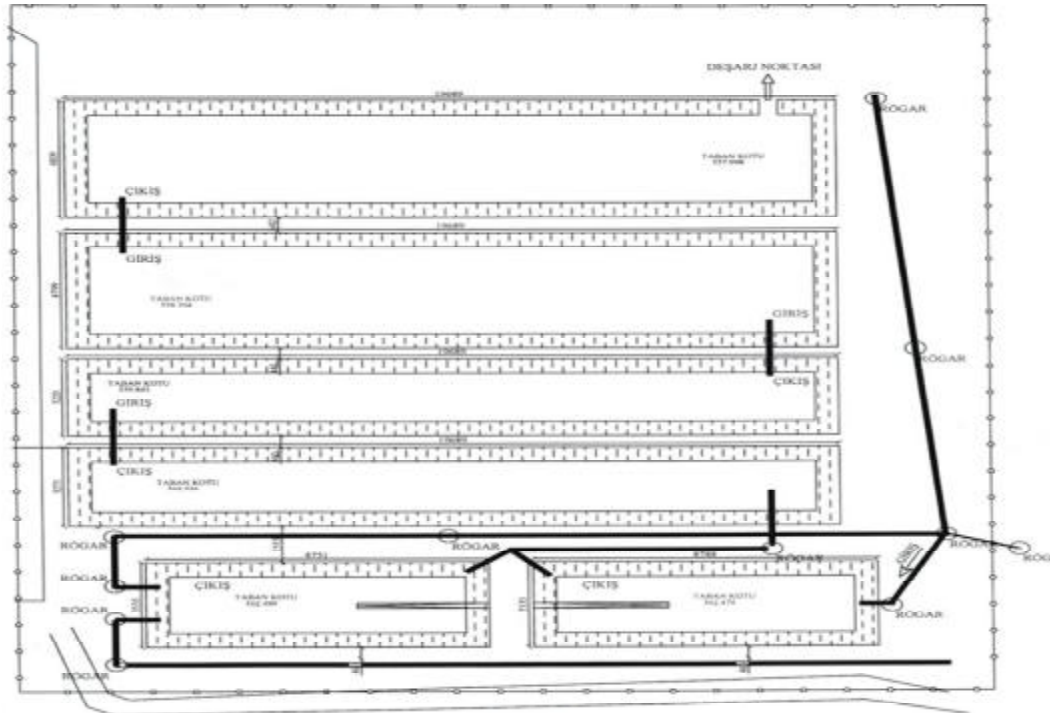
3.1.6.1. Temiz (Şebeke) Suyun Özellikleri

Temiz su kaynağı analiz sonuçları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde saptanan sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri ile karşılaştırıldığında, genel olarak tarımsal sulamalarda kullanılmasında sakınca bulunmadığı görülmektedir. Denemede kullanılan temiz (şebeke) su; pH, Amonyum (NH₄⁺), Klorür (Cl⁻), Sülfat (SO₄⁻²) değerlerine göre I. sınıf su, tuzluluk (EC) değerlerine göre ise II. sınıf su niteliği taşımaktadır (Çizelge 3.4). Sulama sularının sınıflandırılmasında önemli bir ölçüt olan SAR değeri incelendiğinde I. sınıf su (çok iyi) grubuna girmektedir. Diğer parametreler açısından bir sakınca bulunmadığı için özellikle yüksek Na⁺ değerlerinin toprakta uzun vadede meydana getireceği olumsuz etkiler göz önüne alınarak uygun bitkilerde sulamalar yapılabilir.

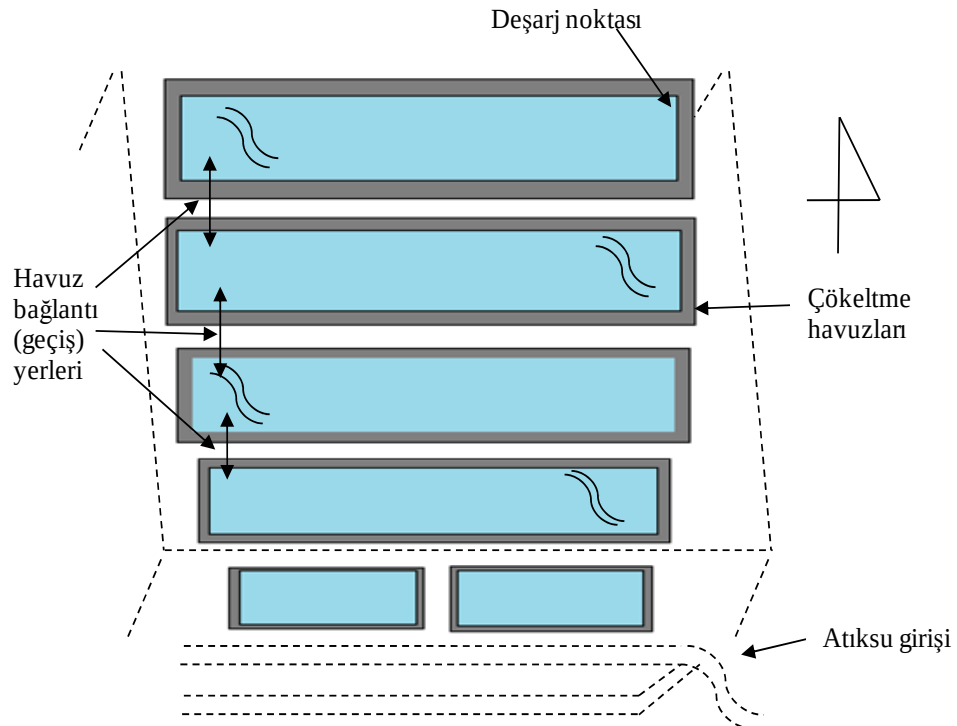
3.1.6.2. Atık Su Arıtma Sisteminin Özellikleri

Dicle Üniversitesi atık su tesisi, Diyarbakır Şehir Merkezi'nin yaklaşık 4 km kuzey-doğusunda, Dicle nehri kıyısına yakın (yaklaşık 500 m) mesafede 1996 yılında kurulmuştur. Söz konusu tesise, Üniversitenin tüm fakültelerin, idari ve lojmanların tüm evsel atıkları boşaltılmaktadır. Üniversitenin halen yaklaşık 23 000 öğrencisi ile 3000 üzerinde idari ve akademik personeli vardır.

Arıtma tesisi aneorobik + stabilizasyon havuzu olarak projelendirilmiştir. İlk giriş havuzları hariç birbirine bağlantılı 4 havuz bulunmaktadır. Havuzların ortalama derinliği 4.0 m olup, dikdörtgen kesitli ve boyutları 40 x 200m'dir (Şekil 3.3). Evsel nitelikli oluşan atık sular ön çöktürme havuzlarına giriş yaptıktan sonra geçmeli olarak, bağlantılı olan beş tane havuzdan kademeli bir şekilde dinlendirilerek içerisindeki katı maddelerin çöktürülmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.4). Bu işlem sonucunda Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin Tablo 21.2'de verilen eşik değerlerini sağlayarak vasma geçerek Dicle Nehrine boşaltılmaktadır. Tesise ait görüntüler Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Dicle Üniversitesi atık su arıtma tesisi genel görüntüsü (ölçeksiz)

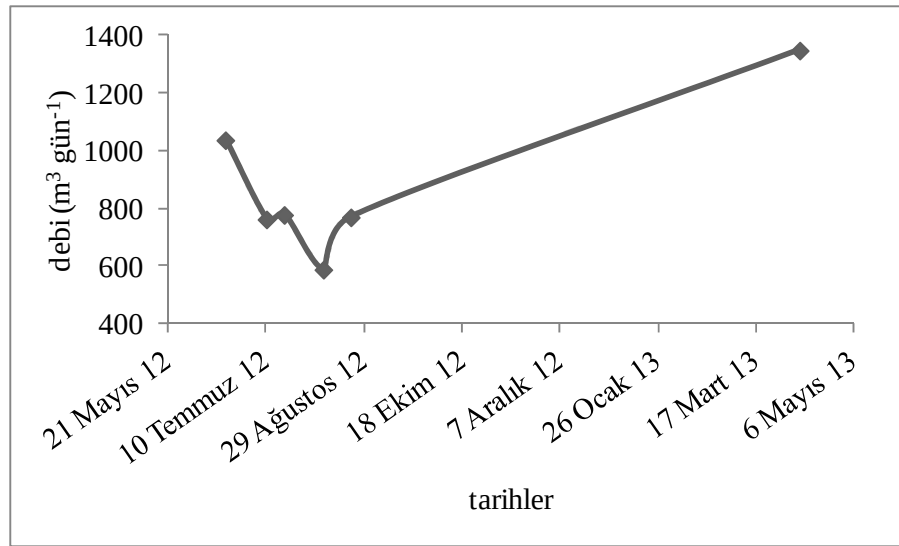


Şekil 3.4. Dicle Üniversitesi atık su arıtma tesisi şematik görüntü (ölçeksiz)

Atık su tesisinin kapasitesi $8160 \text{ m}^3 \text{ gün}^{-1}$ 'dir. Deneme süresince atık su arıtma tesisinden debi ölçümleri alınmıştır. Debi ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.5. ve Şekil 3.5.). Debi değerleri yılın farklı mevsimlerine göre değişiklikler göstermiştir. Özellikle denemenin yürütüldüğü yaz aylarında daha düşük debi ölçülmesinin temel nedeni, üniversitede okuyan öğrencilerin ve üniversite çalışanlarının tatil döneminde olup, su tüketiminin az olmasıdır. Bunun dışında yaz aylarında yağış olmaması, düşük nispi nem ve yüksek buharlaşma da, ölçülen debinin kış aylarına göre daha düşük olmasının nedenleridir. Kış ve bahar aylarında ise hem insan yoğunluğunun fazla olması hem de yağış olması nedeni ile debinin arttığı gözlenmiştir.

Çizelge 3.5. Atık su arıtma tesisinden periyodik olarak alınan debi ölçüm değerleri

Tarih	Debi ($l\ s^{-1}$)	Debi ($m^3\ gün^{-1}$)
19.06.2012	12.7	1036.8
10.07.2012	8.8	762.0
19.07.2012	9.0	777.6
08.08.2012	6.8	587.5
22.08.2012	8.8	769.3
08.04.2013	15.6	1347.8



Şekil 3.5. Atık su arıtma tesisinden periyodik olarak alınan debi ölçüm değerleri



Şekil 3.6. Fiziksel olarak arıtılmış atık suların alındığı kaynağın giriş noktasından görüntüler



Şekil 3.7. Fiziksel olarak arıtılmış atık suların alındığı atık su kaynağının çöktürme havuzlarının genel görüntüsü

3.2. Metod

3.2.1. Deneme Konuları ve Deneme Deseni

Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak planlanmış ve yürütülmüştür. Araştırma 2011 ve 2012 yıllarında olmak üzere iki (2) yıl yürütülmüştür. Araştırmada; atık suyun toprak ve pamuk bitkisine besin maddesi sağlanmasında rolünün olup olmadığı ve/veya yapması olası kirlilik etkisinin belirlenmesi amaçlandığından, her iki deneme yılındaki deneme konuları birbirini tamamlar nitelikte ve farklı olarak planlanmış ve uygulanmıştır. Buna göre, denemenin birinci yılında (2011), ana konularda bölge pamuk tarımında önerilen ve kullanılan ticari gübre miktarları ve hiç gübre uygulanmayan konular uygulanmıştır. Alt konularda ise atık suyun farklı oranları yanında, atık su-temiz su karışımı ve temiz su uygulanmıştır (Çizelge 3.6).

Denemenin ikinci yılında (2012) ise ana konulara önerilen ve bölge pamuk tarımında kullanılan ticari gübrelemenin % 50 düzeyinin uygulanması konusu ilave edilmiştir. Alt konularda ise atık su, temiz su ve atık su-temiz su karışımı yer almıştır (Çizelge 3.7)

Atık suda bulunan azot ve fosfor gibi bitki için yararlılığı bulunan temel bitki besin maddelerinin bitkide başta verim olmak üzere, diğer verim unsurları ve

besin maddesi alımı üzerine etkilerinin daha iyi gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Denemenin ilk yılında daha çok sulama suyu düzeyleri incelenmişken, denemenin ikinci yılında ticari gübre düzeyleri artırılmış, sulama suyu olarak da temiz su (I₁), atık su (I₂) ve atık su ile temiz suyun eşit miktarlarda karışımlarından oluşan su (I₃), alt konular olarak seçilmiş ve uygulanmıştır.

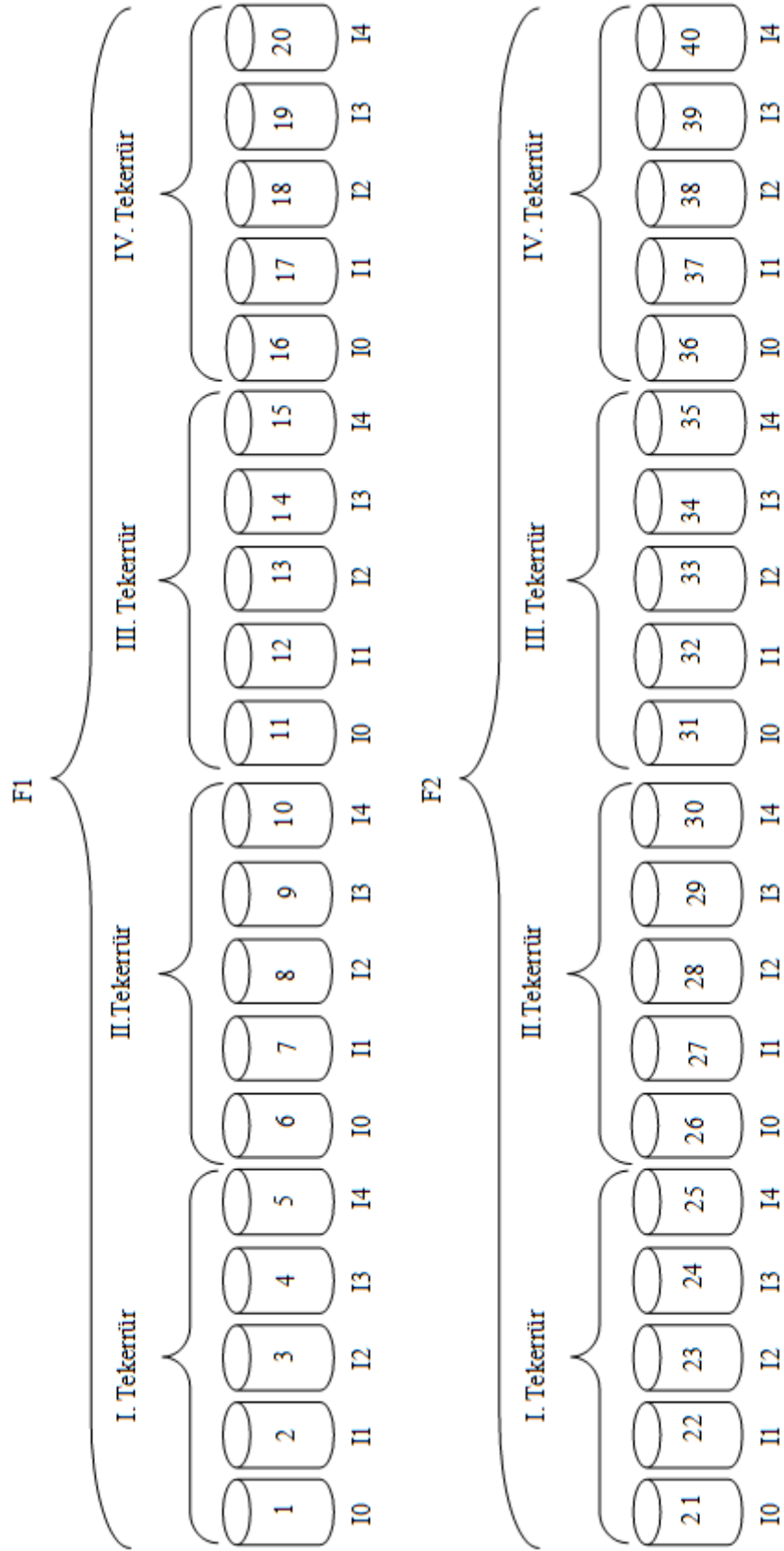
Çizelge 3.6. Denemede ana ve alt konular (2011)

ANA KONULAR (Gübre uygulamaları)	ALT KONULAR (Sulama uygulamaları)
F₁: önerilen gübre miktarı F₂: gübresiz	I₀: Temiz sulama suyu – Şebeke suyu (Kontrol konusu) I₁: Atık su (Gerekli suyun % 100'ü) I₂: Atık su (Gerekli suyun % 120'si) I₃: Atık su (Gerekli suyun % 80'i) I₄: Karışım suyu (% 50 atık su + % 50 temiz-şebeke suyu)

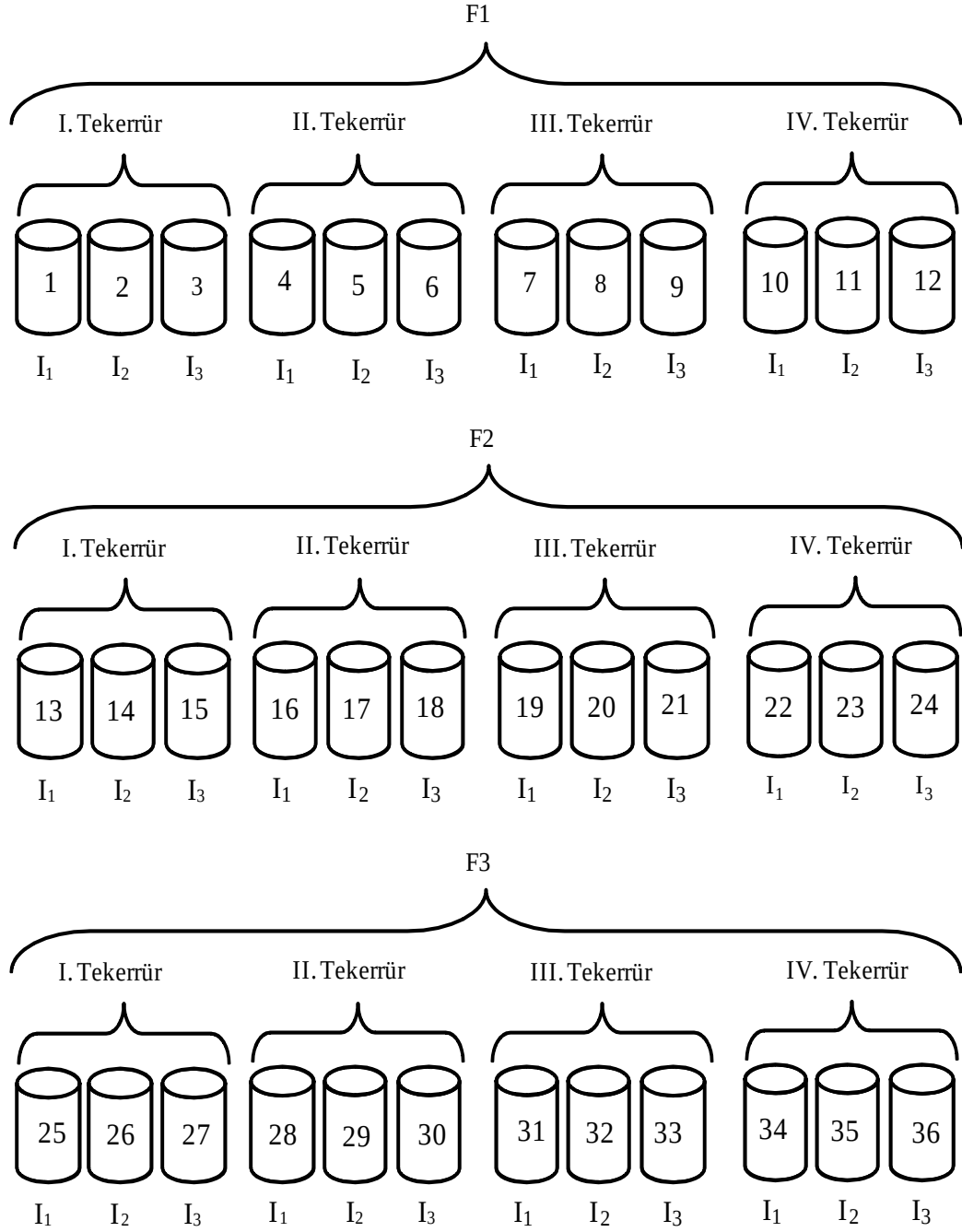
Çizelge 3.7. Denemede ana ve alt konular (2012)

ANA KONULAR (Gübre uygulamaları)	ALT KONULAR (Sulama uygulamaları)
F₁: önerilen gübre miktarı F₂: önerilen miktarın %50 düzeyi F₃: gübresiz	I₁: Temiz sulama suyu – Şebeke suyu (Kontrol konusu) I₂: Atık su (Gerekli suyun % 100'ü) I₃: Karışım suyu (% 50 atık su + % 50 temiz-şebeke suyu))

Deneme konularına ve deneme planına göre pamuk yetiştirme tanklarının yerleşim düzeni 2011 yılı için Şekil 3.8'de ve 2012 yılı için ise Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. 2011 yılına ait tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış deneme planı (ölçeksiz)



Şekil 3.9. 2012 yılına ait tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre planlanmış deneme planı (ölçeksiz)

3.2.2. Analiz ve Ölçmeler

3.2.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizleri

Deneme yeri topraklarından deneme kurulmadan önce kimyasal ve fiziksel analizlerin yapılması için toprak örnekler alınmıştır.

Bozulmuş toprak örnekleri, her konuyu temsil etmek üzere deneme tanklarından burgu yardımı ile alınmıştır. Alınan bu örneklerden kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bitki hasadından sonra her deneme konusundan (varilden) alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında kurutularak, 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve belirlenen analizlere hazır hale getirilmiştir. Örnek alımında Petersen ve Calvin (1965)'de verilen esaslardan yararlanılmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri ise profil çukurlarından, Richards (1954)'de verilen esaslara göre, hacmi belli silindirler yardımı ile alınmış ve katmanlara göre hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Deneme öncesi ve deneme sonrası toprak analiz sonuçları Bulgular ve Araştırmalar Bölümünde "Bölüm 4.3'de" verilmiş olup, ilgili bölümde tartışılmıştır.

Bozulmuş ve bozulmamış örneklerden deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanmasında aşağıda verilen yöntemler kullanılmıştır. Toprak analizleri GAP Şanlıurfa Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü ile Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır.

Hacim Ağırlığı: Hacmi 100 cm³ olan çelik silindirlerle alınan bozulmamış toprak örnekleri fırında 105 °C'de 24 saat kurutulup, fırın kuru toprağın ağırlığı, toplam silindir hacmine bölünerek belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

Toprak Bünyesi: Denemenin yürütüldüğü alanlardaki toprakların bünye tayini Bouyoucos hidrometre yöntemi ile yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, bünye sınıfının belirlenmesinde toprak sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black, 1957).

Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası: Örnekler suyla doyurulduktan sonra poroz levhalı basınçlı tencerede 1/3 atm ve 15 atm değerinde basınç uygulanarak saptanmıştır (Tüzüner, 1990).

Doyma Noktası: Richards (1954)'de belirtilen esaslara göre, toprağa doymun hale getirinceye kadar saf su eklemek yoluyla belirlenmiş ve yüzde (%) olarak tanımlanmıştır.

Toplam Tuz: Soil Survey Manuel (1951)'de bildirildiği gibi, kondaktivite aleti ile çamur süzüğünde 25°C'de elektriksel iletkenliğin ölçülmesiyle belirlenmiştir.

Toprak Tepkimesi (pH): Richards (1954)'de belirtilen esaslara göre hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile saptanmıştır.

Kireç: Çağlar (1949) tarafından verilen yaklaşım kullanılarak, Scheibler kalsimetresi ile (%) olarak ölçülmüştür.

Potasyum (K): Reitemeier (1951) tarafından belirtilen esaslara göre, flamefotometre aleti ile saptanmıştır. Bu yöntemle göre, sodyum ve potasyum analizleri için farklı derişimlerde standart çözeltiler hazırlanmış; flaymfotometre aleti ayarlanmış ve standart çözeltilere ilişkin okuma değerleri kullanılarak "Standart Eğri" elde edilmiştir. Hazırlanan standart eğriler kullanılarak, örneklerin içerdiği potasyum miktarları saptanmıştır.

Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg): Cheng ve Bray (1951)'de belirtilen esaslara göre, versanat ile titre edilmiştir.

Alınabilir Fosfor (P_2O_5 kg da⁻¹): Olsen ve ark. (1982) tarafından verilen esaslara göre, ekstrakt eriyiği olarak 0.5 mol sodyum bikarbonat (pH = 8.5) kullanılarak ve 30 dakika çalkalandıktan sonra ekstrakta geçen fosfor miktarı kolorimetrik olarak saptanmıştır.

Alınabilir Potasyum (K_2O kg da⁻¹): Richards (1954)'e göre amonyum asetat (pH = 7) çözeltisinden geçen potasyum miktarının flamefotometrede okunmasıyla kestirilmiştir.

Organik Madde (%): Richards (1954)'e göre Walckley – Black yöntemi ile belirlenmiştir.

İz elementler ve ağır metaller (mg l⁻¹): Ekstraksiyondaki toplam ve alınabilir Fe, Zn, Mn, Mo, Cd, Cr, Co, Pb, B ve Ni atomik absorbsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir (Slawin, 1968).

3.2.2.2. Sulama Suyu Analizleri

Su analizleri için, her sulama dönemi öncesi, örnekler alınmıştır. Su örnekleri alınır alınmaz elektriksel iletkenlik (EC), pH, karbonat+bikarbonat, kalsiyum+magnezyum, sülfat, klorür ve sodyum+potasyum analizleri yapılmıştır. Su örnekleri, diğer analizler için 127 °C’de steril edilen şişelere konularak buzdolabında saklanmıştır. Bazı analizler uzun sürdüğünden, biyolojik aktiviteyi durdurmak için, şişelere 5 ml l⁻¹ kloroform damlatılmıştır. Su niteliği ve ağır metal analizleri, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda Katı Madde (AKM) miktarları, E. coli, Enterekok bakterileri ve toplam fekal koliform sayımı Diyarbakır Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü ile Devlet Su İşleri Laboratuvarlarında analiz yapılmıştır.

Konu edinilen suların nitelikleri ve sulama yönünden özellikleri için gerekli analizlerin seçimi, yapılması ve kimi ölçütlerin hesaplanmasında Richards (1954) tarafından verilen ilkelerden yararlanılmıştır. Su örneklerinde aşağıdaki analizler yapılmıştır (Tüzüner, 1990).

pH: Beckman pH metre ile belirlenmiştir.

EC (dS m⁻¹): Kondaktivitemetre kullanılarak ölçülmüştür.

Kalsiyum ve Magnezyum (me l⁻¹): Kompleksometrik yöntemle eriochrom black T ve mürexid indikatörleri ile EDTA titrasyon yöntemleri ile ölçülmüştür.

Sodyum ve Potasyum (me l⁻¹): Flame fotometre ile belirlenmiştir.

Amonyum Azotu (me l⁻¹): Kjeldahl yöntemiyle magnezyum oksit eşliğinde saptanmıştır.

Karbonat ve bikarbonat (me l⁻¹): Sülfirik asit ile titrimetrik yöntemle, karbonat için fenolftalein; bikarbonat için metil oranj indikatörü kullanılarak belirlenmiştir.

Klorür (me l⁻¹): Gümüşnitrat kullanılarak potasyumdikromat eşliğinde titre edilmiştir.

Sülfat (me l⁻¹): Baryumklorür ile sülfat iyonları, çöktürülerek kolorimetrik olarak, spektrofotometre ile okunmuştur.

NO₃-N (mg L⁻¹): Kjeldahl yöntemiyle devardo alloy eşliğinde saptanmıştır.

Bor (mg l⁻¹): Karmin çözeltisi ile kolorimetrik olarak analiz edilmiştir.

Askıda katı madde (mg l^{-1}): Toplam askıda madde miktarı tartılmıştır.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), (mg l^{-1}): Su örnekleri başlangıçta 5 gün bekletilerek, Winkler yöntemiyle ölçülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), (mg l^{-1}): Titrimetrik yöntemle, sularda bulunan organik madde $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ile okside edildikten sonra bikromatin fazlası demir amonyum sülfatla titre edilmiştir.

Toplam fekal koliform bakteri sayımı (cfu ml^{-1}): Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO)'nün koliform grup mikroorganizma aramak için kullanılan standart analiz yöntemine göre örnek hazırlanıp dilüsyonları yapıldıktan sonra ardışık 5 dilüsyondan 3'er adet Lauril Sülfat Triptoz Broth (LTS) besiyerine 1 ml ekim yapılmış ve 37°C 'de 24 (gerekirse 48) saat inkübasyondan sonra pozitif sonuç veren tüpler muhtemel koliform olarak değerlendirilmiştir.

E.Coli ($\text{Kob } 100 \text{ ml}^{-1}$): TS6063/ISO 7251'e göre E.coli aramak için kullanılan standart analiz yöntemine göre bulunmuştur.

Ortofosfat (mg l^{-1}): Kolorimetrik olarak molibdavanafosfat yöntemiyle UV spektrometrede okunmuştur.

İz elementler ve ağır metaller (mg l^{-1}): Fe, Zn, Mn, Cu, Al, Cd, Ni ve Pb ICP (ICP-MS) cihazı ile okunmuştur (APHA, 1995; AWWA, 1995; EPA, 1996).

SAR: Giren ve çıkan atık su örneklerinde mg l^{-1} olarak verilen Ca, Mg ve Na değerlerinin, meq l^{-1} 'a dönüştürülüp aşağıda verilen Eşitlik 3.1'de yerine konularak hesaplanmıştır.

Eşitlik, toprak komplekslerinde meydana gelen katyon değiştirme tepkimelerinde, sodyum iyonunun oransal etkinliğini yansıtmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010).

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

3.2.2.3. Bitki analizleri

Fotosentez Okumaları: Fotosentez miktarı, dolaylı olarak Ears Plant Photosynthesis Meter miniPPM-300 isimli taşınabilir aygıt ile ölçülmüştür. Ölçümler 3 önemli gelişme dönemleri olmak üzere parselde bulunan üç bitkinin ana orta büyüklükteki yapraklarından öğleden sonra (14:00-16:00) açık havada yapılmış ve cihazdan okunan değerler $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ değeri olarak ifade edilmiştir. Bu dönemler bitkinin ekim ile ilk çiçeklenme arası (I), çiçeklenme ile koza oluşum arası (II) ve koza oluşum ile % 10 koza açımı arası (III) dönemlerinde yapılmıştır (Kara ve Gündüz, 1998). Bu dönemler göz önüne alındığında, dönemlerin % 50 gelişmesinde ölçümler yapılmıştır.

Klorofilmetre Okumaları ve Azot Tayini: Bitkide azot düzeyi ile klorofil değerleri arasındaki ilişki ile atık suyun bu konudaki olası etkilerini test etmek amacıyla bitkilerde azot tespiti ile klorofil okumaları yapılmıştır.

Klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile yapılmıştır. Ölçümler 3 önemli gelişme dönemleri olmak üzere parselde bulunan üç bitkinin ana orta büyüklükteki yapraklarından öğleden sonra (14:00-16:00) açık havada yapılmış ve cihazdan okunan değerler SPAD değeri olarak ifade edilmiştir. Bu dönemler bitkinin ekim ile ilk çiçeklenme arası (I), çiçeklenme ile koza oluşum arası (II) ve koza oluşum ile % 10 koza açımı arası (III) dönemlerinde yapılmıştır (Kara ve Gündüz, 1998). Bu dönemler göz önüne alındığında, dönemlerin % 50 gelişmesinde ölçümler yapılmıştır. Bu dönemlerde, her parseldeki bitkide klorofilmetre okumaları yapılmış ve yine bu dönemlerde bu bitkilerden alınan yaprak örneklerinde azot analizleri yapılmıştır (Chua ve ark., 2003). Bu amaçla toplanan yaprak örnekleri, çeşme suyu ve sonra da saf suyu ile yıkandıktan sonra, 65°C etüvde kurutularak ve bir agat değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Bu örneklerde total N ve NO_3^- -N analizleri Kjeldal yöntemi ile tespit edilmiştir. Bu sayede yapraklarda dönemlere göre alınan yaprak örneklerinde N düzeyi tespit edilmiştir. Böylece KM, yaprak N düzeyi klorofilmetre okumaları ile korelasyon düzeyleri kontrol edilmiştir (Bronson ve ark., 2003).

Bu numunelerde yaş yakma işlemi sülfürik asit-perklorik karışımı kullanılarak analizler yapılmıştır. Yaş yakma sonucu elde edilen ekstraktlarda aşağıdaki analizler yapılmıştır (Kaçar, 1972; Kaçar ve İnal, 2008).

Toplam azot: Modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemiyle yapılmıştır.

Toplam fosfor: Kolorimetrik yöntemle göre belirlenmiştir.

Toplam sodyum ve potasyum: Jenway PFP7 flame fotometresi ile fotometrik olarak yapılmıştır.

Kalsiyum ve magnezyum: Titrimetrik yöntemle EDTA titrasyonu ile tayin edilmiştir.

Mikro element ve ağır metaller: Fe, Zn, Mn, Cu, Al, Cd, Ni, Pb ve B elementleri ICP (ICP-MS) cihazı ile okunmuştur.

3.2.2.4. Diğer Gözlem ve Ölçmeler

Araştırmada her tekerrürdeki parsellerde aşağıda verilen gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Çıkış, taraklanma, çiçeklenme başlangıcı (% 10), Koza oluşumu (%10), ilk koza açımı, % 10 koza açımı (*Deneme konularında belirtilen dönemlerin başlangıcı da buna göre belirlenmiştir*) , I. el ve II. el kütlü oranları, II. el hasattan sonra koza sayısı, koza ağırlığı, bir bitkideki koza sayısı, bitki boyu ve meyve dalı sayısı alınan gözlemlerdir.

Deneme konularının kaliteye olan etkisini saptamak amacıyla birinci el hasat sırasında her konudan yeterli miktarda kütlü örneği alınarak çırcır randımanı, lif kopma mukavemeti, lif uzunluğu, lif inceliği, lif parlaklığı, lif esnekliği ve kısa lif oranı tespit edilmiştir.

3.2.3. Bitki Su Tüketimi

Deneme konularına uygulanan sulama suyu ve yağışlar kaydedilerek bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) değerleri aşağıdaki verilen su bütçesi eşitliği (Eşitlik 3.2) kullanılarak hesaplanmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979; Kanber, 1999).

$$ET = I + P - D - R \pm \Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte; ET, bitki su tüketimi (mm); I, sulama suyu (mm); P, yağış (mm); D, derine süzülme (mm); R, yüzey akış (mm); ΔS , kök bölgesindeki depolama farkı (mm)'nı ifade etmektedir.

Deneme konularında, yetiştirme mevsimi boyunca, kök bölgesindeki toprak su içeriğinin değişimi izlenmiştir. Bu amaçla ölçümler, ekim sırasında, her sulama öncesinde yapılmış ve hasatta sona erdirilmiştir. Toprak su içeriği, 0–30, 30–60 ve 60–90 cm katmanlarda gravimetrik olarak ölçülmüştür (Tüzüner, 1990). Eşitlikteki yağış (P) deneme alanına yerleştirilen yağmurlama kabı (plüviyometre) ile ölçülürken, derine süzülme (D) gözlenmemiş olup, metal tankların yüzeyinden sulama suyu çıkışı olmadığı için yüzey akışı (R) sıfır (0) alınmıştır.

3.2.4. Sulama Suyunun Hesaplanması ve Uygulanması

Sulama programının uygulanması için araştırma bölgesinde önceden yapılan araştırma sonuçları esas alınmıştır. Buna göre yapılan araştırma sonuçlarına göre yüzey sulama ile sulanan pamuk bitkisinin sulama aralığı 7-12 gün arasında değişmektedir (Kanber ve ark., 1991; Çetin ve Bilgel, 2002). Buna göre bitkinin ilk gelişme dönemi ile hasada yakın serin dönemlerde sulama aralığı on (10) gün, çiçeklenme dönemi gibi suya hassasiyeti fazla olan ve sıcaklığın yüksek olması nedeni ile buharlaşmanın yüksek olduğu dönemlerde ise sulama aralığı sekiz (8) gün olarak alınmıştır. Belirtilen sulama aralığı sonunda A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarı kullanılarak sulama yapılmıştır. Buna göre, tankın yüzey alanı ve esas alınan toprak derinliğine (0.90 m) göre uygulanacak olan sulama suyu hacimsel olarak hesaplanmış olup, her sulama aralığında hesaplanan sulama suyu miktarı her bir tanka ölçülerek uygulanmıştır.

Parsellere uygulanan su miktarları aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 3.3) kullanılarak hesaplanmıştır (Kanber,1999).

$$IR: Ep \times A \quad (3.3)$$

Eşitlikte, IR: Sulama suyu (L), Ep: Sulama aralığında A–Sınıfı buharlaşma kabında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı (mm), A: Sulanacak alan (m²)’ı ve K: Sulama suyu hesaplamasında esas alınan (Çizelge 3.6’da konular bazında belirtilmiştir) katsayıyı ifade etmektedir.

A–Sınıfı buharlaşma kabından ölçümler günlük olarak yapılmıştır. Buharlaşma kabı, deneme alanına yerleştirilmiştir (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

Çalışmada pamuk bitkisi ekimden dört gerçek yapraklı oluncaya kadar çıkışların düzenli olması için kontrol sulama suyu (temiz su) ile can suyu verilmiştir. Konulu sulamalara ise bu dönemden sonra (toprak nemi yaklaşık % 40’a düştüğünde) Haziran ayı ortasında başlanmıştır. Sulamalara bitkilerde % 10 koza açımında son verilmiştir.

3.2.5. Tarımsal İşlemler

Toprak Hazırlığı ve Ekim: Deneme tanklarındaki toprakların, el çapası ile üst toprak işlemeye uygun biçimde karıştırılarak havalanması sağlanmıştır. Denemede kullanılan pamuk tohumları çimlenmeyi kolaylaştırmak için 1 gün önceden suda bekletilerek ıslatılmıştır. Denemenin ilk yılında, geç ilkbahar yağışlarının yoğunluğu nedeni ile pamuk tohumlarının metal tanklara ekimi 20 Mayıs 2011 tarihinde gerçekleşmiştir. Denemenin ikinci yılında da yine iklim koşullarına bağlı olarak tohum ekimi 10 Mayıs 2012 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ekim, çıkış ve çiçeklenme tarihleri aşağıdaki Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Deneme yıllarına göre bitkide yapılan kimi gözlemlerin tarihleri

Yıl	Ekim	Çıkış	İlk sulama	Çiçeklenme	Koza oluşumu	İlk hasat	İkinci el hasat
2011	20 Mayıs	27 Mayıs	20 Haziran	21 Temmuz	23 Ağustos	30 Eylül	18 Ekim
2012	10 Mayıs	16 Mayıs	11 Haziran	30 Temmuz	21 Ağustos	14 Eylül	26 Ekim

Her tanka 5 pamuk tohumu ekilerek çıkış sağlandıktan sonra, her tanktaki bitki sayısı 3 olarak bırakılmıştır. Pamuk bitkisi normal tarla koşullarında bitki sıra üzeri 15–20 cm olarak ekildiğinden, tanklardaki bitkiler için de her bitki sıra üzeri 20 cm olacak şekilde her tankta üç (3) bitki yer almıştır. Şekil 3.10’da pamuk bitkilerinin çıkışları görülmektedir.



Şekil 3.10. Bitki çıkışından genel görüntüler

Gübreleme: Pamuk gübrelemesi için önerilen bitki besin maddesi miktarları azotlu gübre 130 kg N ha⁻¹, fosforlu gübre ise toprak analiz sonuçları da esas alınarak 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ olarak uygulanmıştır (Özer ve Dağdeviren, 1986; Karademir ve ark., 2005).

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda, ekimden önce yukarıda belirtilen gübre miktarları da dikkate alınarak, denemenin ana konularına göre tam doz yapılan gübreleme için, ekimle birlikte Di amonyum Fosfat (DAP) gübresi uygulanarak, hem fosfor gübresinin tümü hem de bitkinin ilk gelişimi için yeterli düzeyde azot gübresi uygulanmıştır. Denemenin ikinci yılında ana konulardan birini oluşturan önerilen dozun %50 düzeyi uygulanmıştır. Azotlu gübre için kalan gübre miktarı ikiye bölünerek, birinci ve ikinci sulama uygulamaları öncesinde yine toprağa karıştırılarak uygulanmıştır.

Seyreltme ve Çapalama: Denemede pamuk bitkileri toprak üzerine çıkmadan topraktaki kaymak tabakası kırılmıştır. Bitkiler dört-beş gerçek yapraklı iken, her tankta üç (3) bitki ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde olacak şekilde tekleme

yapılmıştır. Sulamalardan sonra bitkilerde boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Bitkinin gelişme dönemlerinde oluşan yabancı otlar elle sökülerek temizlenmiştir.

Tarımsal Mücadele: Çıkışlardan sonra bitki gövdesindeki toprakların çapası yapılarak havalanması sağlanmıştır. Ayrıca her iki deneme döneminde de ilk sulamadan önce bütün bitkilerde yaprak bitine karşı ilaçlama yapılmıştır. Etkin maddesi Captan olan suda disperse olabilen toz ticari ilaç $0.5\text{g } 5\text{ lt}^{-1}$ olacak şekilde hazırlanmış olup, püskürtülerek bitki yüzeyine uygulanmıştır.

Hasat: Kozaların yaklaşık % 60'ının açıp, hasat olgunluğuna eriştiği devrede birinci el hasadı yapılmıştır. Hasat işlemi iki defada el ile yapılmıştır. Denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarına ait birinci ve ikinci el hasat tarihleri Çizelge 3.8'de, 3.2.5. Tarımsal İşlemler Bölümünde bulunan "Toprak Hazırlığı ve Ekim" alt başlığı altında gösterilmiştir.

3.2.6. Analiz ve Değerlendirme

Toprakta atık su kullanmadan önce ve sonrası kirlilik etmenleri ve birikimi yanında, bitkide makro, mikro ve ağır metaller yönünden birikim olup olmadığı elde edilen değerler neticesinde Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Kütlü pamuk verimleri ve diğer lif özellikleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen verim sonuçlarına göre, atık su uygulamasının verim ve diğer verim parametreleri üzerine olan etkisi yapılan varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca klorofilmetre okumaları yapılarak, atık suyun bitki klorofil ve N içeriğine etkisi değerlendirilmiştir (Chua ve ark., 2003).

Deneme sonucu elde edilen verilerin planlandığı şekilde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizinden sonra, konular arasındaki farkın önemli olup olmadığı ise "En Küçük Önemli Fark- LSD" testi ile kontrol edilmiştir.

Denemeden elde edilen verilerin istatistikî analizini yapmadan önce, sayıma dayalı veriler $\sqrt{x}$, yüzde değerler ise $\text{Arcsin}\sqrt{x}$ dönüşümleri yapılarak veriler normal dağılım şekline yaklaştırıldıktan sonra varyans analizi yapılmıştır. Ancak

ilgili çizelgelerde orijinal değerler verilmiş olup, buna göre yorumlar yapılmıştır (Yurtsever, 1984).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Atık Su Tesisi Giriş ve Çıkış Suyu Özelliklerinin Değerlendirilmesi

4.1.1. Arıtma Tesisine Giren Atık Suyun Özellikleri

Dicle Üniversitesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisine Üniversite yerleşkesi içinde bulunan bütün fakülteler, konutlar ve hastane binasından çıkan atık sular aktarılmaktadır. Mevcut tesisten 2011, 2012 ve 2013 yılında olmak üzere atık suyun arıtma-çökeltme havuzuna suyun giriş noktasından su örnekleri alınmıştır. Örneklemeye zamanına bağlı olarak atık suyun özelliklerindeki değişim, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırılarak, tarımsal sulama açısından uygunluğu tartışılmıştır. Araştırmada atık su tesisinin giriş noktasından alınan atık su örneklerinin biyolojik, fizikokimyasal ile iz ve ağır metal analizi sonuçları gruplandırılarak Çizelge 4.1’de verilmiştir.

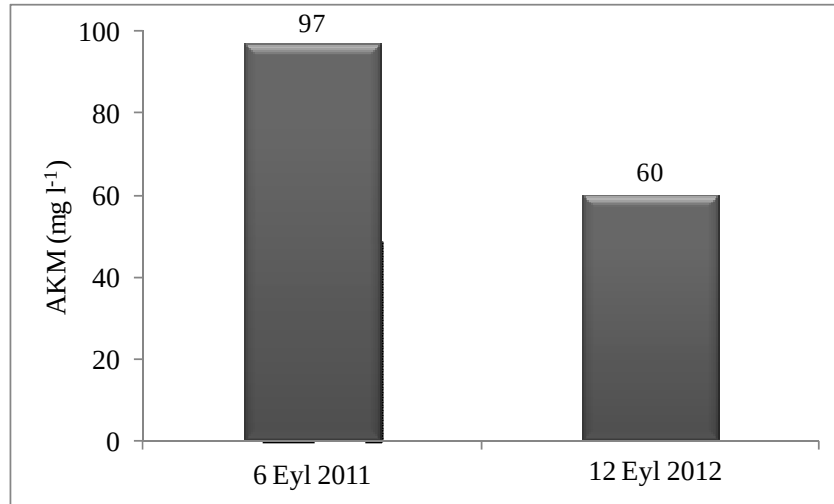
Denemede kullanılan atık su havuzlarının giriş bölümündeki atık sular biyolojik özellikler yönünden incelendiğinde, askıda katı madde (AKM) değerleri özellikle zamana bağlı olarak 64-97 mg l⁻¹ arasında değişmiştir. Bu durum üniversite yerleşkesindeki nüfus hareketliliği ile ilgilidir. Çünkü dönemin eğitim – öğretimin başladığı göz önüne alındığında yoğun bir öğrenci sayısı vardır. Eylül ayı başında henüz öğrenciler eğitim – öğretimde olmadıklarından, kampus nüfusu önemli düzeyde azdır. Anonymous (1991), Aboukhaled (1992) ve Pescod (1992) göre, askıda katı madde miktarı 64 ve 97 mg l⁻¹ olan örnek V. sınıf kalitede sulama suyu olup, kullanılamaz niteliktedir. AKM değerleri yüksek atık su kaynaklı suların kullanılması, suda bulanıklık ve koku oluşturacağından ve bitki kök bölgesinde aneorobik ortam yaratacağından, mikrobiyolojik açıdan sakıncalıdır. Ravina ve ark. (1990), askıdaki katı madde miktarı orta veya az iken, sulama sistemlerinde kullanılan elek filtrelerin başarılı olduklarını, sulama suyunda yüksek oranda askıda katı madde bulunması halinde elek filtrelerin sık yıkanma ihtiyacı gösterdiklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar zamana bağlı yük kaybı artışının disk filtrelerde elek filtrelerle oranla daha yavaş olduğunu, fakat geri yıkama sürecinin daha uzun

olmasından dolayı geri yıkama için harcanan suyun fazla olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Evsel atık su arıtma tesisine farklı dönemlerde giren suların özellikleri

Nitelik	Parametre	Örnek Alınma Tarihi	
		06.09.2011	12.09.2012
Biyolojik özellikler	AKM (mg l ⁻¹)	97	64
	Serbest Klor (mg l ⁻¹)	T.E.D.B.*	0,02
	Entereococcus (Kob ml ⁻¹)	T.E.D.B.	T.E.D.B.
	Koliform Bakteri (Kob ml ⁻¹)	1.1x10 ³	1.5x10 ³
	Fecal Coli Form (EMS ml ⁻¹)	<1100	>1100
	E.Coli (Kob 100 ml ⁻¹)	<3	T.E.D.B.
	BOİ (mg l ⁻¹)	58.0	37.3
	KOİ (mg l ⁻¹)	76.7	110.2
Kimyasal Özellikler	pH	7.6	7.8
	EC (mS m ⁻¹)	692	868
	Toplam Sertlik	20.8	9
	Kalsiyum (mg l ⁻¹)	56.5	35.7
	Magnezyum (mg l ⁻¹)	26.5	18.7
	Sodyum (mg l ⁻¹)	54.6	15.8
	Potasyum (mg l ⁻¹)	8.1	152.3
	Amonyum Azotu (mg l ⁻¹)	1.7	9.0
	Karbonat (meq l ⁻¹)	0.4	0.3
	Bikarbonat (meq l ⁻¹)	242	235
	Klorür (meq l ⁻¹)	51.9	42.8
	Sülfat (meq l ⁻¹)	80.2	17
	Toplam Azot (mg l ⁻¹)	12.6	11.1
	Al (mg l ⁻¹)	0	T.E.D.B.
Ağır metaller – iz elementler	As (mg kg ⁻¹)	0	0.009
	Cd (mg l ⁻¹)	0.021	0.0003
	Cr (mg l ⁻¹)	0.006	0.002
	Fe (mg l ⁻¹)	0	0.016
	Co (mg l ⁻¹)	0.005	0.001
	Ortofosfat (mg l ⁻¹)	3.530	2.360
	Cu (mg l ⁻¹)	0.001	T.E.D.B.
	Pb (µg l ⁻¹)	0.65	T.E.D.B.
	Ni (mg l ⁻¹)	0	T.E.D.B.
	Zn (mg l ⁻¹)	0	0.006
	Mn (mg l ⁻¹)	0.02	T.E.D.B.

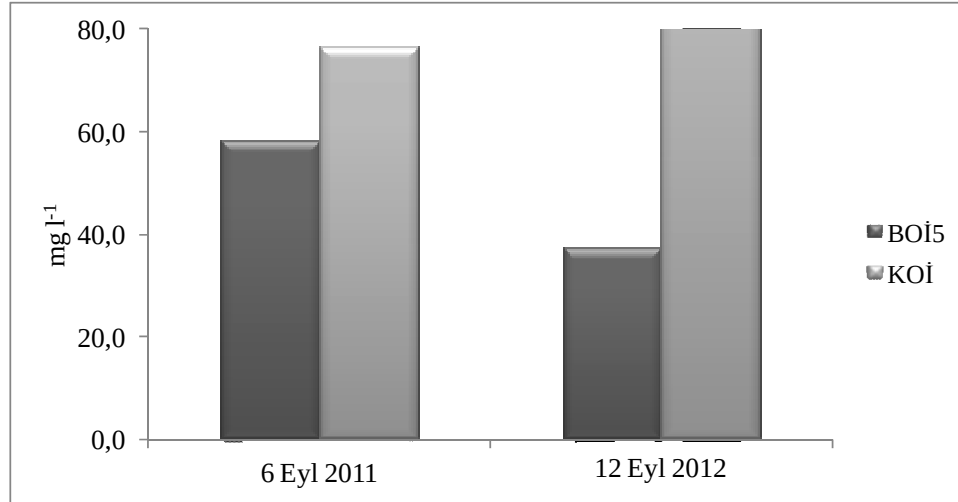
*T.E.D.B.: Tespit Edilebilir Düzeyde Belirlenmedi



Şekil 4.1. Atık su arıtma tesisine giren sulara Askıda Katı Madde (AKM) miktarlarının zamansal değişimi

Atık su arıtma tesisin giriş noktasından alınan atık suların toplam fekal koliform değerleri örnekleme zamanına bağlı olarak denemenin birinci yılında <1100 olarak tespit edilirken, denemenin ikinci yılında >1100 olarak analiz edilmiştir. Dönemlere bağlı olarak bu atık suların mikrobiyolojik arıtımı yapılmadan kullanılamayacağını göstermektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri ise en düşük 0.01 mg L⁻¹ (06.09.2011) ve en yüksek 110.2 mg L⁻¹ (12.09.2012) olarak saptanmıştır. Buna göre mevcut atık suları doğrudan sulamada kullanmak uygun değildir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2).

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅) değerleri 12.09.2012 tarihinde alınan atık su örneğinde 37.3 mg L⁻¹ olarak en düşük (II. sınıf) ve 06.09.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde 58.0 mg L⁻¹ (III. sınıf) olarak saptanmıştır. BOİ₅ değerleri dönemlere göre değişiklik göstermekle birlikte, girişte alınan örneklerde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmelik değerinin altındadır. Bu durumda, kullanılan suların kirlilik yükünün fazla olmadığı söylenebilir. BOİ₅ veya KOİ değerleri yüksek olan sular, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları oluşturabileceği için olumsuz özellik göstermektedir (Munsuz ve Ünver, 1995). (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2).



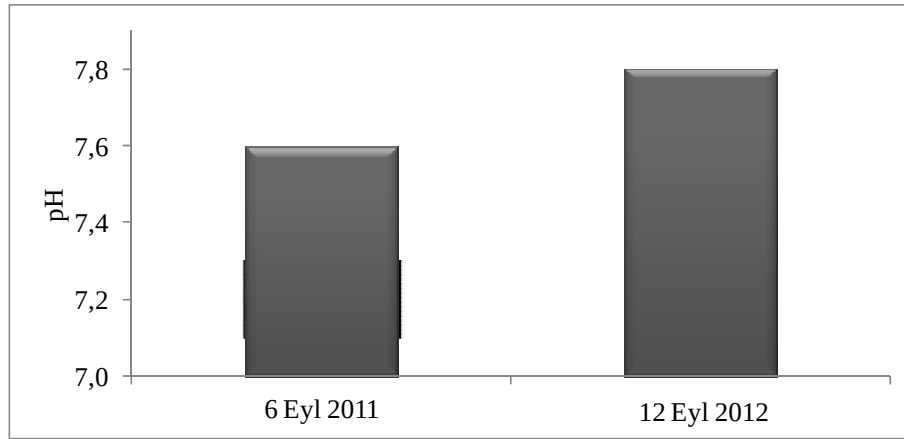
Şekil 4.2. Atık su arıtma tesisine giren sularda BOI₅ ve KOİ miktarlarının zamansal değişimi

Atık su arıtma tesisi girişinden alınan su örneklerine ait Koliform, E. coli ve Enterococcus bakterileri sayım sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre kampus nüfusunun yoğun olduğu Eylül ayı ortaları analiz sonuçlarına göre arıtılmadan önceki atık suyun doğrudan kullanılması uygun değildir (Çizelge 2.2). Fekal koliform bakterilerinin 20-30 °C’de bitki yüzeyinde 30 ile 15 gün, toprak yüzeyinde ise 20 ile 70 gün kadar hayatta kaldığı bilinmektedir (Westcot, 1977). Carr ve ark. (2004 a ve b)’nin yaptıkları bir çalışmada, hem çiftçilerin hem de tüketicilerin üretimin yapıldığı arazilerin yakınında yaşamaları nedeniyle yüksek miktarlarda Fekal koliform içeren sularla temas etmeleri ve tüketim neticesinde de ishal vakalarında artış olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum yine yakın çevrede yaşayan halkta enfeksiyon riskinin arttığını göstermiştir.

Atık su biyolojik özellikler yönünden zamana göre değişiklik göstermekle birlikte çoğunlukla tarımsal sulama için elverişliliğinin sınırlı olduğu görülmüştür. Özellikle deneme sonunda 2012 yılındaki atık su örnekleri V. sınıf su özelliği göstermektedir. Bu durum genel olarak dönem içerisindeki öğrenci yoğunluğunun ve yerleşkede bulunan lojman binalarının tatil dönemi dışında olması nedeniyle aktif olarak kullanılması ve çıkan atık suyun içinde bulunan biyolojik kirlleticilerin konsantrasyonunun artması şeklinde açıklanabilir. Konsantrasyonun yoğun olması nedeniyle bu suların arıtılmadan doğrudan tarımsal sulamada kullanılması

önerilemez. Özellikle yaprağı taze yenen yeşil sebzelerde insan vücudunda hasara neden olabilecek parazitlerin gelişmesi olası bir durumdur.

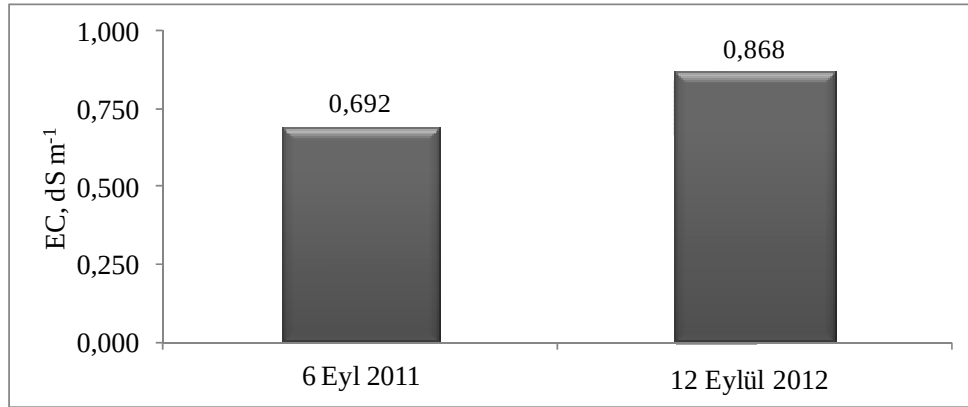
Atık suyun kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde arıtma tesisin giriş noktasından alınan atık suların pH değerleri, 7.6 ile 7.8 arasında değişmiştir. Genellikle, sulama sularının pH değerlerinin 6.5-8.5 arasında, yani nötr olması istenir. Alınan su örneklerinde pH değerlerinin, Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği ve FAO (1985)'ya göre, sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağı anlaşılmaktadır. Ancak, Pescod (1992)'a göre, damla sulama sistemleri için 'az-orta' derecede tıkama potansiyeline sahiptir. Denemenin başlangıcında kontrol konusu için analizi yapılan temiz su (şebeke suyu) örneğinin de pH değeri ortalama 8.0'dır. Atık su pH'sının temiz suyun pH'sına göre düşük çıkmasının nedeni içinde temiz su haricinde barındırdığı elementlerin asidik karakteri olabilmektedir. Denemede kullanılan temiz (şebeke suyu) ve atık suların pH'sı su kirliliği yönetmeliği sınırlarında olup, sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Atıksu arıtma tesisine giren suların pH değerlerinin zamansal değişimi

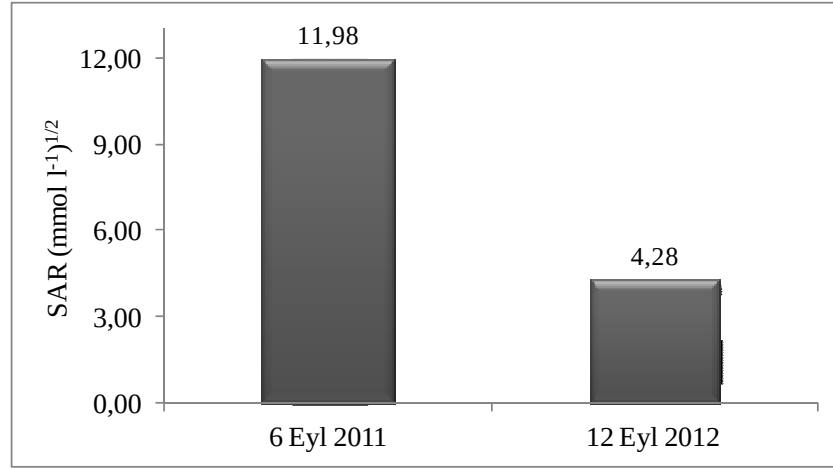
Atık su arıtma tesisin giriş noktasından alınan atık suların elektriksel iletkenlik (ECw) değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Bu su örneklerinin elektriksel iletkenlikleri (ECw), 0.692 – 0.868 dS m⁻¹ değerleri arasında değişmiştir. Temiz suyun elektriksel iletkenlik değeri ise 0.622 dS m⁻¹ düzeyindedir ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre II. sınıf su olarak nitelendirilmektedir.

Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği'ne göre giriş noktasından alınan su örnekleri II. (iyi) ve III. sınıf (kullanılabilir) ve ayrıca FAO (1985)'ya göre 'orta' derecede kullanımı mümkün olan bir sudur. Giriş noktasına gelen suyun elektriksel iletkenliğinin, denemenin ikinci yılında (2012) daha yüksek olmasının nedeninin arıtma tesisinin çalışma koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, yaşam koşullarının yanı sıra, yüksek sıcaklık ve geçici kurak koşullar yüzünden atık suyun debisinin azalması ve daha derişik atık su olmasından kaynaklanabilir (Reinert ve Hroncich, 1994).



Şekil 4.4. Atık su arıtma tesisine giren suların EC_w değerlerinin zamansal değişimi

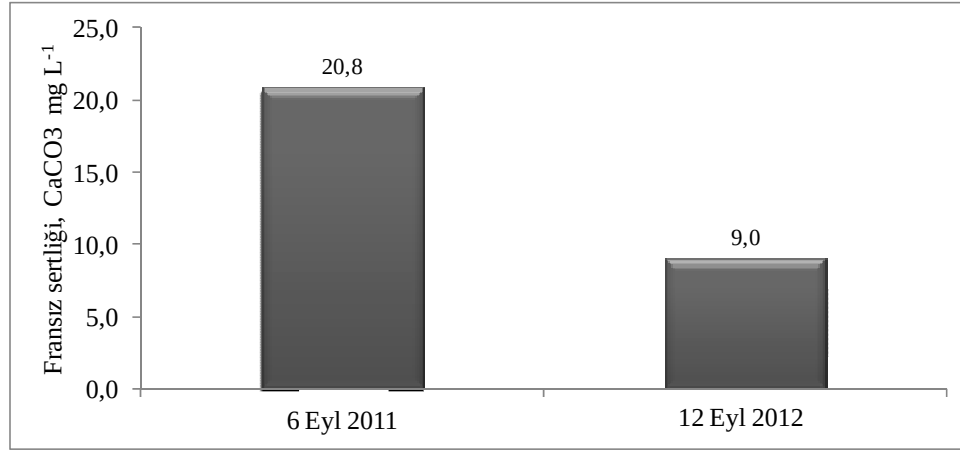
Denemede kullanılan suların SAR değerleri 06.09.2011 tarihi için $11.9 \text{ (mmol L}^{-1})^{1/2}$ ve 12.09.2012 tarihi için $4.3 \text{ (mmol L}^{-1})^{1/2}$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre tesis giriş noktasındaki atık suların SAR değerleri, Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği'ne göre I. sınıf - çok iyi (<10) ve II. sınıf - iyi (10-18) kalitede olduğu söylenebilir. Denemenin birinci yılında II. sınıfa giren örneklerde Na^+ iyonu derişiminin yüksek olması, SAR değerini artırmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Atık su arıtma tesisine giren suların SAR değerlerinin zamansal değişimi

FAO (1985)'ya göre, hem SAR hem de EC'nin infiltrasyona olan ortaklaşa etkisi açısından, sulama suyu olarak kullanımında kısıtlama sorunu 'yok'tur. Ancak Na'un zararlı etkisi bakımından, SAR değerine göre, yüzey sulamada kullanımını 'az-orta', yağmurlama sulama yöntemlerinde kullanımını ise 'yüksek' derecede kısıtlayacağı söylenebilir. Çünkü SAR değeri 4.0 – 8.0 arasında olan sular, sodyuma duyarlı bitkilere zarar vermektedir (Munsuz ve Ünver, 1995). Na fazlalığı, kil parçacıklarının ayrışmasına ve bazı durumlarda da şişmesine neden olur. Bu ise düşük poroziteye, su geçirgenliğinin düşmesine; ıslak olduğunda kötü havalanma ve kuru olduğunda ise derin çatlaklara ve büyük keseklere sahip topraklara neden olmaktadır. Bu durumdaki topraklar, hem kuru hem de nemli olduğunda tarım aletleriyle çalışmayı güçleştirir ve bunların pH değerleri genellikle, yüksek olur (Shuval, 1990).

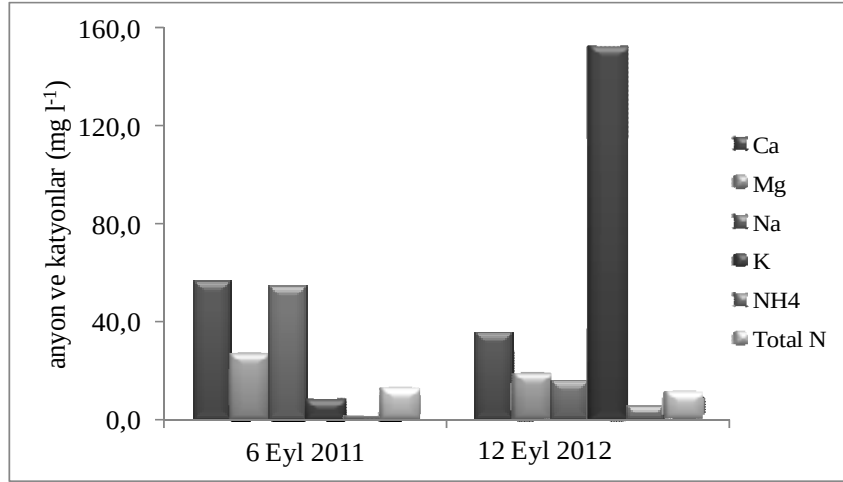
Arıtma tesisine giren suların sertliği 9.0 - 20.8 °F (Fransız sertliği) arasında değişmiştir. En yüksek sertlik değeri denemenin 2011 yılında gözlenmiş olup, 20.8 °F'tır. Denemenin ikinci senesinde 9 °F olarak değişmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.6).



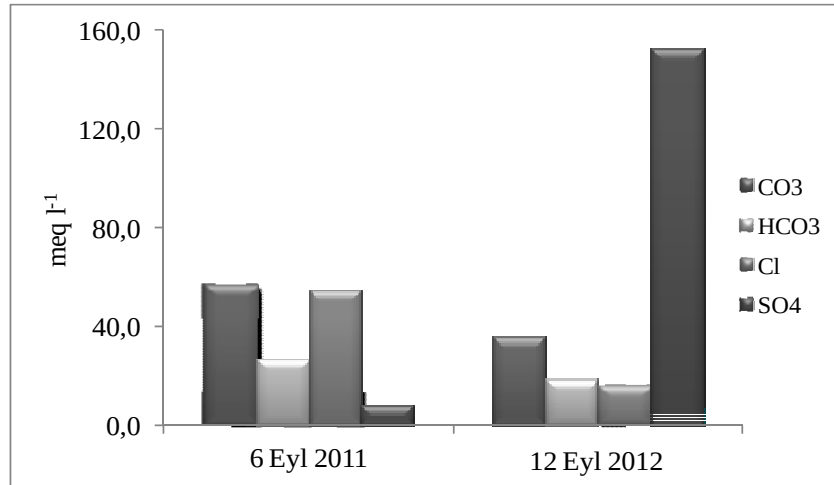
Şekil 4.6. Atık su arıtma tesisine giren suların toplam sertlik değerlerinin zamansal değişimi

Atık suların toplam azot değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Çizelge 4.1’den de görüleceği üzere örnek alınan farklı tarihlerde atık suyun azot miktarı birbirinden çok farklı olmayıp 11.1 mg l^{-1} ile 12.6 mg l^{-1} arasında değişmiştir. Azot derişiminin, sınır değerin (5 mg l^{-1}) üstünde olduğu dönemlerde suyun tesis girişinden alınıp doğrudan sulamada kullanılması önerilmemektedir. Toplam azot ve fosfor derişimlerinin, atık su debi ve atık su özelliklerine etki eden ögelere göre değiştiği ve yaz aylarının ortasında en yüksek değerleri taşıdığı belirlenmiştir (Samsunlu, 2005).

Ayrıca dönemlere göre atık su tesisinin giriş noktasından alınan su örneklerinde CO_3 , HCO_3 , Cl ve SO_4 miktarlarının zamansal değişimi Çizelge 4.1 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Atık su arıtma tesisine giren sularda Ca, Mg, Na, K, NH₄ ve Total N miktarlarının zamansal değişimi



Şekil 4.8. Atık su arıtma tesisine giren sularda CO₃, HCO₃, Cl ve SO₄ miktarlarının zamansal değişimi

Ağır metaller ve diğer iz elementler yönünden atık suların Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn gibi iz element ve ağır metal analizleri yapılmış; sonuçta Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği'ne göre bütün iz element ve ağır metal düzeyleri verilen sınır değerlerin altında saptanmıştır (Çizelge 4.1). Bu durum ise atık suların endüstriyel kaynaklı olmamasından, bir başka deyişle evsel kaynaklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Atık su karakteristikleri, yılın farklı dönemlerine ve dolayısıyla iklime önemli derecede bağlıdır. Yağışlı havalarda çok miktarda drenaj ve sızıntı sularının

kanallarına girmesi, atık suyun özelliklerini önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Ayrıca Atık su Arıtma Tesisinde mevcut suyun debisinin yaz aylarında azalması yaşam düzeyinin bir fonksiyonu olan birim su harcamaları ile ilgili olduğu gibi, üniversite yerleşkesi içindeki nüfus hareketliliği ile de ilgilidir. Mevsimin yanı sıra su harcamalarında, saatlik ve günlük değişimler de kullanım yoğunluğuna bağlı olarak meydana gelmektedir. Maksimum kullanımın gerçekleştiği aylar, genellikle üniversitenin eğitim dönemi olan Eylül-Haziran ayları arasındadır. Çalışma günlerinde de tatil günlerine nazaran daha fazla su harcanır. Bununla beraber, gün içinde de saatlik sarfiyat değişimleri meydana gelebilir.

4.1.2. Arıtma Tesis Çıkış Noktasından Çıkan Suyun Özellikleri

Arıtma tesisi aneorobik + stabilizasyon havuzu olarak projelendirilmiştir. Evsel nitelikli oluşan atık sular ön çöktürme havuzlarına giriş yaptıktan sonra birbirine geçmeli olarak, bağlantılı olan beş tane havuzdan kademeli bir şekilde dinlendirilerek içerisindeki katı maddelerin çöktürülmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.2). Bu işlem sonucunda Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin Tablo 21.2’de verilen eşik değerlerini sağladığı planlanarak Dicle Nehrine boşaltılmaktadır. Aşağıda Çizelge 4.2 ile gösterilen Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin Tablo 21.2 numaralı çizelgesinde, özellikle suların pH, AKM, KOİ ve BOİ₅ değerleri için alıcı ortama deşarj standartları ile ilgili bilgiler verilmektedir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Evsel Nitelikli Atık Suların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (Sınıf 2: Kirlilik Yüğü Ham BOİ Olarak 120-600 Kg/Gün, Nüfus = 2000-10000)

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	(mg l ⁻¹)	50	45
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg l ⁻¹)	160	110
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg l ⁻¹)	60	30
pH	-	6-9	6-9

Mevcut tesisten 2011 ve 2012 yılında olmak üzere atık su arıtma tesisi çıkış noktasından (arıtılmış sudan) su örneği alınarak dönemsel farklılıklar gözlenmiş olup, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırılarak tarımsal sulama açısından uygunluğu tartışılmıştır. Alınan su örnekleri konulu sulamalarda kullanılan fiziksel olarak arıtılmış atık sudur.

Çizelge 4.3. Evsel Atık su Arıtma Tesisinden Farklı Dönemlerde Çıkan Suların Analiz Sonuçları

Nitelik	Parametre	Örnek Alınma Tarihi		
		12.07.2011	06.09.2011	12.09.2012
Biyolojik özellikler	AKM (mg l ⁻¹)	0	60	28
	Serbest Klor (mg l ⁻¹)	0.02	0.003	0.07
	Entereoccus (Kob ml ⁻¹)	T.E.D.B.*	T.E.D.B.	T.E.D.B.
	Koliform Bakteri (Kob ml ⁻¹)	T.E.D.B.	T.E.D.B.	T.E.D.B.
	Fecal Coli Form (EMS ml ⁻¹)	3.3 x 10 ³	<3	<3
	E.Coli (Kob 100ml ⁻¹)	1.1 x 10 ³	T.E.D.B.	T.E.D.B.
	BOİ (mg l ⁻¹)	39	30	29
	KOİ (mg l ⁻¹)	61.8	70.9	112
Kimyasal Özellikler	pH	8.54	8.6	9.5
	EC (mS m ⁻¹)	715	850	679
	Toplam Sertlik		24	26
	Kalsiyum (mg l ⁻¹)	58.1	62.3	18.1
	Magnezyum (mg l ⁻¹)	27.2	28.5	17.1
	Sodyum (mg l ⁻¹)	250.4	72.8	130.1
	Potasyum (mg l ⁻¹)	17.5	9.0	5.0
	Amonyum Azotu (mg l ⁻¹)	2.0	1.0	0.35
	Karbonat (meq l ⁻¹)	1.5	4.9	1.2
	Bikarbonat (meq l ⁻¹)	3.1	253	4.1
	Klorür (meq l ⁻¹)	1.3	93.9	21.0
	Sülfat (meq l ⁻¹)	1.4	78.0	10.0
	Toplam Azot	7.2	5.8	3.1
Ağır metaller – iz elementler	Al (mg l ⁻¹)	T.E.D.B	0	T.E.D.B
	As (mg kg ⁻¹)	T.E.D.B	0	0.006
	Cd (mg l ⁻¹)	T.E.D.B	0,0161	0.007
	Cr (mg l ⁻¹)	0.034	0	0
	Fe (mg l ⁻¹)	T.E.D.B	0	T.E.D.B.
	Co (mg l ⁻¹)	T.E.D.B	0.014	T.E.D.B.
	Ortofosfat (mg l ⁻¹)	2.70	2.780	-
	Cu (mg l ⁻¹)	0.011	0.001	T.E.D.B.
	Pb (µg l ⁻¹)	1.970	1.740	T.E.D.B.
	Ni (mg l ⁻¹)	0.029	0	0.001
	Zn (mg l ⁻¹)	0.005	0	0.006
	Mn (mg l ⁻¹)	0.065	0.024	0.012

*T.E.D.B.: Tespit Edilebilir Düzeyde Belirlenmedi

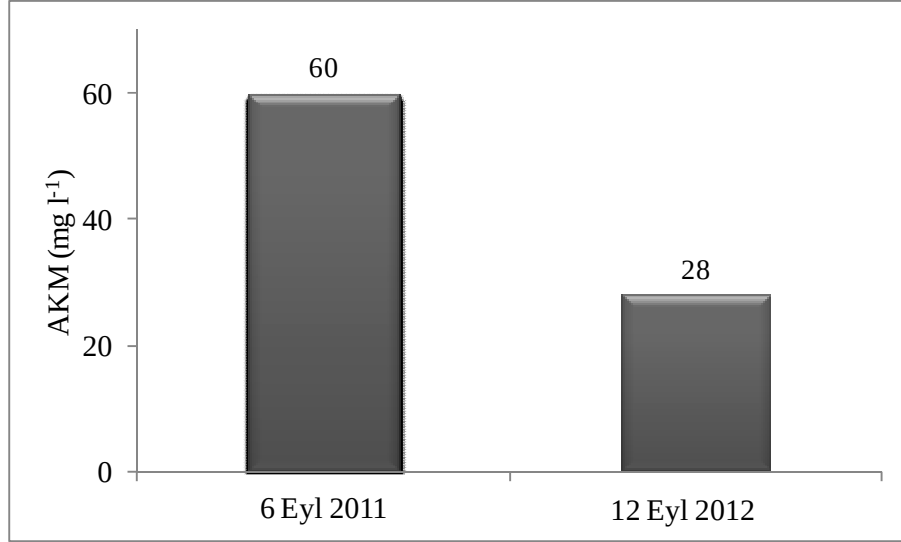
Arıtma tesisi çıkış suyundaki AKM (mg l^{-1}) miktarı açısından incelendiğinde yıllara göre dalgalanmalar göstermiştir. Denemenin ilk yılında 12.07.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde AKM miktarı tespit edilmemiş iken, aynı yıl sulama sezonu sonrasında 06.09.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde AKM miktarı 60 mg l^{-1} 'ye yükselmiştir. Bu miktar Anonymous (1991) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre IV. sınıf su olarak tanımlanıp, kontrollü ve dikkatli kullanılabilecek su anlamına gelmektedir. Denemenin yürütüldüğü ikinci yılın sonunda 12.09.2012 yılında alınan atık su örneğinde AKM miktarı 28 mg l^{-1} olarak tespit edilmiş olup, bu durumda da Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre I.sınıf su niteliğindedir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.9).

Ayrıca denemenin yürütüldüğü yıllarda hem atık su arıtma tesisi giriş noktası ile deşarj noktasından alınan örneklerde AKM miktarları Şekil 4.10'da kıyaslanmıştır. Arıtma tesisinden çıkan atık su AKM açısından incelendiğinde, yıllara ve yılın farklı dönemlerine göre büyük değişiklikler göstermiştir. Bu durum genel olarak, dönem içerisindeki öğrenci yoğunluğunun ve yerleşkede bulunan lojman binalarının aktif olarak kullanılması ve bu nedenle de biyolojik kirleticiler miktarlarının da artış göstermesi şeklinde açıklanabilir.

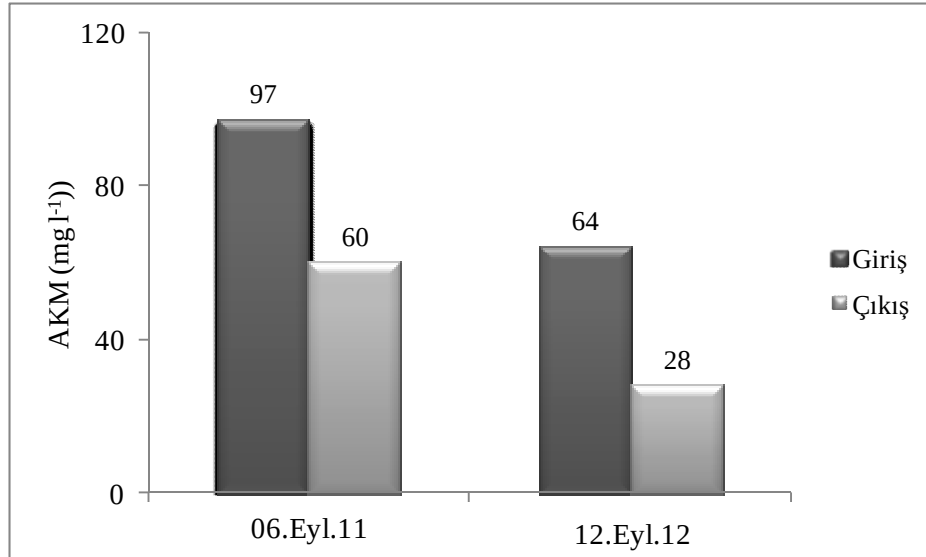
Biyolojik özellikler incelendiğinde, giriş suyunun dönemlere göre değişiklik göstermekle birlikte, çoğunlukla tarımsal sulama için elverişliliğinin sınırlı olduğu gözlenmektedir. Büyük arıtma tesislerinde alıcı su ortamlarına evsel ve endüstriyel atık sularla taşınan AKM'nin yanı sıra, erozyon nedeniyle toprak örtüsünün yok olması ile verimli toprak üst katmanları su ortamlarına taşınarak, bu ortamlarda AKM yükü olarak ortaya çıkmaktadır. AKM'ler suyun bulanıklığını arttırırlar ve ışık geçirgenliğini azaltırlar. Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek, fotosentezi etkileyerek sudaki Çözünebilir Oksijen (ÇO)'nin azalmasına neden olurlar. Ayrıca dibe çökerek tabanda yaşayan bentik canlıların yaşam ortamlarını olumsuz etkilerler (Ünlü ve ark., 2008).

Elde edilen bu yüksek değerlerin Anonymous (1991) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin ($5-15 \text{ mg l}^{-1}$) çok üzerinde olduğu görülmektedir. Bu parametre açısından incelendiğinde, mevcut atık suyun Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği'ne göre doğrudan yaprak ve

meyvesinin yenilmediği ve aynı zamanda birtakım teknik sınırlamalar getirilerek sulanması gereken bitkilerde bile uzun dönemli olarak kullanılması önerilmemektedir.



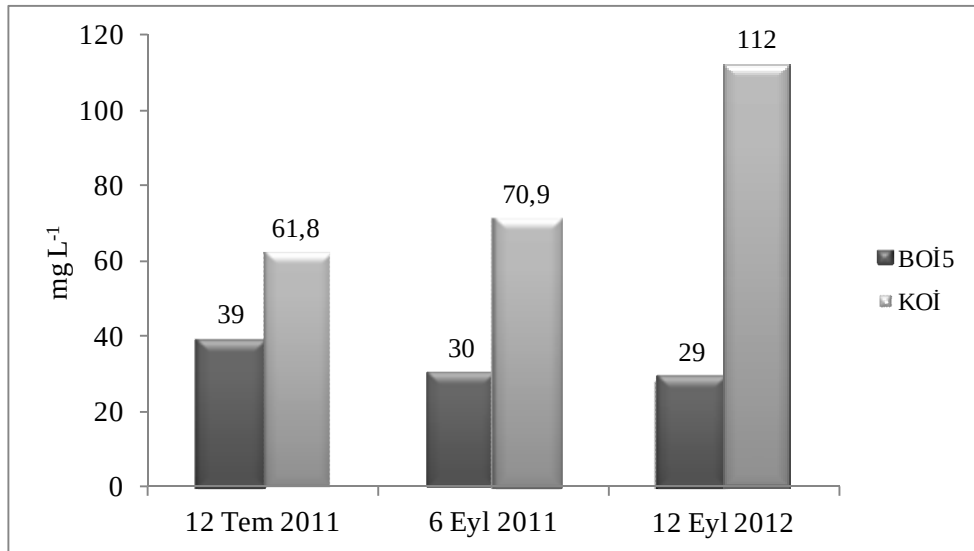
Şekil 4.9. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda Askıda Katı Madde (AKM) miktarlarının zamansal değişimi



Şekil 4.10. Atık su arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan su örneklerinde AKM miktarlarının kıyaslanması

KOİ değerleri en düşük 61.8 mg l^{-1} (12.07.2011) ve en yüksek 112 mg l^{-1} (12.09.2012) olarak saptanmıştır. Denemede kullanılan sular KOİ değeri açısından kullanılamaz durumdadır (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.11).

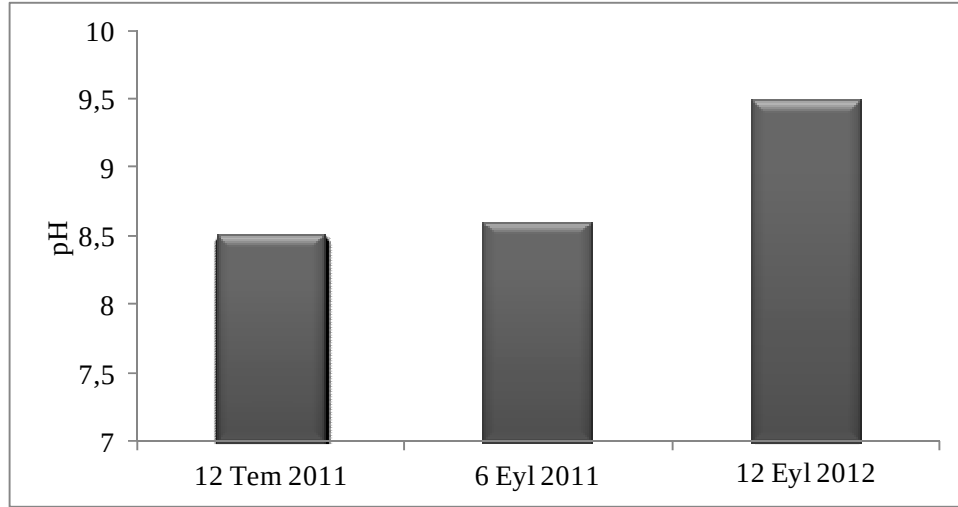
BOİ₅ değerleri 12.09.2012 tarihinde alınan atık su örneğinde 29 mg l^{-1} olarak en düşük (II. sınıf, iyi), 06.09.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde 30 mg l^{-1} (II. sınıf, iyi) ve 12.07.2011 tarihinde alınan örneğinde ise 39 mg l^{-1} (III. sınıf, kullanılabılır) olarak saptanmıştır. BOİ₅ değerleri dönemlere göre değişiklik göstermekle birlikte, denemede kullanılan sularda yönetmelik değerinin üstündedir. Bu durumda, kullanılan suların kirlilik yükünün fazla olduğu söylenebilir. Tüm atık sular için KOİ ile BOİ₅ arasında doğrusal bir ilişki olup, istenilen KOİ/BOİ₅ oranı 1.5-3.0'tür. Daha yüksek orana sahip olan atık sular biyolojik parçalanabilirliği zor atık sulardır ve kimyasal atık su arıtma tesisini gerektirir (Peker ve ark., 2013). Örnek alınan atık sularda 12.07.2011 tarihi için bu oran 2.06, 06.09.2011 tarihi için 2.36 ve 12.09.2012 tarihi için 3.86 olarak hesaplanmıştır. Bu da fiziksel atık su arıtma tesisinin kısmen kimyasal arıtma özelliği gösterdiğini söylemek mümkündür (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda BOİ₅ ve KOİ miktarlarının zamansal değişimi

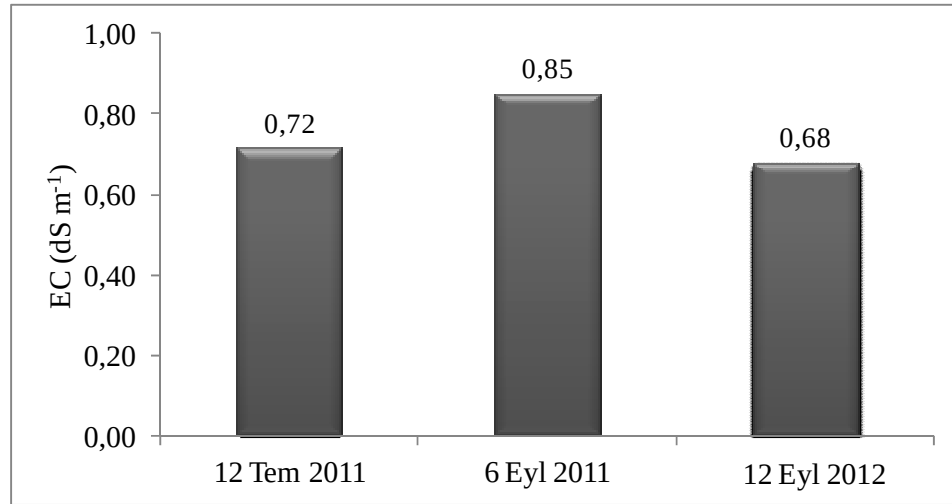
Atık su arıtma tesisin deşarj noktasından alınan atık suların toplam Fekal Koliform değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Mikrobiyolojik analizler sonucunda, toplam Fekal Koliform değerleri (EMS ml⁻¹) 3.3×10^3 , <3 ve <3 şeklinde analiz edilmiştir. 12.07.2011 tarihinde alınan örneğinde anılan değerler çok yüksek düzeydedir. Diğer iki örnekte Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği’ne göre Fekal Koliform sayısı 1.sınıf su kalitesindedir. Ayrıca Enterococcus (Kob ml⁻¹), Koliform Bakteri (Kob ml⁻¹) alınan bütün örneklerde gözlenmemiştir. E. coli (Kob 100 ml⁻¹) Fekal Kolliform bakterilerinde olduğu gibi 12.07.2011 tarihli atık su örneğinde 1.1×10^3 düzeyinde analiz edilmiş olup, diğer örneklerde rastlanılmamıştır.

Alınan örneklerde pH değerleri, 7.75 ile 9.50 arasında değişmiştir. Buna göre, çıkış suyu pH değerleri giriş suyuna göre daha yüksek olmuştur. Bunun nedeni ise, mikrobiyel faaliyetler sonucunda azotun dönüşümü ve olası NH₃’den dolayı yükselmiş olabilir. Buna göre, sulama sularının pH değerlerinin 6.5-8.0 arasında, yani nötr olması istenir. Alınan su örneklerinde pH değerlerinin, Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği’ne ve FAO (1985)’ya göre, sulama açısından başta bitki besin elementlerinin alımı olmak üzere, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimlere yol açabileceği anlaşılmaktadır. Ancak, Yılmaz’a (2004) göre, hafif alkali olan suyun bu özelliği çoğunlukla bikarbonat iyonlarının varlığından kaynaklanmaktadır. Kapalı sulama sistemlerinde kullanılan sulama sularının pH değerinin 6.0–6.5 civarında olması önerilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991). Damla sulamada kullanılan suyun pH değerinin 7.5’ten büyük olması ve yüksek düzeyde Ca ve Mg içermesi durumunda CaCO₃ ve MgCO₃ şeklinde çökelmelere neden olduğundan tıkanmalar oluşmaktadır (Şahin ve ark., 1998). Denemede kullanılan atık suların pH’sı su kirliliği yönetmeliği sınırları dışında olup özellikle kapalı sulama sistemlerinde kullanılması açısından sorunlar yaratacağı görülmektedir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.12) .



Şekil 4.12. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda pHdeğerlerinin zamansal değişimi

Arıtma tesisi çıkış suyundaki EC_w değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Denemede kullanılan atık su örneklerinin EC_w değerleri, 0.68 – 0.85 $dS\ m^{-1}$ değerleri arasında değişmiştir. 12.07.2011 tarihinde alınan atık suyun EC_w değeri 0.72 $dS\ m^{-1}$, 06.09.2011 tarihinde yani sulama sezonu sonrasında alınan atık su örneğinin EC_w değeri 0.85 $dS\ m^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Sulama sezonu içinde alınan örneğin EC_w değerinin düşük olması üniversitenin resmi tatil döneminde suyun kullanımının azalması ile açıklanabilir. 12.09.2012 tarihinde alınan atık suyun EC_w değeri 0.68 $dS\ m^{-1}$ düzeyindedir. Su kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre 0.805 $dS\ m^{-1}$ II. sınıf su olarak nitelendirilmektedir. Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre 0.250-0.750 $dS\ m^{-1}$ EC_w değerine sahip sular II. sınıf su olarak, 0.750-2.000 $dS\ m^{-1}$ EC_w değerine sahip sular ise III. sınıf su olarak nitelendirilir. FAO (1985)'ya göre bu sular 'orta' derecede kullanımı mümkün olan bir sudur. EC_w değerleri birbirine yakın olmakla birlikte, üniversite yerleşkesinde nüfusun yoğun olduğu dönemler, yüksek sıcaklık ve geçici kurak koşullar yüzünden atık suyun debisinin azalması ve daha derişik atık su oluşmasına neden olmuştur.



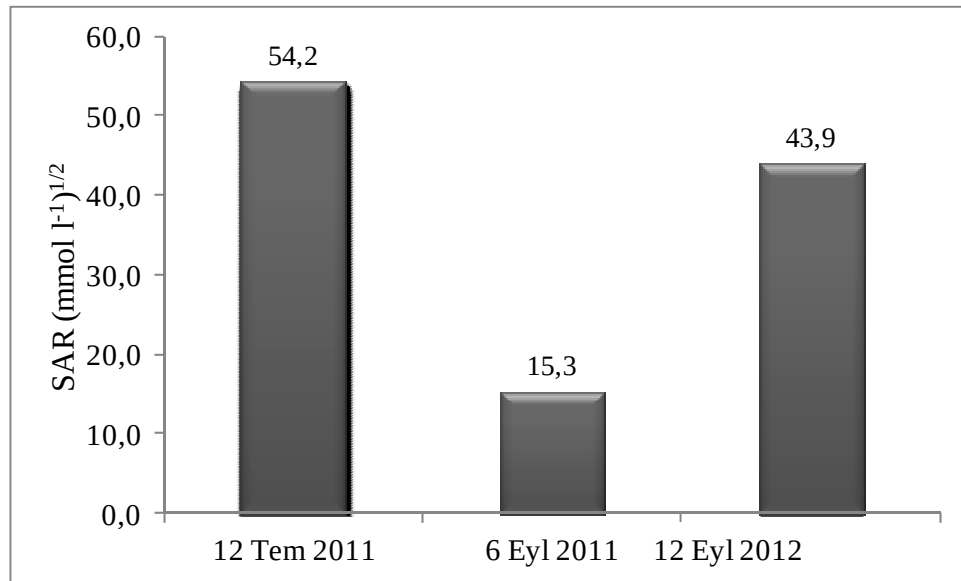
Şekil 4.13. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda EC değerlerinin zamansal değişimi

Arıtma tesisi çıkış suyunda sodyum miktarı 72.8-250.4 mg l⁻¹ arasında değişmiştir. Sodyum değerlerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 4.10'da görülmektedir. Denemenin ilk yılında Eylül ayında alınan örnekte 72.8 mg l⁻¹ civarında olan sodyum değerleri aynı yılın Temmuz ayında 250.4 mg l⁻¹ civarında bir değere yükselmiştir. Denemenin ikinci yılında alınan örnekte ise Na miktarı 130.19 mg l⁻¹ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Sodyum miktarında mevsimler itibariyle bir değişiklik görülmektedir. Bunun sebebi olarak dönemlere göre farklı miktarda evsel atık suyun tesise verilmesi ve iklim faktörleri gösterilebilir. Ayrıca, sodyum miktarının giriş suyuna göre daha yüksek olduğu görülecektir. Bunun nedeni, atık sudaki kalsiyumun olası çökmesi sonucu Na aktif hale gelmiş olabilir. Bu ise, Na'un yükselmesine neden olmuş olabilir.

Sulama sularında genellikle sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum tuzları bulunur. Sodyum içeriği yüksek sularla sulama yapıldığında sodyum, kalsiyum ve magnezyumla yer değiştirerek, toprağın yapısını ve geçirimliliğini olumsuz yönde etkiler ve alkali toprakların oluşmasına yol açar. Tesisin arıtılmış atık suyunun sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde en uygun parametre sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)'dır. Denemede kullanılan suların SAR değerleri 12.07.2011 tarihi için 6.77 (mmol L⁻¹)^{1/2}, 06.09.2011 tarihi için 1.15 (mmol L⁻¹)^{1/2} ve 12.09.2012 tarihi için ise 5.24 (mmol L⁻¹)^{1/2} olarak hesaplanmıştır. Atık sudaki Na'a bağlı olarak

SAR değerinin de giriş suyuna göre daha yüksek hesaplanmıştır. Bunun nedeni yukarıda açıklandığı üzere artan sodyuma bağlıdır.

Bu sonuçlardan hareketle tesisten çıkış noktasındaki atık suların SAR değerleri, Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği'ne göre I. sınıf – çok iyi (<10) kalitede olduğu söylenebilir (Şekil 4.14). Sulama suyu olarak kullanılabilirliğine SAR değeri açısından bir engel bulunmamaktadır. SAR değerinin nispeten yüksek olduğu iki örneğin analizinde, Na^+ iyonu derişiminin yüksek olmasına bağlıdır. Sodyumluluğun yüksek olması sulamada kullanıldığı takdirde, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemekle birlikte, bitki veriminde de önemli düşüslere yol açmaktadır. Yurtseven ve Bozkurt (1997) sulama suyu tuzluluğu ve sodyumluluğundaki artışa bağlı olarak marul veriminde önemli azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre atık su tesisinin çıkış noktasındaki atık suların sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır. Ancak bazı özel önlemler alınarak uygun bitkilerde sulama yapılabilir.

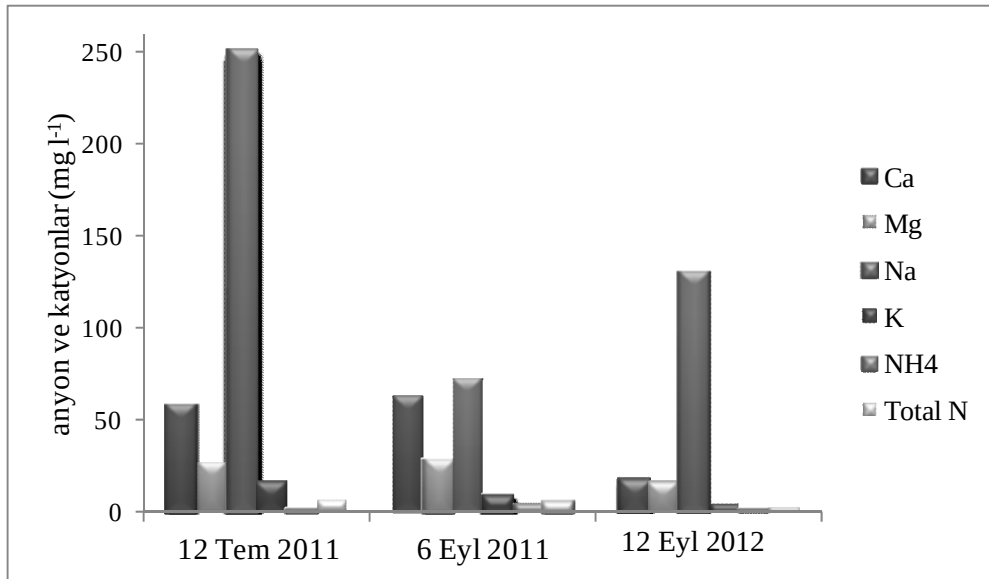


Şekil 4.14. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda SAR değerlerinin zamansal değişimi

Atık suların toplam azot değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.15'de gösterilmiştir. Toplam azot değerleri 12.07.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde 7.23 mg l^{-1} olarak en yüksek, 06.09.2011 tarihinde alınan atık su örneğinde 5.8 mg l^{-1} olarak ve

12.09.2012 tarihinde alınan örneğinde ise 3.11 mg l^{-1} en düşük olarak saptanmıştır. Buna göre, arıtmadan sonra azot düzeylerinde azalma olduğu görülecektir. Bunun nedeni, ise aneorobik koşullarda karbon yani organik madde giderimi olacağından dolayı ve denitrifikasyonla da bir miktar azot giderimi meydana gelebilecektir.

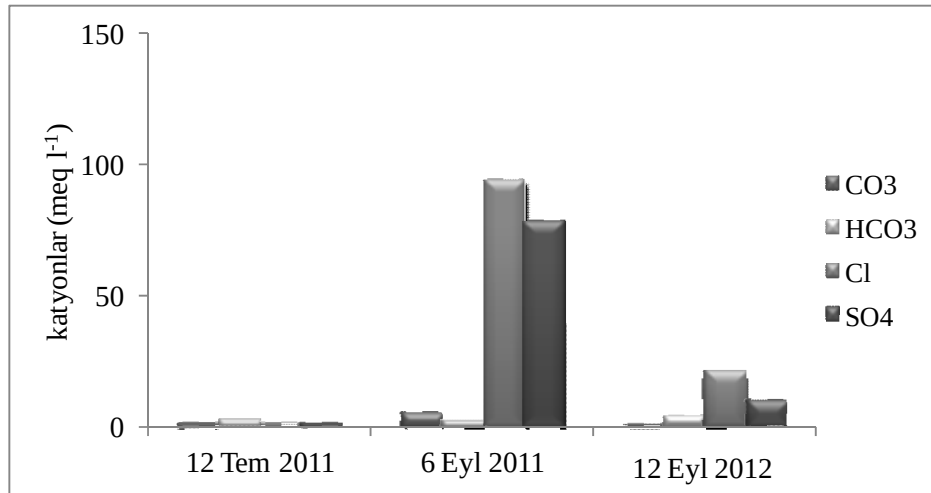
Azot derişiminin, sınır değerin (5 mg l^{-1}) üstünde olduğu dönemlerde suyun deşarj noktasından alınıp doğrudan sulamada kullanılması önerilmemektedir. Ayrıca atık su arıtma tesisinin deşarj noktasında kalsiyum miktarı $18.11-62.35 \text{ mg l}^{-1}$ aralığında, magnezyum $17.14-28.5 \text{ mg l}^{-1}$ aralığında, potasyum ise $5.06-17.5 \text{ mg l}^{-1}$ aralığında değışmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda Ca, Mg, Na, K, NH₄ ve Total N değerlerinin zamansal değışimi

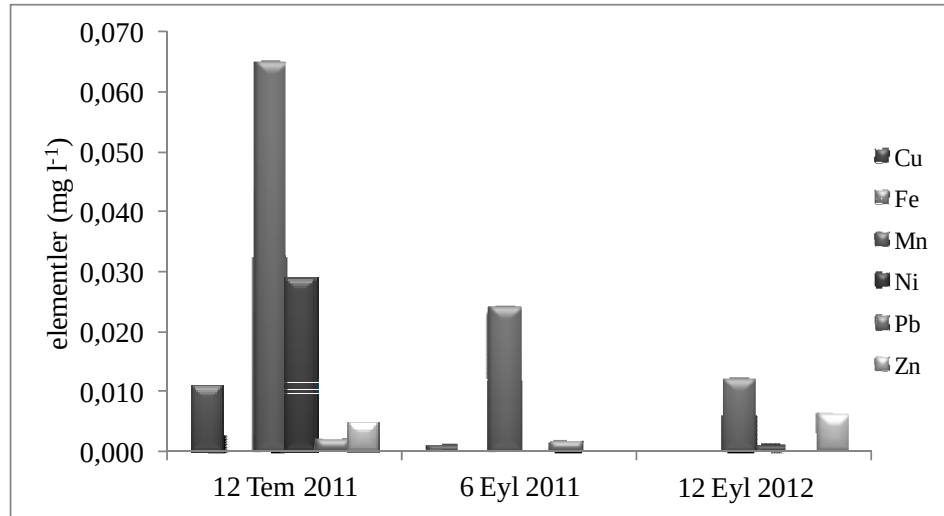
Atık su arıtma tesisinin deşarj noktasında klorür miktarı $1.39 - 93.9 \text{ mg l}^{-1}$ aralığında değışmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.16). Sularda bulunan toplam çözünmüş katı madde içinde klorür iyonlarının genellikle en önemli bileşeni oluşturduğu söylenebilir. Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluğun ve buna bağlı olarak EC'nin de yüksek değerde olduğunun göstergesidir. Klorür konsantrasyonunun alacağı değerler, gerek içme ve endüstriyel su kalitesi gerekse de sulama suyu kalitesi açısından doğrudan önem taşımaktadır (Ünlü ve ark., 2008).

Doğal sularda bulunan klorür anyonu suyun temasta olduğu jeolojik formasyonlardan kaynaklanmaktadır. Aksi takdirde endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanan kirliliğin göstergesi olabilir ya da tuzlu suların tatlı sulara, aküferlere karışması sonucu olabilir. Yüksek klorür konsantrasyonu metal boru ve yapılara, ağaç ve bitkilerin çoğuna zararlıdır (Bartram ve Ballance, 2004).



Şekil 4.16. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda CO₃, HCO₃, Cl ve SO₄ değerlerinin zamansal değişimi

Sulama suyu niteliği ile iz element ve ağır metal içeriklerine ait veriler, toplu olarak, Çizelge 4.3 ve Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Bu suların Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn gibi iz element ve ağır metal analizleri yapılmış, sonuçta Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği’ne göre bütün iz element ve ağır metallerin miktarı verilen sınır değerlerin altında saptanmıştır (Çizelge 4.3). Bu durum ise atık suların endüstriyel kaynaklı olmamasından, bir başka deyişle evsel kaynaklı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.17. Denemede kullanılan tesis çıkışından alınan atık suda bazı ağır metallerin miktarlarının zamansal değişimi

Atık suların arıtılmadan önce ve arıtıldıktan sonraki özellikleri ve analiz sonuçları karşılaştırıldığında, sezondaki nüfus yoğunluklarına da bağlı olarak birçok parametrenin çıkış suyunda giriş suyuna göre azaldığı gözlenmiştir. Ancak bazı zamanlarda pH ve EC gibi parametrelerin arttığı, bu durumunda yaz aylarında yüksek olan açık yüzey buharlaşması nedeniyle suyun buharlaşması ve mineral konsantrasyonunun artmasına bağlı olduğu söylenebilir.

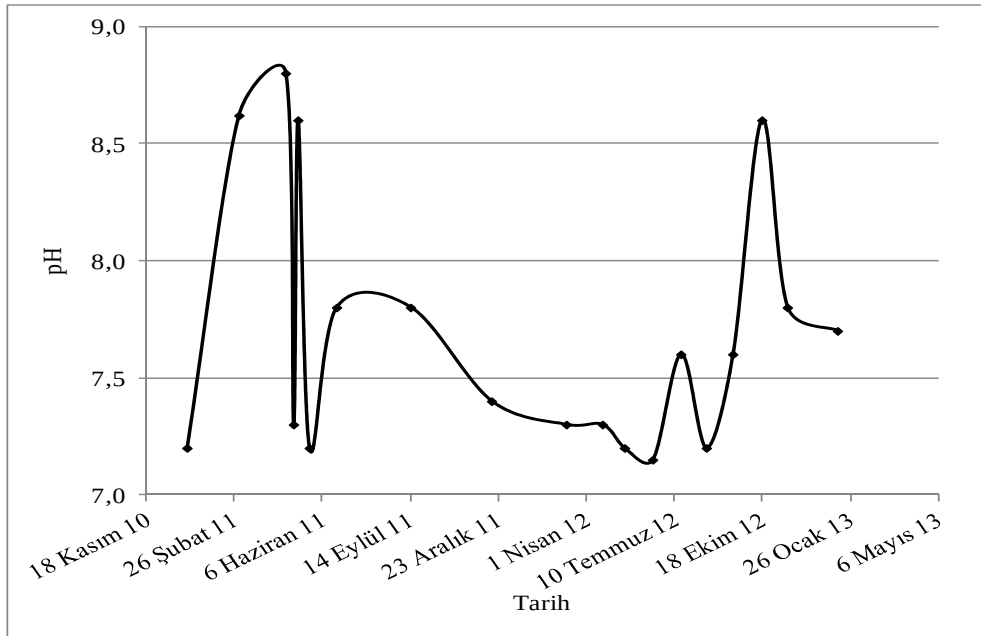
Ayrıca Dicle Üniversitesi Rektörlüğü Yapı İşleri Dairesi tarafından belli aralıklarla tesisin çıkış noktasından alınan fiziksel arıtılmış atık sulara ait pH değerleri ve biyolojik parametrelerin değerleri Ek-Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Ek-Çizelge 1 incelendiğinde denemenin yürütülmeye başlandığı tarihten önce ve sonra da örnekler alınmış olup, pH değerleri 7.2-8.8 arasında değişmiştir (Ek-Çizelge 3 ve Şekil 4.18). Teknik Usuller Tebliği (1991)’ne göre diğer parametreler göz önüne alınmaksızın, pH değerlerinin 6.5-8.5 arasında olması sulama açısından elverişli olan I. sınıf - III. sınıf su grubuna girdiğini göstermektedir.

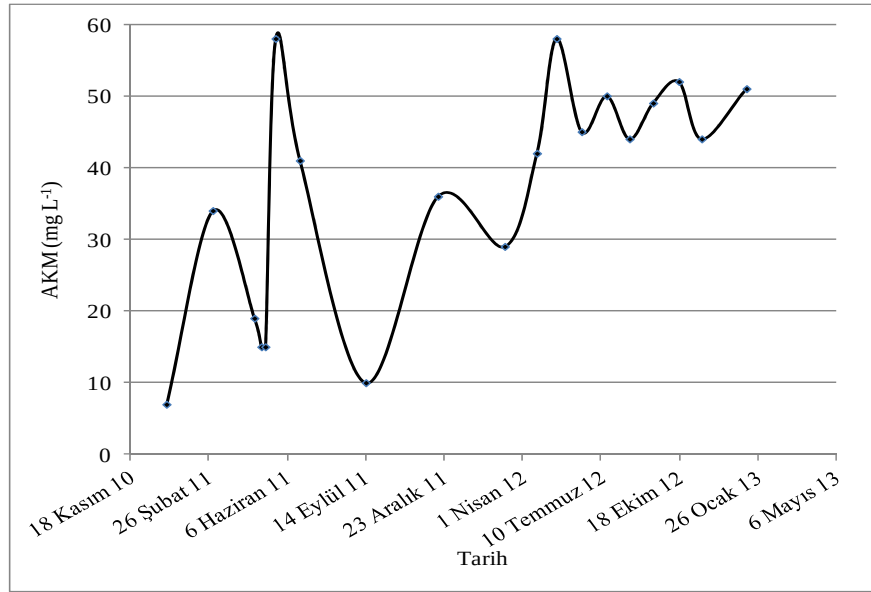
AKM miktarı açısından değerlendirildiğinde 7-58 mg l⁻¹ arasında değerler gözlenmiştir. Anonymous (1991) Teknik Usuller Tebliği’ne göre bu değerler I. sınıf su (20 mg l⁻¹) ile IV. sınıf su (60 mg l⁻¹) arasındadır (Ek-Çizelge 1 ve Şekil 4.19).

Bu değerlerin çoğunluğu yüzey sulamalarda sorun yaratmayacak olup, basınçlı sulama sistemlerinde uzun süre kullanılmaları neticesinde tıkanmalar

meydana getirebilecektir. BOI_5 parametresi göz önüne alındığında örneklerde bu parametrenin $1.5-293 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değiştiği görülmektedir. Gözlenen 293 mg l^{-1} değeri oldukça yüksek bir değer olup yalnız bir defa gözlenmiştir. Genel olarak BOI_5 parametresine ait analiz sonuçları I. sınıf ($0-25 \text{ mg l}^{-1}$) ile II. sınıf ($25-50 \text{ mg l}^{-1}$) arasında değişmiştir (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.20). BOI_5 değerinin küçük olması suyun temiz olduğunu veya mikroorganizmaların sudaki organik maddeyi kullanmadığını gösterir. Genellikle kirletilmemiş veya az kirletilmiş sularda BOI_5 ; KOI 'nin % 50'si kadardır. BOI_5 'in bu değerden düşük olması, ortamda toksitenin yüksek olması anlamına gelmektedir (Anonymous, 2013c).

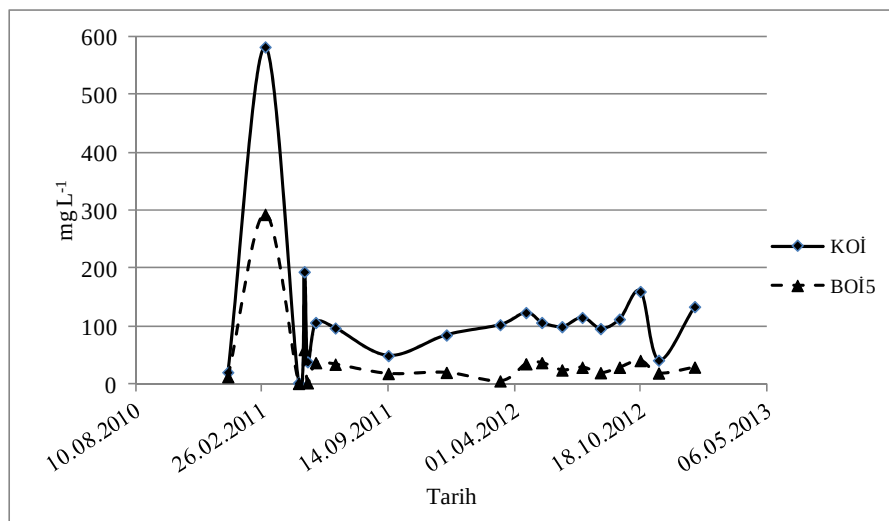


Şekil 4.18. Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem pH değerlerinin değişimi



Şekil 4.19. Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem AKM miktarlarının değişimi

Yüzey sularında, kirletilmemiş sularda KOİ 20 mg l⁻¹ civarında iken; atık su deşarjı yapılan yerlerde 200 mg l⁻¹ ve üzerindedir. Endüstriyel atık sularda ise bu değer 100-60000 mg l⁻¹ arasında olabilmektedir. Denemede kullanılan arıtılmış evsel atık sularda ise KOİ değerleri 2,45-582 mg l⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir (Ek-Çizelge 1 ve Şekil 4.20). Bu atık sular alındığı dönemlere bağlı olarak I. sınıf su ile V. sınıf su (zararlı) özelliği taşımaktadır.



Şekil 4.20. Arıtma tesisi çıkışından alınan atık suyun uzun dönem KOİ ve BOİ₅ miktarlarının değişimi

Uzun dönemde atık su arıtma tesisinin arıtma performansı incelendiğinde (Ek-Çizelge 1), iklim koşulları (özellikle yağış yetersizliği ve buharlaşma), nüfus yoğunluğu ve giren atık suyun niteliğine bağlı olarak çoğu zaman sorun teşkil etmese de özellikle hassas bitkilerde yüzey sulama için uygulanması sakıncalı olacaktır. Basınçlı sulama sistemlerinde her ne kadar fiziksel arıtma yapılsa da bu sistemlerde de çökeltme ve tıkanma problemlerine karşı dikkatli olunmalıdır.

4.2. Atık Suyun Pamuk Bitkisinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri

4.2.1. Atık Suyun Kütlü Pamuk Verimine Etkisi

Farklı kalite (atık ve temiz su) ve gübre düzeyinde uygulanan sulama sularının kütlü pamuk verim sonuçları yıllara göre Çizelge 4.4'de verilmiştir. Deneme tankında toplam üç bitki yetiştirilmiş ve değerlendirilmiştir. Buna göre ilgili çizelgede dört tekerrür ve üç bitkiden elde edilen verim değerlerinin ortalaması alınarak bitki başına düşen verim sonuçları verilmiştir. Ayrıca yıllara ve konulara göre tekerrürler bazında bitki başına verimler 2011 yılı için Ek Çizelge 2 ve 2012 yılı için ise Ek Çizelge 3'de verilmiştir.

Denemede kullanılan su, temiz şebeke suyu ve fiziksel olarak arıtılmış atık suyun niteliğine bağlı olarak elde edilen pamuk kütlü verimleri 2011 yılında 14.1-29.5 g bitki⁻¹, 2012 yılında ise 24.8–30.3 g bitki⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek kütlü pamuk verimi 2011 yılı için (29.5 g bitki⁻¹) ticari gübre uygulanmayan ve atık su uygulaması yapılan F₂I₁ konusundan, 2012 yılı için ise (30.3 g bitki⁻¹) ticari gübre uygulanan ve atık su uygulaması yapılan F₁I₂ konusundan elde edilmiştir. Ancak mevcut ticari gübre uygulaması ile bunun yarısının uygulandığı gübre konuları ile atık su uygulaması konularından elde edilen verimler arasında önemli bir fark meydana gelmemiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Deneme konuları ve yıllara göre pamuk kütlü verimleri

2011			2012		
Ana konular	Alt Konular	Ort. Verim (g bitki ⁻¹)	Ana konular	Alt Konular	Ort. Verim (g bitki ⁻¹)
F ₁	I ₀	14.1	F ₁	I ₁	25.9
	I ₁	13.7		I ₂	30.3
	I ₂	15.2		I ₃	26.7
	I ₃	11.6	F ₂	I ₁	25.4
	I ₄	14.2		I ₂	30.0
F ₂	I ₀	28.0		I ₃	26.6
	I ₁	29.5	F ₃	I ₁	24.8
	I ₂	24.8		I ₂	26.5
	I ₃	21.2		I ₃	26.5
	I ₄	23.7			

Elde edilen verilere göre 2011 yılı için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, 2011 yılında farklı kalite ve düzeydeki sulama suyu uygulamalarının pamuk verimi üzerine etkileri istatistiksel bakımdan önemli bulunmamıştır. Ayrıca, gübre dozları ve sulama suları arasında istatistiksel bakımdan önemli bir etkileşim (interaksiyon) elde edilmemiştir (Çizelge 4.5). Buna göre, deneme konularının etkileri ayrı ayrı Çizelge 4.6’da verilmiştir.

2011 yılı verileri incelendiğinde, gübre uygulanan ve gübre uygulanmayan ana konular arasında dikkate değer önemli düzeyde verim farkı olduğu görülecektir (Çizelge 4.6). Bu kadar önemli düzeyde verim farkı olmasına rağmen, konular arasında istatistiksel olarak önemli fark çıkmamasının nedeni, ana konu sayısının iki olması, dolayısıyla serbestlik derecesinin bir olarak alınması, hata kareler ortalamasının yüksek olmasını sonuçlamıştır. Bu ise Çizelge F değerinin yükselmesini, buna karşın hesaplanan F değerini ise düşürdüğünden istatistiki olarak fark önemli olmamıştır. Bu veriler, pamuk bitkisine ticari gübre uygulanmasa bile atık sudan bitkinin yeterli derecede gerekli bitki besin maddesi aldığını ve bunun da verimi arttırdığını göstermektedir.

Çizelge 4.5. Sulama ve gübre uygulamalarının kütlü pamuk verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F hesaplanan	F (Çizelgeden)	
					0.05	0.01
Tekrarlamalar	3	1359.87	453.29	1.46	8.64	26.6
Gübre düzeyleri (A)	1	1364.22	1364.22	4.40	10.13	34.12
Hata (A)	3	928.75	309.58			
Sulama suyu (B)	4	133.39	33.35	1.27	5.77	13.93
İnteraksiyon (AxB)	4	71.34	17.84	0.68	6.39	15.98
Hata (B)	24	627.73	26.16			
Toplam	39	4485.30				
Değ. Kat. (%) :	26.1					

Ayrıca, 2011 yılı için ana konuların (gübre uygulanan ve gübre uygulanmayan konular) pamuk verim artışı üzerine etkisinin önemli bir gösterge olması, Bölüm 4.1.2 “Arıtma Tesisinden Çıkan Suyun Özellikleri” bölümünde verilen Çizelge 4.3 ve Şekil 4.15 incelendiğinde, özellikle azot değerlerinin verilen sınır değer olan 5 mg l^{-1} ’in üzerinde olduğu ve buna bağlı olarak atık suyun bitkinin gelişim ve veriminde etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle normal ticari gübre uygulaması yapılan F_1 konusuna göre, atık su uygulamasından elde edilen verim % 45.9 daha yüksek olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Benzer şekilde Dawson ve Hilton (2011) atık su ile sulamanın bitkilere ucuz yoldan bitki besin elementi sağlayabileceğini belirtmiştir.

Ayrıca Oron ve DeMalach (1987) İsrail’de evsel atık su ile damla sulama koşullarında atık su $5500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve bunun % 80 düzeyi uygulanmıştır. Maksimum kütlü pamuk verimi 7000 kg/ha ile çift sıralı ekim sisteminde haftada 2 kez sulama ile elde edilmiştir. Aynı ekim sisteminde, haftada 1 ve her gün sulamada ise 6040 kg ha^{-1} verim elde edilmiştir. Geleneksel sıra aralığı ve haftada 1 sulamada verim 6016 kg ha^{-1} olmuştur. Belirtilen verimlerin alınmalarında hiçbir ticari gübre kullanılmamıştır. Yine Singh ve Mishra (1987), atık su uygulamalarının mısırdan dane verimini % 10 arttırdığını belirtmiştir. Marten ve ark. (1980) atık suyun mısırdan, Day ve Tucker (1977) sorgumda, Bole ve Bell (1978) yoncada, Aziz ve ark. (1996) tahıl ve baklagillerde, Shahalam ve ark. (1998) yonca, domates ve turuncgillerde, Parameswaran (1999) enginar da verim artışı sağladığını bildirmişlerdir. Yağmur ve

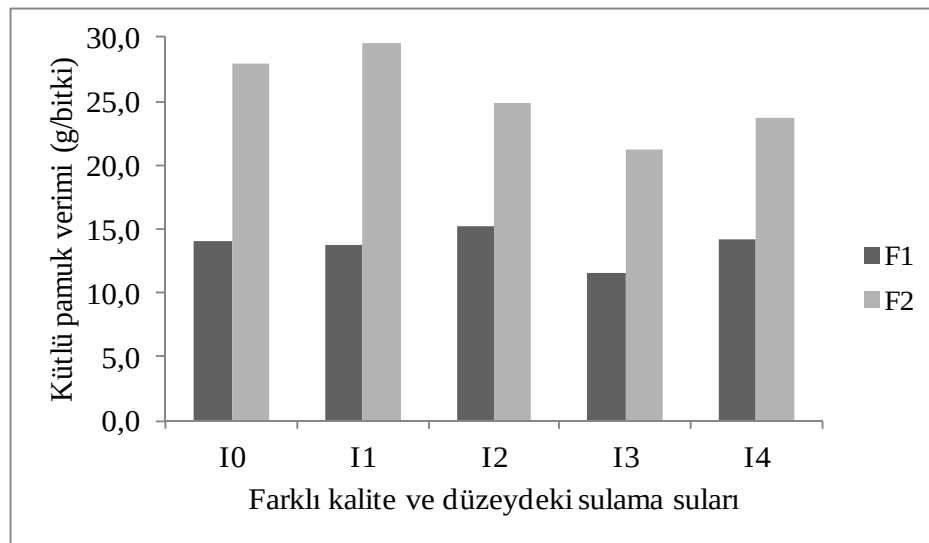
ark., (2005) mercimek bitkisinde yaptıkları çalışmada, dekara 2-3 ton atık çamuru kullanılması ile dekara 2 kg N ve 5 kg P_2O_5 gübre kullanımına eşdeğer bir etki ettiğini ve mercimek verimini önemli düzeyde arttırdığını tespit etmişlerdir.

Denemede, en yüksek verimler baz alınarak, diğer uygulamalardan elde edilen verimler kıyaslanarak oransal verim değerleri bulunmuştur. Bu değerler 2011 yılı için Çizelge 4.6'da ve 2012 yılı için Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Sulama suyunun ve gübre uygulamalarının 2011 yılı için kütlü verimine ayrı ayrı etkileri

Ana konular (Gübre düzeyi)	Kütlü pamuk verimi (g bitki ⁻¹)	Oransal verim azalışı (%)	Alt konular (Sulama suları)	Kütlü pamuk verimi g (bitki ⁻¹)	Oransal verim azalışı (%)
F ₂	31.8	45.9	I ₁	23.1	3.2
			I ₀	22.4	13.5
			I ₂	20.0	15.3
F ₁	17.2	-	I ₄	19.6	27.2
			I ₃	16.8	-

Sonuç olarak 2011 yılında sulama suyu kalitesi ve düzeyi ne olursa olsun, gübre uygulaması olmayan konu olan F₂ konusundan elde edilen verim, önerilen dozda gübreleme uygulanan konu olan F₁ konusuna göre oldukça yüksek verimi sonuçlamıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Bütün konulara göre 2011 yılında pamuk kütlü verimi

2012 yılında deneme konuları benzer olmakla beraber, ticari gübre uygulamasında azaltılma ve atık su uygulamalarında farklılık olmuştur.

Denemenin 2012 yılı verilerine göre de 2011 yılında olduğu gibi, uygulanan konular arasında istatistiksel olarak önemli fark elde edilememiştir. Buna göre, atık su kaynağı ve ticari gübre uygulamaları arasında verimde önemli bir fark meydana gelmemiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Sulama ve gübre uygulamalarının kütlü pamuk verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden)	
					0.05	0.01
Tekrarlamalar	3	27.78	9.26	4.01	8.65	26.80
Gübre düzeyleri (A)	2	19.50	9.50	4.23	19.33	99.33
Hata (A)	6	13.84	2.31			
Sulama suyu (B)	2	78.67	39.34	19.30	19.44	99.44
İnteraksiyon (AxB)	4	17.84	4.46	2.18	5.84	14.15
Hata (B)	18	36.69				
Toplam	35	194.31				
Değ. Kat. (%) :	5.30					

2012 yılında gübresiz ve atık su uygulamaları arasında bitkinin bitki besleme ve verim üzerinde etkisi, 2011 yılı verileri ile kıyaslandığında, bu etkinin ya da verimler arasındaki farkın daha az olduğu görülecektir. Bunun nedenleri olarak, denemenin çakılı deneme olması, benzer konuların aynı tanka uygulanması, ikinci yılda bitki verimi üzerine etkili olmadığı ya da önemsiz olduğu söylenebilir. Başka bir anlatımla, her yıl bitkinin atık su ile sulanması ve özellikle bitki besin maddesi ile verim artışı üzerindeki etkisini azaltmıştır. Bu bulgulara benzer şekilde, Camp ve ark. (1985) aşırı azot uygulamalarında bitkinin maksimum doygunluk derecesine ulaştıktan sonra kalan azotun yıkanacağından dolayı, verimin artmayacağını vurgulamıştır. Baier ve Fryer (1973), sulama suyu kaynağı olarak yalnız atık suyu kullanan çiftçilerin gübre uygulama zamanı üzerindeki kontrolü kaybedeceğini ve bunun sonucunda da toprakta daha fazla azot birikeceğini belirtmişlerdir. Bazı durumlarda, özellikle bitki çok yıllıksa, bitkiye herhangi bir kaynaktan çok fazla düzeyde de azot uygulanmasının pazarlanabilir ürün verimini her zaman olmamakla

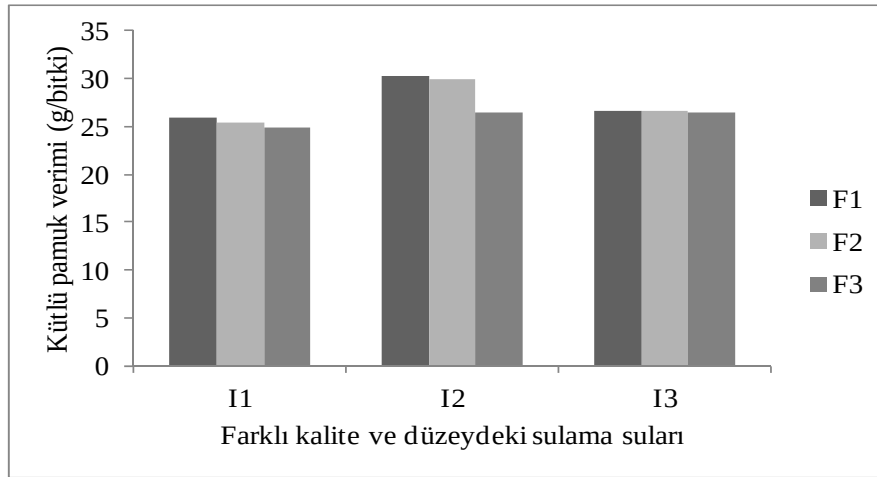
birlikte azaltılabileceğini, olgunlaşma tarihini geciktirebileceğini ve meyve büyüklüğünü küçültebileceğini vurgulamışlardır.

Çizelge 4.8. Sulama suyunun ve gübre düzeylerinin 2012 yılı için kütlü verimine ayrı ayrı etkileri

Ana konular (Gübre düzeyi)	Kütlü pamuk verimi (g bitki ⁻¹)	Oransal verim azalışı (%)	Alt konular (Sulama suları)	Kütlü pamuk verimi (g bitki ⁻¹)	Oransal verim azalışı (%)
F ₁	27.6	1.03	I ₂	28.9	8.0
F ₂	27.3	6.10	I ₃	26.6	12.3
F ₃	25.9		I ₁	25.3	

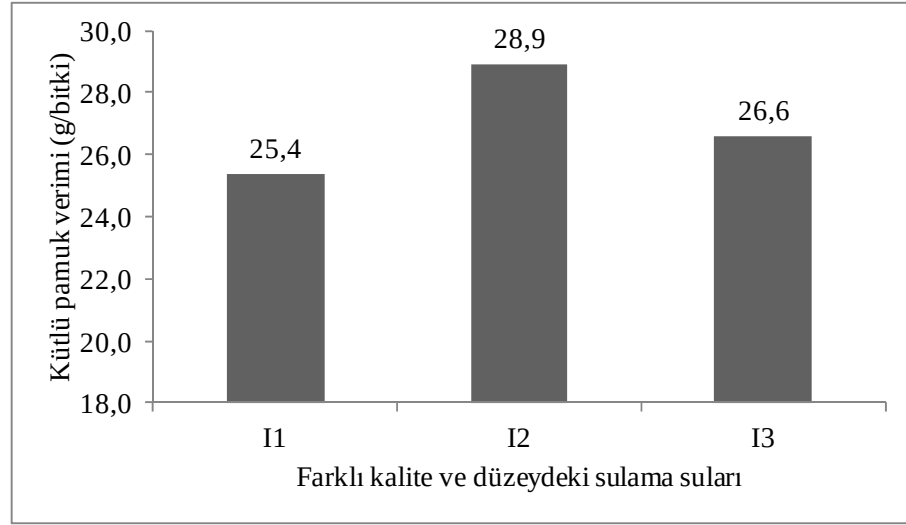
2012 yılı için bütün deneme konuları göz önüne alındığında kütlü pamuk veriminin değişimi Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Sonuç olarak aynı düzeyde uygulanan atık suyun temiz suya göre pamuk kütlü verimini arttırdığı Tsadilas ve Vakalis (2003) ile Gündüz (2013) tarafından da tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Konulara göre kütlü pamuk verimi (2012)

Şekil 4.23’te de 2012 yılı için farklı kalitedeki sulama suyu uygulamalarının, kütlü pamuk verimi üzerine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Sulama uygulamalarına göre kütlü pamuk verimi (2012)

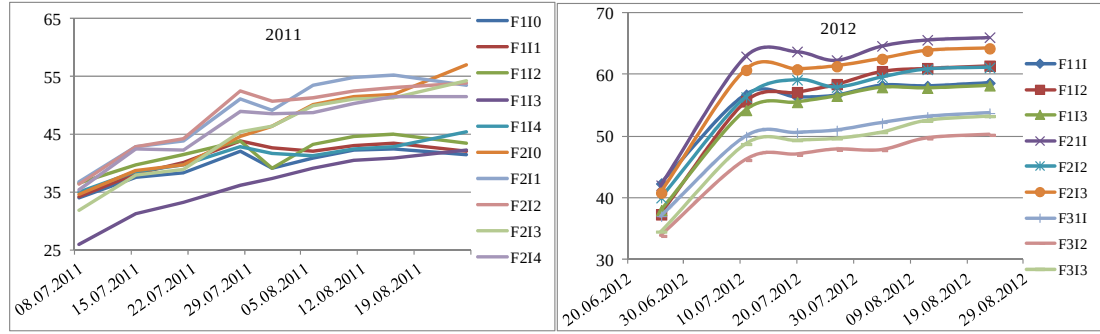
4.2.2. Atık Suyun Pamuk Bitkisinin Verim Unsurları Üzerine Etkileri

Deneme konularının pamuk bitkisinin verim unsurlarından bitki boyuna ilişkin değerleri yıllara göre Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Çizelge dört tekrarlamının ortalaması olarak 2011 yılı için en yüksek bitki boyu F_2I_0 konusundan (56.9 cm), en düşük bitki boyu ise F_1I_0 konusundan (41.4 cm) elde edilmiştir. Denemenin 2011 yılı için ana konular incelendiğinde, gübreleme yapılmayan F_2 konusunun, bütün alt konularında, gübrelemenin yapıldığı F_1 konusuna göre daha yüksek bitki boyu ölçülmüştür (Şekil 4.24).

Yine Çizelge 4.9 incelendiğinde, 2012 yılı için en düşük bitki boyunun 54.8 cm ile F_3I_2 konusunda, en yüksek bitki boyunun ise 61.4 cm ile yine F_2I_1 konusundan elde edildiği gözlenmiştir. Ana konular incelendiğinde ise önerilen ticari gübre uygulamasının yarısının uygulandığı konu olan F_2 konusunda en yüksek bitki boyları gözlenmiştir (Şekil 4.24).

Çizelge 4.9. Deneme konuları ve yıllara göre bitki boyu

Ana konular	Alt Konular	2011	Ana konular	Alt Konular	2012
F ₁	I ₀	41.4	F ₁	I ₁	59.4
	I ₁	42.1		I ₂	57.7
	I ₂	43.5		I ₃	58.0
	I ₃	42.3	F ₂	I ₁	61.4
	I ₄	45.3		I ₂	60.2
F ₂	I ₀	56.9		I ₃	60.7
	I ₁	53.5	F ₃	I ₁	57.5
	I ₂	53.8		I ₂	54.8
	I ₃	54.3		I ₃	56.9
	I ₄	51.5			



Şekil 4.24. Deneme konularına ve yıllara göre pamuk bitkisinin bitki boyu gelişimi

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, 2011 yılı için farklı gübreleme konuları bitki boyunu, istatistiksel olarak etkilememiştir. Ayrıca farklı miktar ve nitelikteki sulama sularının bitki boyu için belirgin bir etkisi gözlenmemiştir (Çizelge 4.10). 2012 yılında ise varyans analizlerine göre sulama sularının, farklı gübreleme konularının dozlarının ve sulama suyu ile gübreleme interaksiyonunun bitki boyu üzerine belirgin bir etkisi gözlenmemiştir.

Çizelge 4.10. Sulama ve gübre uygulamalarının bitki boyu üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden)	
					0.05	0.01
Tekrarlamalar	3	729.61	243.20	9.09	8.64	26.60
Gübre düzeyleri (A)	1	1180.48	1180.48	44.13	10.13	34.12
Hata (A)	3	80.24	26.75			
Sulama suyu (B)	4	2.86	0.72	0.03	5.77	13.93
İnteraksiyon (AxB)	4	78.04	19.51	0.72	6.39	15.98
Hata (B)	24	652.93	27.21			
Toplam	39	2724.17				
Değ. Kat. (%) :	10.52					

Bütün konuların 2012 yılı için bitki boyu üzerine etkileri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Sulama suyunun ve gübre düzeylerinin bitki boyuna etkileri (2012)

Ana konular (Gübre düzeyi)	Bitki boyu (cm)	Alt konular (Sulama suları)	Bitki boyu (cm)
F ₂	63.8	I ₁	59.4
F ₁	59.4	I ₃	58.5
F ₃	53.7	I ₂	57.6

Denemenin yürütüldüğü yıllarda hasat edilebilir toplam koza sayısı ve meyve dalı sayısına sulama sularının, gübre uygulamalarının ve sulama suyu ile gübre uygulamalarının interaksiyonunun belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Koza sayısına ilişkin varyans analiz tabloları 2011 yılı için Çizelge 4.12’de ve 2012 yılı için ise Çizelge 4.13’de verilmiştir. Meyve dalı sayısına ilişkin varyans analiz tabloları ise 2011 yılı için Çizelge 4.14’de ve 2012 yılı için Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden) 0.05 0.01	
Tekrarlamalar	3	12.97	4.32	0.97	8.64	26.60
Gübre düzeyleri (A)	1	3.54	3.54	0.80	10.13	34.12
Hata (A)	3	13.36	4.45			
Sulama suyu (B)	4	1.34	0.34	0.96	5.77	13.93
Interaksiyon (AxB)	4	0.29	0.08	0.21	6.39	15.98
Hata (B)	24	8.41	0.35			
Toplam	39	39.91				
Değ. Kat. (%) :	17.45					

Çizelge 4.13. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının koza sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden) 0.05 0.01	
Tekrarlamalar	3	0.05	0.02	0.48	8.65	26.8
Gübre düzeyleri (A)	2	0.42	0.21	6.21	19.33	99.35
Hata (A)	6	0.20	0.03			
Sulama suyu (B)	2	0.37	0.19	6.90	19.44	99.44
Interaksiyon (AxB)	4	0.02	0.01	0.22	5.84	14.15
Hata (B)	18	0.49	0.03			
Toplam	35	1.57				
Değ. Kat. (%) :	4.4					

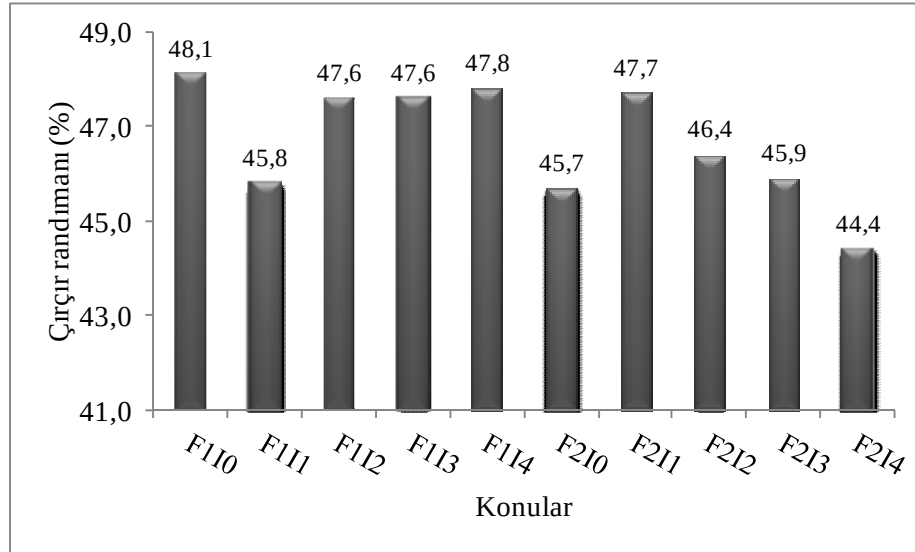
Çizelge 4.14. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının meyve dalı sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden) 0.05 0.01	
Tekrarlamalar	3	1.02	0.34	0.42	8.64	26.60
Gübre düzeyleri (A)	1	2.45	2.45	3.04	10.13	34.12
Hata (A)	3	2.42	0.87			
Sulama suyu (B)	4	0.30	0.08	0.71	5.77	13.93
Interaksiyon (AxB)	4	0.16	0.04	0.37	6.39	15.98
Hata (B)	24	2.57	0.11			
Toplam	39	8.92				
Değ. Kat. (%) :	15.24					

Çizelge 4.15. Sulama suyu ve gübre uygulamalarının meyve dalı sayısı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları (2012)

Varyasyon kaynakları	S.D.	K.T.	K.O.	F (hesaplanan)	F (Çizelgeden) 0.05 0.01	
Tekrarlamalar	3	0.21	0.07	1.21	8.65	26.8
Gübre düzeyleri (A)	2	0.15	0.07	1.33	19.33	99.35
Hata (A)	6	0.34	0.05			
Sulama suyu (B)	2	0.89	0.44	12.09	19.44	99.44
Interaksiyon (AxB)	4	0.11	0.02	0.75	5.84	14.15
Hata (B)	18	0.66	0.03			
Toplam	35	2.38				
Değ. Kat. (%) :	6.14					

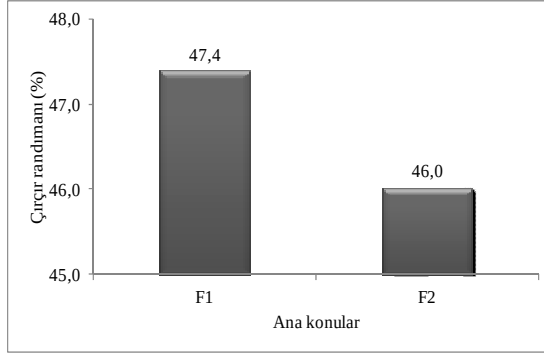
Verim unsurlarından olan çırçır randımanı için bütün konular bazında 2011 yılı için çırçır randımanı Şekil 4.25’de verilmiştir.



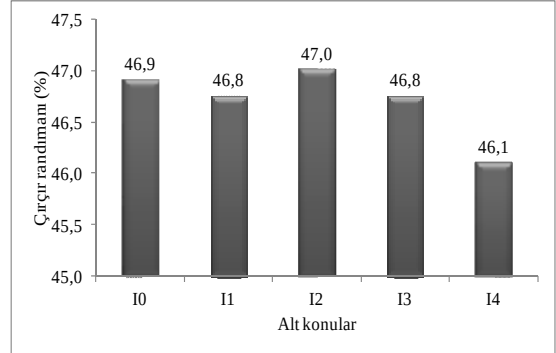
Şekil 4.25. Deneme konularında çırçır randımanı (2011)

Şekil 4.25 incelendiğinde, en yüksek çırçır randımanı F_1I_0 konusundan % 48.1 olarak, en düşük çırçır randımanı ise F_2I_4 konusundan % 44.4 olarak elde edilmiştir. Ana konular göz önüne alındığında önerilen gübrelemenin yapıldığı F_1 konusunda çırçır randımanı, gübrelemenin olmadığı F_2 konusuna göre daha fazla olmuştur (Şekil 4.26a). Alt konulara bakıldığında ise en düşük çırçır randımanı değerinin atık su ve şebeke suyu karışımı olan I_4 konusundan elde edildiği

gözlenmiştir. Diğer alt konularda çırçır randımanı değerleri birbirine oldukça yakın ($I_0 = \% 46.9$, $I_1 = \% 46.8$, $I_2 = \% 47.0$, $I_3 = \% 46.8$) çıkmıştır (Şekil 4.26 b).

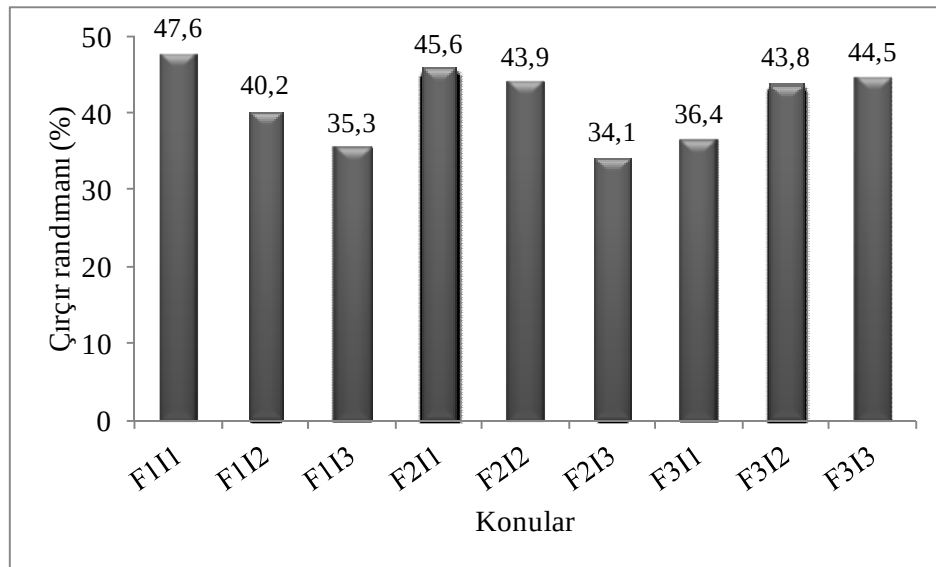


Şekil 4.26a. Ana konulara (gübre) göre çırçır randımanı (2011)



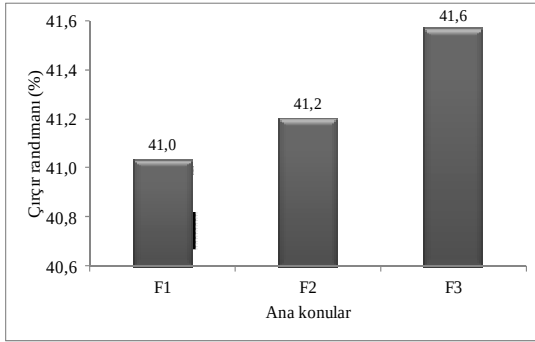
Şekil 4.26b. Alt konulara (sulama suyu) göre çırçır randımanı (2011)

Denemenin ikinci yılında da tekerrürler birleştirilerek çırçır randımanı için tek örnekler oluşturulmuştur. Bütün konular incelendiğinde en yüksek çırçır randımanı % 47.6 ile önerilen miktarda gübreleme yapılan ve şebeke suyu ile sulanan F_1I_1 konusundan elde edilmiştir. En düşük çırçır randımanı ise % 34.1 olarak önerilen ticari gübre uygulamasının miktarının yarısı miktarında gübreleme yapılan ve atık su ile şebeke suyunun eşit miktardaki karışımından oluşan sulama uygulamasından (F_2I_3 konusu) elde edilmiştir (Şekil 4.27).

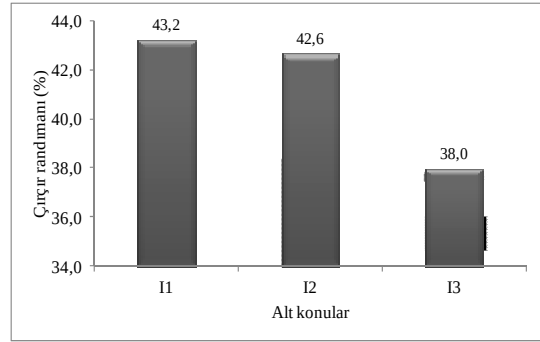


Şekil 4.27. Atık su ve gübre düzeylerine göre 2012 yılı çırçır randımanı

Ana konular baz alındığında önerilen gübrelemenin yapıldığı F₁ konusunda çırçır randımanı (% 41.0), gübrelemenin önerilen dozun yarısı kadar uygulanan F₂ (% 41.2) ve hiçbir ticari gübrelemenin yapılmadığı konu olan F₃ (% 41.6) konusuna göre daha düşük olmuştur (Şekil 4.28 a). Alt konulara bakıldığında ise en düşük çırçır randımanı değerinin atık su ve şebeke suyu karışımı olan I₃ konusundan elde edildiği gözlenmiştir. 2011 yılı için de alt konulara bakıldığında yine en düşük çırçır randımanının karışım suyundan elde edildiği görülmektedir. Alt konularda çırçır randımanı değerleri I₁, I₂ ve I₃ konuları için sırasıyla % 43.2, % 42.6 ve % 38.0 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.28 b).



Şekil 4.28a. Ana konulara (gübreleme) göre çırçır randımanı (2012)



Şekil 4.28b. Alt konulara (sulama suyu) göre çırçır randımanı (2012)

4.2.3. Atık Suyun Pamuk Bitkisinde Lif Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Denemenin yürütüldüğü 2011 ve 2012 yıllarında hasadı yapılan kütlü pamukların çırçır işlemi yapıldıktan sonra Diyarbakır Ticaret Borsası'nda lif kalite analizleri yapılmıştır. Lif kalite özelliklerine ait değerler 2011 ve 2012 yılları için sırası ile Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'te verilmiştir.

Çizelge 4.16. Atık suyun pamuk bitkisinin lif kalite özellikleri üzerine etkisi (2011)

Ana konular	Alt Konular	Lif inceliği (mic)	Lif uzunluğu (mm)	Lif yeknesaklığı (%)	Lif dayanıklılığı (g/tex)	Lif esnekliği (%)
F ₁	I ₀	4.68	25.2	85.5	28.7	6.2
	I ₁	4.12	27.2	83.7	30.9	6.3
	I ₂	4.23	27.6	84.8	34.3	6.3
	I ₃	4.38	26.9	82.4	31.4	6.7
	I ₄	4.29	28.8	85.0	34.4	6.6
F ₂	I ₁	4.50	27.6	85.6	30.1	6.3
	I ₂	4.79	26.9	83.8	32.7	6.6
	I ₃	4.45	27.4	83.3	29.6	6.3
	I ₄	4.63	26.1	82.8	27.1	6.0
	I ₅	4.20	26.5	81.6	27.8	6.6

Çizelge 4.17. Atık suyun pamuk bitkisinin lif kalite özellikleri üzerine etkisi (2012)

Ana konular	Alt Konular	Lif inceliği (mic)	Lif uzunluğu (mm)	Lif yeknesaklığı (%)	Lif dayanıklılığı (g/tex)	Lif esnekliği (%)
F ₁	I ₁	4.27	25.2	84.0	24.5	5.0
	I ₂	4.53	25.9	84.0	29.6	4.8
	I ₃	4.30	25.4	83.8	27.6	4.8
F ₂	I ₁	4.96	27.1	85.2	27.9	5.0
	I ₂	4.80	24.9	84.7	25.9	5.0
	I ₃	4.46	25.7	84.5	28.2	4.8
F ₃	I ₁	4.81	26.3	83.3	28.1	4.8
	I ₂	4.77	26.9	86.2	29.5	4.8
	I ₃	5.09	26.7	86.0	28.3	4.6

4.3. Denemede Kullanılan Suların Toprak Özelliklerine ve Kirliliğe Etkisi

Denemede kullanılan suların, toprakların kimyasal özelliklerine etkisini incelemek amacıyla, hasat sonunda 30 cm'lik katmanlardan 60 cm'ye dek toprak örnekleri alınmıştır. Değerilen örneklerde pH, EC, CaCO₃, organik madde, azot, fosfor ve potasyum, kimi iz element ve ağır metal analizleri yapılmıştır.

4.3.1. Toprakların pH, EC, CaCO₃ ve Organik Madde Kapsamları

Deneme topraklarının pH, toplam tuz, EC, CaCO₃ ve organik madde ile ilgili sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Deneme sonunda toprak örneklerinde EC, toplam tuz, pH, CaCO₃ ve organik madde miktarı

Ana konular	Alt Konular	Katman derinliği (cm)	pH	Toplam tuz, %	EC, dS/m	Kireç (CaCO ₃), %	Organik madde, (%)
F ₁	I ₁	0-30	7.8	0.044	0.98	7.82	0.64
	I ₁	30-60	7.9	0.059	1.27	8.69	0.61
	I ₂	0-30	7.9	0.054	1.18	8.62	0.40
	I ₂	30-60	7.9	0.079	1.71	8.62	0.40
	I ₃	0-30	7.8	0.053	1.14	9.06	0.34
	I ₃	30-60	7.8	0.057	1.19	8.55	0.33
F ₂	I ₁	0-30	7.9	0.046	1.04	8.77	0.28
	I ₁	30-60	7.9	0.064	1.41	8.84	0.27
	I ₂	0-30	7.9	0.042	0.97	8.69	0.43
	I ₂	30-60	7.9	0.066	1.46	8.48	0.30
	I ₃	0-30	7.8	0.054	1.18	8.33	0.44
	I ₃	30-60	7.8	0.045	1.06	8.40	0.42
F ₃	I ₁	0-30	8.2	0.051	1.12	8.48	0.65
	I ₁	30-60	8.2	0.070	1.44	8.40	0.65
	I ₂	0-30	8.2	0.071	1.47	8.55	0.47
	I ₂	30-60	8.1	0.086	1.79	8.62	0.49
	I ₃	0-30	7.9	0.052	1.17	8.40	0.52
	I ₃	30-60	7.9	0.055	1.24	8.62	0.54

Deneme kurulmadan önce alınan toprak örneklerinde pH değerleri 7.8-7.9 arasında değişmiştir (Çizelge 3.1). Deneme sonunda toprakların pH değerleri, 7.8-8.2 arasında hafif alkali özelliktedir. Deneme öncesi ve sonrası toprakların pH değerlerinde önemli bir değişikliğin olmadığı söylenebilir. Çalışma boyunca pH değerleri, Uyanöz (2000) ve Tuna ve Bürün (2003) tarafından da açıklandığı gibi, kil ve kireç kapsamalarının ve dolayısıyla tamponlama kapasitesinin yüksek olması nedeniyle fazla değişmemiştir. Ana konular baz alındığında F₃ konusunun özellikle I₁

ve I_2 sulama uygulamalarında pH değerlerinin nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Bütün konular için aynı konuların toprak katmanları arasında toprak pH'sı yönünden belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Toprak pH değerlerinin atık su ile sulanan konularda da aşırı alkali olmamasının nedeni olarak arıtılmış suyun pH değerinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Toprak tepkimelerinin atık su pH'sına göre değiştiği söylenebilir. Benzer sonuçlar, Shahalam ve ark. (1998) ve Uyanöz (2000) tarafından yapılan çalışmalarda, atık suyun asidik, nötr veya bazik olmasına göre, toprakların pH'sını düşürdüğü, artırdığı veya etkilemediği belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Deneme kurulmadan önce alınan toprak örneklerinde EC değerleri 0.81-1.00 arasında değişmiştir (Çizelge 3.1). Deneme sonunda toprakların elektriksel iletkenlik değerleri (EC), $0.97-1.79 \text{ dS m}^{-1}$ arasında değişmiştir. Deneme konuları, toprakların EC değerini etkilemiştir. Özellikle temiz su karışımı uygulanmayan yani tam atık suyun uygulandığı I_2 konusunda 30-60 cm toprak katmanında (1.79 dS m^{-1}) en yüksek EC değeri tespit edilmiştir. En düşük EC değeri ise ticari gübrenin % 50 azaltıldığı ve tam atık su uygulama konu olan F_2I_2 konusunda 0-30 cm katmanında (0.97 dS m^{-1}) okunmuştur. Değerler incelendiğinde atık su ve gübre uygulamalarının EC değerlerini nispeten arttırdığı görülmüştür. Toprak derinliği açısından EC değerleri incelendiğinde, bütün konular için 0-30 cm derinliğindeki toprak katmanının 30-60 cm derinliğindeki katmana oranla daha düşük EC değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Topraklarda tuzluluk artışının büyüklüğünün, toprak bünyesi ve geçirgenliği ile sulama suyunun tuz içeriğine bağlı olarak değiştiği, toprağın üst katmanlarının en fazla etkilendiği görülmektedir. El Hamouri ve ark. (1996), Reboll ve ark. (1999), Uyanöz (2000), Tuna ve Bürün (2003) çalışmalarında yüksek tuzlu atık suların kullanımının toprakların tuz içeriğini artırdığını bildirmektedirler (Çizelge 4.18).

Deneme kurulmadan önce alınan toprak örneklerinde kireç % 8.5-% 8.6 arasında değişmiştir (Çizelge 3.1). Hasat yapıldıktan sonra denemeden alınan toprakların kireç (CaCO_3) içeriklerinde derinlik ve farklı su kullanımı ile ilgili olarak, önemli değişimler olmamıştır. En düşük değer F_1I_1 konusunda (%7.82) 0-30 cm toprak katmanında; en yüksek değer ise F_1I_1 konusunda (%9.06) konusunda 0-30

cm toprak katmanında ölçülmüştür (Çizelge 4.18). En düşük kireç miktarına kullanılan temiz sulama suyunun etki ettiği söylenebilir. Bununla birlikte çalışmada, denemede kullanılan atık sularla, toprakların kireç içeriğinin çok fazla değişmediği saptanmıştır. Uyanöz (2000), Konya Ana Tahliye kanalından alınan atık suların kullanıldığı alanlardaki toprak örneklerinin CaCO_3 miktarlarında, derinlik ve atık su ile sulamaya bağlı olarak, önemli değişmeler olmadığını ve Tuna ve Bürün (2003) atık suların toprağın kireç içeriğini etkilemediğini bildirmiştir.

Toprakların organik madde kapsamı genel olarak oldukça düşüktür. En yüksek OM miktarı F_3I_1 konusundan (% 0.65), en düşük OM miktarı ise F_2I_1 konusundan (% 0.27) elde edilmiştir. Bütün deneme konuları için OM miktarı üst katmanlarda daha yüksek olup, derinlik ile azalmaktadır (Çizelge 4.18). Bunun ise belirgin bir sonuç olduğu söylenebilir. Uyanöz (2000), uzun yıllar atık su ile sulanan arazilerde 0-30 cm toprak katmanında organik maddenin yeterli veya yüksek bulunduğunu, atık su kullanımının organik madde kapsamını artırdığını bildirmiştir.

4.3.2. Deneme Sonrası Toprakların Fosfor ve Potasyum Kapsamları

Toprak örneklerinin en fazla elverişli fosfor kapsamı, F_2I_2 konusunda 0-30 cm derinliğinde (7.54 kg da^{-1}) saptanmıştır. Genellikle, toprak derinliği arttıkça, fosfor miktarı da azalmaktadır. Ana konulara bakıldığında ise ticari gübrelemenin yapıldığı F_1 konusunda, diğer iki ana konuya oranla daha yüksek fosfor değerleri gözlenmiştir. Gübrelemenin yarım doz yapıldığı F_2 konusu ile hiç gübreleme yapılmayan F_3 konularında ise atık suyun fosfor artışına dikkati çekmektedir. Deneme topraklarının fosfor içeriği Olsen ve ark. (1954)'nın tarım toprakları için bildirdiği sınır değerleri göz önüne alındığında, konuların neredeyse hepsinde düşük fosfor miktarı ($< 6.1 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) dikkat çekmektedir. Yalnızca F_2I_2 konusunda 0-30 cm derinliğinde analiz edilen fosfor miktarı (7.54 kg da^{-1}), Olsen ve ark. (1954)'nın yeterli düzey olarak belirttiği ($6.1 - 12.2 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) sınır değerler içerisinde yer almaktadır (Çizelge 4.19). Ancak bu durum hem deneme topraklarının mevcut fosfor içeriğine bağlı olması, hem de sulama sezonunda yaz aylarında üniversite

yerleşkesinde nüfus azlığına bağlı olarak, atık sudaki fosfor içeriğinin de düşük olmasına bağlanabilir.

Çizelge 4.19. Deneme sonunda toprak örneklerinde fosfor (P_2O_5), potasyum (K_2O) ve organik karbon miktarı

Ana konular	Alt Konular	Katman derinliği (cm)	Fosfor (P_2O_5), $kg\ da^{-1}$	Potasyum (K_2O), $kg\ da^{-1}$	Org. Karbon, %
F ₁	I ₁	0-30	3.13	123.18	0.37
	I ₁	30-60	4.01	95.65	0.35
	I ₂	0-30	3.53	126.84	0.23
	I ₂	30-60	2.65	109.02	0.23
	I ₃	0-30	2.89	116.00	0.2
	I ₃	30-60	2.65	109.02	0.19
F ₂	I ₁	0-30	3.85	126.84	0.16
	I ₁	30-60	2.89	116.00	0.16
	I ₂	0-30	7.54	138.13	0.25
	I ₂	30-60	3.93	112.48	0.17
	I ₃	0-30	3.13	130.55	0.26
	I ₃	30-60	4.01	126.84	0.24
F ₃	I ₁	0-30	3.93	119.56	0.38
	I ₁	30-60	3.13	116.00	0.38
	I ₂	0-30	3.05	109.02	0.27
	I ₂	30-60	3.77	109.02	0.28
	I ₃	0-30	2.97	105.60	0.3
	I ₃	30-60	3.13	109.02	0.31

Deneme konularında toprakların suda çözünebilir en fazla potasyum içeriği, F₂I₂ konusunda 0-30 cm derinliğinde ($138.1\ K_2O\ kg\ da^{-1}$) ve en az potasyum içeriği F₁I₁ konusunda ($95.6\ K_2O\ kg\ da^{-1}$) konusunda saptanmıştır. Toprak örneklerinin suda çözünebilir potasyum içerikleri, bitki gelişimi açısından, yüksek düzeydedir (Çizelge 4.19). Deneme topraklarının potasyum içeriğinin, bütün konular ele alındığında Ülgen ve Yurtsever (1984)'in tarım toprakları için bildirdiği sınır değer $20-60\ kg\ da^{-1}\ K_2O$ 'ın üzerinde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.19).

Deneme topraklarının organik karbon içerikleri birbirine yakın olmakla birlikte, en yüksek organik karbon değeri F₃I₁ konusunda her iki toprak katmanında

da % 0.38 ile en yüksek düzeyde saptanmıştır. En düşük organik karbon içeriği ise F_2I_1 konusundan yine her iki toprak katmanında % 0.16 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.19).

4.3.3. Deneme Sonrası Toprakların İz Element ve Ağır Metal Kapsamı

Deneme topraklarının demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), bor (B), kurşun (Pb), nikel (Ni), kadmiyum (Cd) gibi bazı iz element ve ağır metal kapsamı saptanmıştır. Deneme topraklarının iz element ve ağır metal içerikleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Deneme topraklarının DTPA’da ekstrakte edilebilir (bitkiye yararlı) Fe içeriği 4.23 ppm ile 5.54 ppm değerleri arasında değişmiştir. En yüksek değer F_3I_1 konusunun 30-60 cm katmanında, en düşük değer F_3I_3 konusunun 0-30 cm katmanında saptanmıştır. Follet ve Lindsay, (1970)’in bildirdiği kritik sınır değerlerine göre, yeterli değerler 2.5-4.5 ppm arasındadır. Bu referans değerler göz önüne alındığında deneme topraklarında değer (6 ppm) altındadır. Deneme topraklarının ekstrakte edilebilir (bitkiye yararlı) Fe içeriği, yeterli ve fazla miktardadır. Bazı konularda da denemenin her iki yılında da konular arasında farklılık göstermemiştir. Genel olarak bakıldığında, alt katmanlarda birçok konuda Fe miktarının arttığı görülmektedir (Çizelge 4.20). Denemede kullanılan sular, toprakların Fe^{+} içeriğini etkilememiştir. Benzer bulgular, Kırımhan ve ark (1983), Murillo ve ark (1989), Gutierrez ve ark (1995), Bayraklı ve Gezgin (1996), Uyanöz, (2000) tarafından çalışmalarda da alınmıştır.

Çizelge 4.20. Deneme sonunda toprak örneklerinde bazı ağır metal ve mikro element düzeyleri

Ana konular	Alt Konular	Katman derinliği (cm)	Fe, ppm	Cu, ppm	Zn, ppm	Mn, ppm	Bor, ppm	Pb, ppm	Mo, ppm	Cd, ppm	Co, ppm
F ₁	I ₁	0-30	5.24	1.44	1.16	5.51					
	I ₁	30-60	4.98	1.46	0.60	4.74					
	I ₂	0-30	5.06	1.27	0.47	4.32	0.45	6.68	0.87	<0,41	<0,26
	I ₂	30-60	5.37	1.31	0.70	5.03	0.50	6.45	0.47	<0,41	<0,26
	I ₃	0-30	5.11	1.27	0.89	4.50	0.40	6.94	0.46	<0,41	<0,26
	I ₃	30-60	5.5	1.31	1.15	5.25	0.49	6.51	0.44	<0,41	<0,26
F ₂	I ₁	0-30	4.89	1.37	1.59	4.57					
	I ₁	30-60	5.12	1.26	1.56	4.97					
	I ₂	0-30	4.64	1.55	0.41	4.66	0.57	6.38	0.34	<0,41	<0,26
	I ₂	30-60	5.14	1.29	1.58	6.21	0.44	6.36	0.35	<0,41	<0,26
	I ₃	0-30	5.7	1.26	1.46	6.87	0.80	5.93	0.15	<0,41	<0,26
	I ₃	30-60	4.51	1.19	0.24	3.99	0.76	6.45	0.54	<0,41	<0,26
F ₃	I ₁	0-30	5.24	1.22	0.38	5.11					
	I ₁	30-60	5.54	1.3	1.35	6.41					
	I ₂	0-30	5.22	1.25	0.29	4.09	0.64	6.19	0.46	<0,41	<0,26
	I ₂	30-60	4.97	1.25	0.91	5.27	0.66	5.84	0.46	<0,41	<0,26
	I ₃	0-30	4.23	1.2	0.30	4.00	0.42	8.54	0.43	<0,41	<0,26
	I ₃	30-60	5.28	1.41	1.01	6.89	0.48	5.32	0.37	<0,41	<0,26

Deneme topraklarının Cu içeriği, Viets ve Lindsay (1973)'ın bildirdiği, 0.2 ppm bakır değerinin üstünde değerler içermiştir. En yüksek Cu değerleri F₂I₂ (0.49 ppm) konusunda, en düşük Cu değeri F₂I₃ konusunda (1.19 ppm) olarak saptanmıştır. Ticari gübrelemenin yapıldığı F₁ konusunda derinlik artışına bağlı olarak artmıştır. Buna karşın yarım doz gübreleme yapılan F₂ konusunda derinlik artışına bağlı olarak Cu miktarı azalmıştır (Çizelge 4.20). Li ve ark (2008) atık sularla sulanan topraklarda bakırın taşınma mekanizması, kimyasal işlemler ve bitki tarafından alınımının karmaşık olduğunu, azot ile bakırın olumsuz etkileşimde bulunduğunu; topraklarda üst katmanlarda fazlaca biriktiğini vurgulamışlardır. Toprağa uygulanan değişik kökenli atıkların bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde bakır miktarını artırdığı Sikka ve Kansal (1995), Özdemir ve ark (2004), Tuna ve Girgin (2005) tarafından da bildirilmiştir.

Deneme konuları topraklarının Zn içeriği, 0.29-1.59 ppm arasında değişmiştir. En yüksek Zn içerikleri F_2I_1 konusunda 0-30 cm derinliğinde (1.59 ppm), F_2I_1 konusunda 30-60 cm katmanında (1.56 ppm) ve F_2I_2 konusunda 30-60 cm derinliğinde (1.58 ppm) saptanmıştır. Anılan çinko içerikleri, Lindsay ve Norwel (1978)'in bildirdikleri sınır değere (0.5-1 ppm) yakın ve üzerinde bulunmuştur. En düşük Zn içerikleri F_3I_2 konusunun 0-30 cm derinliğinde (0.29 ppm) ve F_3I_3 konusunun 0-30 cm derinliğinde (0.30 ppm) saptanmıştır. Diğer taraftan, toprak derinliğine bağlı olarak toprakların çinko miktarında artış olmamıştır. (Çizelge 4.20). Benzer sonuçlar, Mortvedt ve Giordano (1975), Gayner ve Halstead (1976), Mitchel ve ark., (1978), Karakaplan (1982), Kırımhan ve ark., (1983), Murillo ve ark., (1989), Gutierrez ve ark., (1995), Bayraklı ve Gezgin (1996) tarafından yapılan çalışmalarda da alınmıştır. Sidle ve ark., (1976) ise atık su uygulanan topraklarda Zn içeriğini düşük bulmuştur.

Deneme topraklarının Mn içeriği, konuların neredeyse bütününde, 0-30 cm toprak katmanında daha düşük, derinlere inildikçe artmıştır. Denemenin sonunda alınan toprak örneklerinde en yüksek Mn içerikleri F_3I_3 (6.89 ppm), F_2I_3 (6.87 ppm) ve F_2I_2 (6.21 ppm) konularında saptanırken, en düşük Mn içeriği F_2I_3 (3.99 ppm), F_3I_3 (4 ppm) ve F_3I_2 (4.09 ppm) olarak saptanmıştır. Toprakların Mn kapsamı ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar, Sillanpaa (1982)'nin topraklarda mangan için vermiş olduğu sınır değer 6 ppm'in üzerinde ve buna yakın değerlerdir. Atık su uygulanan topraklarda Mn ilişkilerinin oldukça karmaşık ve genelde sınır değer 6 ppm'in üzerinde olduğu sonucu, Gayner ve Halstead (1976), Mitchel ve ark., (1978), Karakaplan (1982), Kırımhan ve ark (1983), Singh ve Kansal (1983), Murillo ve ark., (1989), Gutierrez ve ark., (1995), Bayraklı ve Gezgin (1996), ve Uyanöz (2000)'ün çalışmalarında yer almaktadır. Yakupoğlu ve ark., (2010), toprakların Mn kapsamındaki karmaşıklığı, toprak pH'sının yükselmesi ile Mn çözünürlüğünün azalmasına veya toprağa eklenen herhangi bir element ile Mn arasındaki olası bir antagonistik etki ile açıklamıştır.

Elde edilen verilerden anlaşılabileceği gibi, atık su ve atık su karışımı sularla sulanan topraklarda DTPA'da ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn, bitkilerin

gereksinimini karşılayacağı gibi, toksik etki yapabilecek düzeylere kadar çıkmaktadır.

Deneme topraklarındaki bor içeriğinin analizi için kontrol konularından yani temiz (şebeke) suyu ile sulama yapılan konulardan örnek alınmamıştır. Sadece atık su ve temiz su ile atık su karışımı suları ile sulanan konular dikkate alınmıştır. En yüksek bor içeriği yarım doz gübreleme yapılan F_2I_3 konusunda saptanmıştır (0.76-0.80 ppm). En düşük bor değeri ise F_1I_3 konusunda (0.40 ppm) saptanmıştır. F_1 ve F_3 konularında derinliğe bağlı olarak bor miktarının arttığı gözlenmiştir. F_2 konusunda tam aksine derinlik arttıkça, bor miktarı azalmıştır (Çizelge 4.20). Elde edilen sonuçlardan, toprağın bor içeriğinin genelde, orta derecede duyarlı bitki sınırının (1-2 ppm) altında olduğu, görülmüştür (Gemalmaz, 1993). Denemeden elde edilen sonuçlar, Reboll ve ark. (1999)'nın sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Atık suların yüksek bor içermesine karşın, bitki ve toprakta bor zehirlenmesine neden olmadığını bildirmişlerdir.

Deneme topraklarının Pb içeriği için bor analizinde olduğu gibi sadece atık su ve karışım sulaması uygulamalarının olduğu toprak örneklerine bakılmıştır. Pb değerleri 5.32-8.54 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.20). Bütün konular göz önüne alındığında, Pb miktarının katman derinliğinin artmasıyla azaldığı gözlenmiştir. Ancak, toprak derinliklerinde Pb derişiminde farklılıklar oluşmuştur. Deneme topraklarında saptanan kurşun değerleri, toprakta kritik Pb derişiminin (5 ppm) üzerinde bulunmuştur (Çay, 2013). Bu nedenle atık suların kullanılmasında kurşun toksitesine toleranslı bitkilerin yetiştirilmesi, doğrudan yenilmeyen ürünlerin kullanılmaması ve teknik önlemler alınarak sulama yapılması önerilmektedir.

Co ve Cd değerleri ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği değerlerinin altında çıkmıştır. Sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmamaktadır.

4.4. Pamuk Bitkisinin Yapraklarında Besin Elementi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Denemede kullanılan şebeke suyu ve atık sularla yetiştirilen pamuk bitkisinin yapraklarında N, P, K, Ca ve Mg gibi makro elementler ile Fe, Cu, Zn, Mn gibi iz elementleri ve Pb, Ni, Cd ve B gibi ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Bitkilerin yapraklarından elde edilen bulgular 2011 yılı için Çizelge 4.21’de ve 2012 yılı için Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Deneme konularına göre 2011 yılı pamuk bitkisinin yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri

Elementler	F ₁					F ₂				
	I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₀	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
N, %	2.76	2.75	2.79	2.68	2.91	2.29	2.22	2.23	2.20	2.08
P, %	0.16	0.18	0,17	0.16	0.20	0.18	0.18	0.19	0.19	0.16
K, %	1.64	1.84	1.68	1.80	1.80	1.64	1.59	1.84	1.54	1.18
Ca, %	4.76	4.69	4.69	5.33	4.78	5.79	5.76	5.44	5.12	4.91
Mg, %	0.63	0.68	0.56	0.68	0.70	0.62	0.64	0.53	0.62	0.57
Fe, ppm	86.7	94.5	101.6	92.1	116,1	95.5	78.3	75.5	70.1	76.6
Cu, ppm	3.59	3.45	4.07	4.13	4.90	3.07	2.23	2.00	1.67	1.59
Zn, ppm	6.5	9.1	10.1	11.6	9.6	15.8	23.2	25.5	19.0	15.0
Mn, ppm	66.0	67.8	80.7	77.6	67.5	52.5	62.1	59.2	61.7	49.8
Pb, ppm	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Ni, ppm	<0.04	0.57	<0.04	<0.04	1.06	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Cd, ppm	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
B, ppm	131.3	131.3	135.3	118.5	133.5	140.5	144.5	118.5	129.0	124.8

Denemenin ilk yılında azot içeriği, % 2.08 ile F₂I₄ (gübrelemenin yapılmadığı ve sulamanın eşit oranlarda temiz şebeke suyu ile atık sudan sağlandığı) konusunda

en düşük, % 2.91 F_1I_4 (önerilen miktarda gübrelemenin yapıldığı ve sulamanın eşit oranlarda temiz şebeke suyu ile atık sudan sağlandığı) konusunda en yüksektir (Çizelge 4.21). Bölge koşullarına göre gübrelemenin yapıldığı F_1 konusunda gübrelemenin yapılmadığı F_2 ana konusuna göre azot içeriğinin yüksek olması beklenen bir durumdur. Day ve Tucker (1977) sorgum bitkisinde, Marten ve ark. (1980) mısır bitkisinde, toprak üstü aksamı ve dane azot içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Fosfor içeriği, denemenin birinci yılında % 0.16 ile F_1I_0 , F_1I_3 ve F_2I_4 konularında en düşük düzeyde benzer sonuçlar göstermiştir. Aynı yılda % 0.2 ile F_1I_4 konusunda en yüksek fosfor miktarı saptanmıştır (Çizelge 4.21). Konular arasında fosfor miktarı bakımından farklılıklar ortaya çıkmamıştır.

Potasyum miktarları incelendiğinde, denemenin birinci yılı için değerler % 1.18 - % 1.84 arasında değişmiştir. En düşük potasyum değeri F_2I_4 konusunda, en yüksek potasyum değeri ise F_1I_1 ve F_2I_2 konularında benzer saptanmıştır (Çizelge 4.21).

Kalsiyum içeriği, % 4.69 ile benzer düzeyde F_1I_1 ile F_1I_2 konusunda en düşük düzeyde saptanmıştır. F_2I_0 konusunda ise % 5.79 ile en yüksek düzeyde saptanmıştır (Çizelge 4.21). Genel olarak bakıldığında, gübrelemenin yapılmadığı F_2 konusunda kalsiyum miktarları daha fazla saptanmıştır. Deneme topraklarının kireç içeriğinin yüksek olması (Çizelge 3.1) ve denemede kullanılan temiz ve atık suların kalsiyum içeriğinin benzerlik göstermesi (Çizelge 3.5) bu durumda etken olabilir. Ayrıca atık suda daha fazla miktarlarda bulunan diğer elementlerin antagonistik etki göstermesi nedeniyle de kalsiyumun gübrelemenin yapıldığı konularda nispeten daha düşük saptanmasına neden olabilir.

Magnezyum içeriği denemenin ilk yılı için, % 0.53 ile % 0.70 arasında değişmiştir. Atık suyun % 120 düzeyinde uygulandığı I_2 konularında hem tam gübre dozunun verildiği F_1 konusunda hem de hiç gübreleme yapılmayan F_2 konusunda en düşük miktarlar saptanmıştır. F_1 konusunda en yüksek magnezyum miktarı atık ve temiz suların yarı yarıya karışımı olan I_4 konusundan % 0.70 olarak saptanmıştır. Gübrelemenin yapılmadığı F_2 konusunda ise en yüksek magnezyum miktarı % 0.64 ile I_1 konusundan elde edilmiştir (Çizelge 4.21).

Elde elden bulgulara göre, atık suların bitkinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriğini arttırdığı benzer çalışmalarla desteklenmiştir. Eid ve Shereif (1996), Kaçar ve Katkat (1998), Tuna ve ark. (2001), Tuna ve Bürün (2003), Çay (2013), atık suların mısır bitkisinin beslenmesini olumlu etkilediğini ve özellikle bitki yapraklarında makro ve mikro besin elementlerinin düzeylerinde önemli artışlar yaptığını bildirmişlerdir.

Denemenin birinci yılında pamuk bitkisinde demir birikimi 70.1 - 116.1 ppm arasında değişmiştir. En yüksek Fe^{2+} birikimi gübrelemenin önerilen miktarlarda yapıldığı konulardan olan F_1I_4 konusundan elde edilmiştir. En düşük Fe^{2+} birikimi ise gübrelemenin yapılmadığı konulardan olan F_2I_3 konusundan elde edilmiştir. Ayrıca ana konu bazında ele alındığında, gübrelemenin önerilen dozda yapıldığı F_1 konusunda Fe^{2+} birikimi 86.7 – 116.1 ppm arasında, gübrelemenin yapılmadığı F_2 konusunda 70.1 – 95.5 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.21).

Bakır içeriği denemenin birinci yılında en düşük düzeyi 1.59 ppm ile F_2I_4 konusundan elde edilmiştir. En yüksek olarak ise F_1I_4 konusundan 4.90 ppm düzeyinde elde edilmiştir. Ana konular incelendiğinde F_1 konusunda 3.45 – 4.90 ppm arasında, F_2 konusunda 1.59 – 3.07 ppm arasında değişmiştir. İki ana konu kıyaslandığında, tam gübreleme konusunun (F_1) bütün alt konularında, gübreleme yapılmayan konuya (F_2) oranla daha fazla Cu içeriği saptanmıştır (Çizelge 4.21).

Çinko miktarlarına bakıldığında 6.5 – 25.5 ppm arasında değişiklik gösterdiği göze çarpmaktadır. Diğer makro ve mikro besin elementlerinin tersine gübrelemenin yapılmadığı F_2 konusunun bütün alt konularında, tam gübrelemenin yapıldığı bütün alt konulara göre Zn miktarı yüksek çıkmıştır. F_1 konusu için Zn miktarları 6.5 – 11.6 ppm arasında değişirken, F_2 konusu için 15.0 – 25.5 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.21).

Mikro elementlerden mangan incelendiğinde, diğer besin elementlerinde olduğu gibi F_1 konusunda bütün alt konularda daha yüksek miktarlar göze çarpmaktadır. Ana konulara göre mangan miktarı F_1 konusu için 66.0 – 87.0 ppm arasında iken, F_2 konusu için 49.8 – 62.1 ppm arasında değişmiştir. En yüksek Mn miktarı tam gübreleme ve atık suyun % 120 düzeyinde uygulandığı F_1I_2 konusunda saptanmıştır (Çizelge 4.21).

Denemenin ilk yılı için özellikle kurşun, nikel ve kadmiyum miktarları sınır değerlerinin altında çıkmıştır. Çizelge 3.5, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 incelendiğinde hem temiz su hem de atık su için ağır metallerin tespit edilebilir düzeyin altında saptandığı görülmektedir. Ancak Ni değerleri tam gübrelemenin (F₁) yapıldığı konuda %100 atık su ile sulanan konuda 1.06 ppm düzeyinde ve yarı yarıya temiz su atık su karışımının kullanıldığı I₄ konusunda 0.57 ppm olarak saptanmıştır (Çizelge 4.21).

Bor içeriğinin denemenin ilk yılında bütün konularda birbirine benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Bor miktarları 118.5 – 144.5 ppm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. Deneme konularına göre 2012 yılı pamuk bitkisinin yapraklarında makro, mikro element ve ağır metal derişimleri

Elementler	F ₁			F ₂			F ₃		
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃	I ₁	I ₂	I ₃
N, %	2.47	2.67	2.39	1.93	2.46	2.48	2.05	1.94	1.99
P, %	0.19	0.28	0.30	0.24	0.24	0.27	0.25	0.25	0.26
K, %	1.96	2.58	1.88	2.42	2.11	1.96	1.49	1.32	1.49
Ca, %	0.29	0.49	0.32	4.32	0.40	0.28	0.28	0.51	5.19
Mg, %	0.21	0.28	0.20	0.63	0.23	0.20	0.19	0.19	0.65
Fe, ppm	196.8	217.6	276.5	301.3	275.6	184.2	184.7	138.1	258.5
Cu, ppm	6.91	8.70	6.52	9.8	5.64	8.65	8.60	10.94	6.16
Zn, ppm	23.30	16.94	15.94	24.9	7.82	19.27	19.31	15.25	26.51
Mn, ppm	36.77	60.6	47.4	189.2	42.18	36.92	36.88	38.04	141.4
Pb, ppm	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni, ppm	1.00	1.27	0.95	3.18	0.79	0.54	0.92	0.64	1.88
Cd, ppm	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51	<0.51
B, ppm	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01

Denemenin ikinci yılı için azot miktarları incelendiğinde, % 1.93 ile F_2I_1 (Mevcut bölgede önerilen ve uygulanan miktarın % 50 düzeyinin uygulandığı ve sulamanın tamamının temiz şebeke suyu ile sağlandığı) konusunda en düşük, %2.67 ile F_1I_2 konusunda en yüksektir. Fosfor içeriği, denemenin ikinci yılında % 0.19 ile F_1I_1 konusunda en düşük miktardadır. Aynı yılda % 0.30 ile F_1I_3 (Mevcut bölgede önerilen ve uygulanan gübre kadar gübre uygulaması yapılan ve sulamanın eşit oranlarda temiz şebeke suyu ile atık sudan sağlandığı) konusunda en yüksek fosfor miktarı saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Potasyum miktarları incelendiğinde, denemenin ikinci yılı için değerler % 1.32 - % 2.58 arasında değişmiştir. En düşük potasyum değeri gübrelemenin yapılmadığı konulardan olan F_3I_2 konusunda, en yüksek potasyum değeri ise tam doz gübre uygulaması ile birlikte sulama suyunun tümünün atık su ile yapıldığı F_1I_2 konusunda saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Kalsiyum içeriği, % 0.28 ile benzer düzeyde F_2I_3 ile F_3I_1 konusunda en düşük düzeyde saptanmıştır. F_3I_3 konusunda ise % 5.19 ile en yüksek düzeyde saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Magnezyum içeriği denemenin ikinci yılı için, % 0.19 ile % 0.65 arasında değişmiştir. Gübrelemenin yapılmadığı F_3 konusunda hem en düşük değerler hem de en yüksek değerler gözlenmiştir (Çizelge 4.19).

Denemenin ikinci yılında pamuk bitkisinde demir birikimi ilk yıla oranla daha fazla miktarlarda 138.1 – 301.3 ppm arasında değişmiştir. En yüksek Fe birikimi gübrelemenin önerilen miktarın yarısı kadar yapıldığı konulardan olan F_2I_1 konusundan elde edilmiştir. En düşük Fe birikimi ise gübrelemenin yapılmadığı konulardan olan F_3I_2 konusundan elde edilmiştir. Ayrıca ana konu bazında ele alındığında gübrelemenin önerilen dozda yapıldığı F_1 konusunda Fe birikimi 196.8 – 276.5 ppm arasında, gübrelemenin önerilen dozun yarısı kadar yapıldığı konu olan F_2 konusunda 184.2 – 301.3 ppm arasında ve gübrelemenin yapılmadığı F_3 konusunda 138.1 – 258.5 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.22).

Bakır içeriği denemenin ikinci yılında en düşük düzey, 5.64 ppm ile F_2I_2 konusundan elde edilmiştir. En yüksek olarak ise F_3I_2 konusundan 10.94 ppm düzeyinde elde edilmiştir. Ana konular incelendiğinde F_1 konusunda 6.52 – 8.70 ppm

arasında, F₂ konusunda 5.64 – 9.78 ppm arasında ve F₃ konusunda ise 6.16 – 10.94 ppm arasında değişmiştir. İlk yıla oranla denemenin ikinci yılında toprakta olası birikim durumundan kaynaklanabileceği göz önünde tutulmalıdır (Çizelge 4.22).

Çinko miktarlarına bakıldığında 7.82 – 26.51 ppm arasında değişiklik gösterdiği göze çarpmaktadır. Gübrelemenin yapılmadığı konulardan olan F₃I₃ konusunda, tam gübrelemenin yapıldığı bütün alt konulara göre Zn miktarı yüksek çıkmıştır. F₁ konusu için Zn miktarları 15.94 – 23.30 ppm arasında değişirken, F₂ konusu için 7.82 – 24.93 ppm arasında ve F₃ konusu için 15.25 – 26.51 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.22).

Mikro elementlerden mangan incelendiğinde, F₂ konusunda en yüksek miktar göze çarpmaktadır. Ana konulara göre mangan miktarı F₁ konusu için 36.77 – 60.6 ppm arasında iken, F₂ konusu için 36.92 - 189.18 ppm ve F₃ konusu için 36.88 – 141.37 ppm arasında değişmiştir (Çizelge 4.22).

Denemenin ikinci yılı için özellikle kurşun ve kadmiyum miktarları sınır değerlerinin altında çıkmıştır. Çizelge 3.5, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 incelendiğinde hem temiz su hem de atık su için ağır metallerin tespit edilebilir düzeyin altında saptandığı görülmektedir. Ancak Ni değerleri F₂I₁ konusunda 3.18 ppm düzeyinde en yüksek miktarda ve yine yarım doz gübrelemenin yapıldığı konulardan olan F₂I₃ konusundan 0.54 ppm olarak saptanmıştır (Çizelge 4.22).

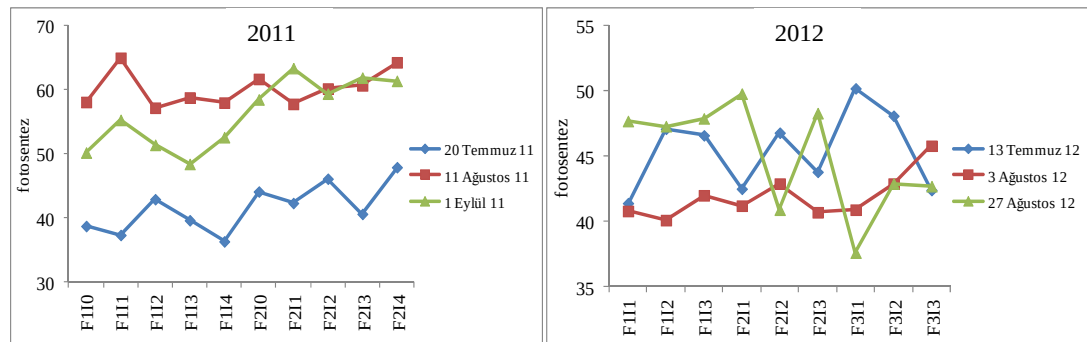
Bor içeriğinin denemenin ikinci yılında bütün konularda birbirine benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Bor miktarları tespit edilemeyecek düzeylere yakın bulunmuştur (Çizelge 4.22).

4.5. Bitkide Fotosentez Miktarları

Gerek gübrelemelerle gerekse de atık su uygulamalarıyla toprağa verilen azot gübrelemesi ile yakından ilgili olan fotosentez miktarı alt ve ana konulara göre hem denemenin yürütüldüğü her iki yılda hem de aynı yıl içinde gözlem alınan dönemlere göre farklılıklar göstermiştir (Şekil 4.30 a ve Şekil 4.30 b). Denemenin yürütüldüğü 2011 yılı dikkate alındığında, genel olarak çiçeklenmenin % 10 düzeyinde olduğu ikinci gözlem tarihinde fotosentez değerlerinin hemen hemen bütün konularda

yüksek olduğu gözlenmiştir. Denemenin başlangıcında alınan gözlemlerde ise bütün konularda fotosentez değerlerinin en düşük olduğu saptanmıştır. Denemenin ikinci yılında ise çiçeklenme döneminde alınan gözlem değerleri ilk yılın aksine oldukça düşük olmuştur.

Gübre düzeylerinin bitkideki fotosentez miktarının değişimi üzerine etkisi 2011 yılında kozaların % 10 düzeyinde açtığı son gözlemde % 1 düzeyinde önemli bir miktarda etki ederken, sulama suyu miktar ve niteliği ile ana konu ve alt konu interaksiyonunun önemsiz olduğu gözlenmiştir. Gözlem alınan ilk iki dönemde sulama suyu miktar ve niteliği ile gübre dozları fotosentez değerleri üzerine etki etmemiştir. 2011 yılında en yüksek fotosentez değeri F₁I₁ (önerilen miktarda ticari gübre uygulaması yapılan ve eksik nemin tamamının atık sudan sağlandığı) konusundan çiçeklenme döneminde alınan gözlemlerden elde edilmiştir. Gübrelemenin yanı sıra atık su ile eksik olan nemin tamamlanması fotosentez değerlerini yükseltmiştir. Buna karşın en düşük fotosentez değeri ise deneme başlangıcında alınan dönemde F₁I₄ (önerilen miktarda ticari gübre uygulaması yapılan ve eksik nemin % 80'inin atık sudan sağlandığı) konusunda gözlemlenmiştir (Şekil 4.29).

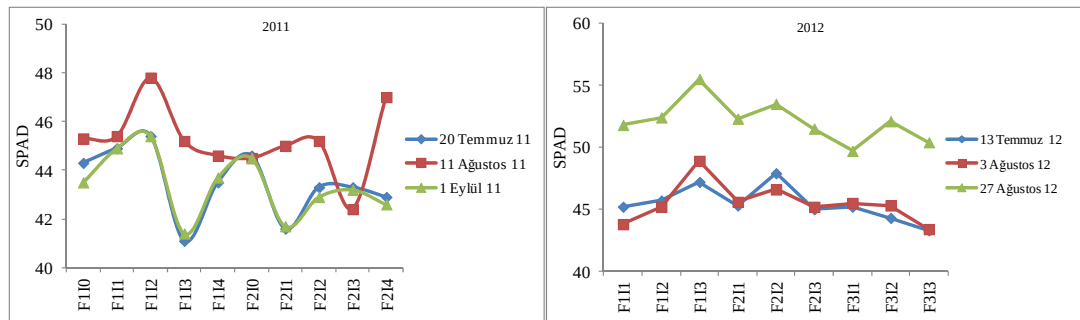


Şekil 4.29. Deneme konuları ve yıllara göre fotosentez değerleri

İstatistik analiz sonuçları incelendiğinde denemenin ikinci yılında gözlem alınan ilk dönemde sulama suyu ve gübre interaksiyonunun fotosentez değerleri üzerine % 5 düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. Ancak sonraki iki dönemde alınan gözlemlerde ana konu ve alt konular fotosentez değerleri üzerinde etkili olmamıştır.

4.6. Bitkide Klorofil (SPAD) Okumaları

Fotosentez miktarında olduğu gibi denemenin yürütüldüğü her iki senede de klorofil okumaları "Model SPAD - 502" Chlorophyll Meter aygıtı kullanılarak üç ayrı dönemde yapılmıştır. Bunlar bitkinin ekim ile ilk çiçeklenme arası (I), çiçeklenme ile koza oluşum arası (II) ve koza oluşum ile % 10 koza açımı arası (III) dönemleridir. Elde edilen sonuçlar fotosentez okumaları ile benzerlik göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü ilk yılda, II. gözlem döneminde (11.08.2011) alınan okumalar genel olarak bütün konularda en yüksek olmuştur. Buna karşılık I. (20.07.11) ve III. gözlem (01.09.2011) dönemlerinde alınan SPAD cihazı okumaları birbirine yakın olup farklılıklar çok düşüktür (Şekil 4.30). 2011 yılında en yüksek klorofil değeri F_{1I_2} konusundan II. dönemde yapılan gözlemden elde edilmiş olup, en düşük klorofil değeri ise F_{1I_3} konusundan ilk gözlem döneminden elde edilmiştir.



Şekil 4.30. Deneme konuları ve yıllara göre bitkilerde klorofil (SPAD) okumaları

Çizelge 4.19'da 2011 yılı için oluşturulan varyans analiz tablosu incelendiğinde I. ve III. gözlem döneminde ölçülen değerlerin gübre düzeyinden % 5 düzeyinde etkilendiği görülmektedir. II. gözlem döneminde ise ne sulama suyu miktar ve niteliği ne de gübre düzeyleri klorofil değerleri üzerine etkili olmamıştır.

Denemenin ikinci yılında ise ana konu ve alt konular ile bunların interaksiyonunun klorofil değerleri üzerine etkili olmadığı gözlenmiştir. Denemenin ikinci yılında I. (13.07.12) ve II. (03.08.12) dönemde alınan klorofil okuma değerleri, III. (27.08.12) dönemde okunan değerlerden daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.30).

4.7. Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Konulara ilişkin elde edilen mevsimlik ET değerleri 2011 yılı için Çizelge 4.23 ve 2012 yılı için ise Çizelge 4.24’de verilmiştir. Deneme konularına göre su tüketimi 2011 yılında 685.7 – 991.3.8 mm arasında değişmiştir. 2012 yılında da 923.8 – 940.0 mm arasında değişmiştir. Deneme konuları arasındaki ET yönünden önemli bir farkın olmadığı görülmektedir. Ancak 2011 yılında hem F₁ hem F₂ konularında I₂ konusu olan toplam bitki su tüketiminin % 120’sinin atık su ile verildiği konuda en yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde hem F₁ hem F₂ konularında I₃ konusu olan toplam bitki su tüketiminin % 80’inin atık su ile verildiği konuda ise verilen suyun miktarına bağlı olarak en düşük çıkmıştır.

2012 yılı bitki su tüketimleri incelendiğinde ise su tüketim miktarları birbirine yakın olmakla birlikte, en düşük su tüketimi F₂ konusu olan önerilen ticari gübrelemenin % 50’sinin yapıldığı konuda izlenmiştir. Tam gübrelemenin yapıldığı ve gübrelemenin yapılmadığı konularda ise bitki su tüketim değerleri oldukça yakındır. Ancak, bu deneme sonucuna göre, belirgin olarak bu durumun ortaya çıkmaması, toprak örneklemelerin gravimetrik olarak yapılması ve deneme ortamının kısıtlı hacme sahip olmasına bağlanabilir.

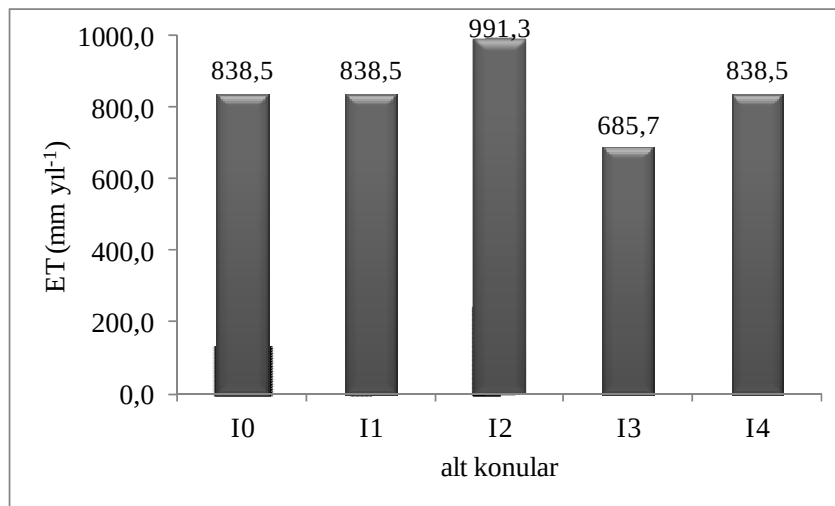
Çizelge 4.23. Deneme konularına ilişkin 2011 yılı mevsimlik su tüketim değerleri (mm)

Deneme Konuları		I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS	Et (mm)
Ana konular	Alt Konular					
F1	I0	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5
	I1	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5
	I2	916.8	14.2	0.0	60.3	991.3
	I3	611.2	14.2	0.0	60.3	685.7
	I4	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5
F2	I0	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5
	I1	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5
	I2	916.8	14.2	0.0	60.3	991.3
	I3	611.2	14.2	0.0	60.3	685.7
	I4	764.0	14.2	0.0	60.3	838.5

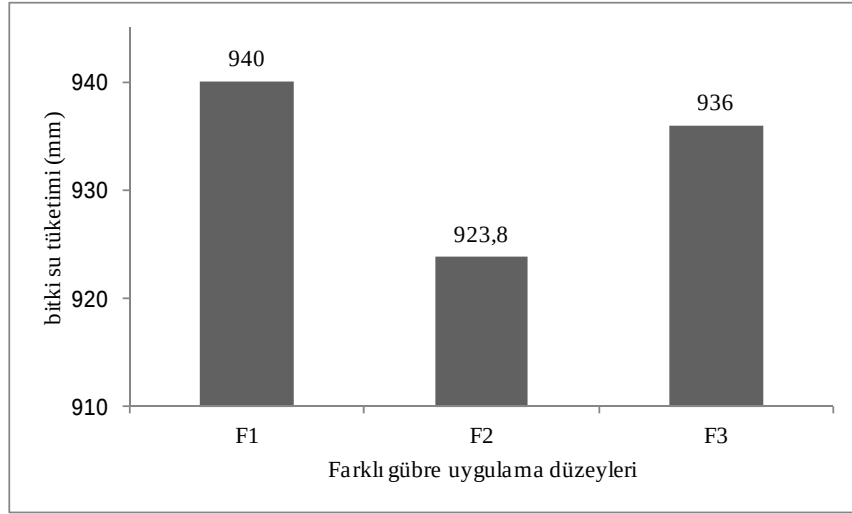
Çizelge 4.24. Deneme konularına ilişkin 2012 yılı mevsimlik su tüketim değerleri (mm)

Deneme Konuları		I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS	Et (mm)
Ana konular	Alt Konular					
F1	I1	876.3	8.6	0	55.1	940.0
	I2	876.3	8.6	0	55.1	940.0
	I3	876.3	8.6	0	55.1	940.0
F2	I1	876.3	8.6	0	38.9	923.8
	I2	876.3	8.6	0	38.9	923.8
	I3	876.3	8.6	0	38.9	923.8
F3	I1	876.3	8.6	0	51.1	936.0
	I2	876.3	8.6	0	51.1	936.0
	I3	876.3	8.6	0	51.1	936.0

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’te Stoneville-453 pamuk çeşidinde farklı gübre dozlarının ve farklı kalitedeki sulama sularının bitki su tüketimi üzerine etkisi grafikleştirilmiştir. 2011 yılı için ticari gübre kullanılmayan konuda bitki su tüketim değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda en düşük bitki su tüketiminin atık suyun %80 düzeyinde uygulandığı konudan elde edilmiş olduğu görülmektedir.



Şekil 4.31. Alt konulara (sulama suyu) göre pamukta 2011 yılı bitki su tüketimi değişimi



Şekil 4.32. Ana konulara (gübre uygulamaları) göre 2012 yılı bitki su tüketimi değişimi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırma ile, iki yetiştirme mevsiminde (2011–2012), drenaj tipli lizimetre benzeri tanklarda, fiziksel olarak arıtılmış evsel atık suların pamuk sulamasında kullanım olanaklarının araştırılmıştır. Araştırmada, pamuk bitkisi kullanılmış olup, atık suyun verim ve kaliteye olan etkisinin belirlenmesi, evsel atık suların toprakta kirlilik oluşturma riski belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, evsel atık suların kullanımının bitkinin gübreleme gereksinimine etkisinin olup olmadığının ve mevcut fiziksel (mekaniksel) arıtma tesislerinde atık suyun tarımsal sulama kullanımına yönelik nasıl bir iyileştirme yaptığı analiz edilerek sonuçlar ortaya konulmuştur.

Denemede kullanılan atık su, Dicle Üniversitesi yerleşkesi içinde bulunan aneorobik + stabilizasyon havuzu olarak, görev yapan sistemden alınmıştır. Sisteme evsel nitelikli oluşan atık sular ön çöktürme havuzlarına giriş yaptıktan sonra geçmeli olarak, birbirine bağlantılı olan beş tane havuzdan kademeli bir şekilde dinlendirilerek içerisindeki katı maddelerin çöktürülmesi sağlanmaktadır. Bu sistem fiziksel arıtma yanında kısmen kimyasal arıtma da yaptığı söylenebilir.

Araştırma için, silindirik kesitli 1.00 m boyunda ve 0.60 m çapındaki saçtan yapılmış tanklar kullanılmıştır. Denemede, atık su ile birlikte atık su+temiz su karışımı yanında pamuk yetiştiriciliğinde mevcut uygulanan gübre miktarları ile birlikte hiç gübre uygulanmayan konular da denenmiştir. Denemede Stoneville-453 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde kurgulanmış ve uygulanmıştır.

Arıtma tesisi giriş suyundaki özellikle koliform bakteri (>1100 Kob ml^{-1}) ve fecal coliform ($1.1-1.5 \times 10^3$ EMS ml^{-1}) düzeylerinin arıtma tesisi çıkış suyunda yok denecek düzeye indiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Escherichia coli hem giriş hem de çıkış suyunda tespit edilememiştir.

Atık su arıtma tesisine giren atık suyun AKM içeriği $64-97 \text{ mg l}^{-1}$, BOİ $37-58 \text{ mg l}^{-1}$ ve KOİ ise $76-110 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değişmiştir. Denemede kullanılan ve arıtma tesisinden çıkan suyun, AKM içeriği $28-60 \text{ mg l}^{-1}$, BOİ düzeyi $29-30 \text{ mg l}^{-1}$ ve KOİ ise $71-112 \text{ mg l}^{-1}$ değerleri arasında değişmiş olup, sisteme giren atık suya göre

önemli düzeyde azalmıştır. Ayrıca hem sisteme giren ve sistemden çıkan atık sularda ağır metal yönünden bir kirlilik bulunmamıştır. Bunun en büyük nedeni, evsel nitelikli atık su olmasıdır. Ayrıca yukarıda belirtilen kirlilik parametrelerinin düzeyleri, üniversite yerleşkesi içindeki başta öğrenci sayısı olmak üzere nüfus hareketlerine, zamana ve iklim özelliklerine ve değişimlerine bağlı olarak değişebileceği görülmüştür.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre atık suyun arıtılmadan önceki ve sonraki AKM içeriği, ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin ($5-15 \text{ mg l}^{-1}$) üzerinde olduğu görülmektedir. Bu parametre açısından incelendiğinde mevcut atık suyun Teknik Usuller Tebliği (1991)'e göre doğrudan yaprak ve meyvesinin yenilmediği ve aynı zamanda birtakım teknik sınırlamalar getirilerek sulanması gereken bitkilerde bile uzun dönemli olarak kullanılması önerilmemektedir.

Toplam N, NH_4 , Ca, Mg, Na, K, CO_3 , HCO_3 , Cl açısından değerlendirildiğinde sulama suyu olarak kullanımında sorun olmadığı görülmektedir. Deneme sularında Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cd gibi kimi iz element ve ağır metal derişimleri de kritik değerlerin altında bulunmaktadır.

Araştırmada pamuk bitkisi ile ilgili olarak, denemenin birinci yılında (2011), normal gübre uygulanan konudaki pamuk kütlü verimine ($17.2 \text{ g bitki}^{-1}$) göre pamuk bitkisine bölgede önerilen ticari gübre uygulanmasa bile, atık sudan bitkinin yeterli derecede gerekli bitki besin maddesi aldığı ve bunun da verimi önemli düzeyde artırdığı ($31.8 \text{ g bitki}^{-1}$) söylenebilir. Denemenin ikinci yılında (2012) ise normal ticari gübre uygulanan konu ($27.6 \text{ g bitki}^{-1}$) ile gübre uygulanmayan konu ($25.9 \text{ g bitki}^{-1}$) arasındaki fark, denemenin birinci yılındaki (2011 yılı) kadar önemli olmamıştır. Ayrıca, atık su ile temiz su verimleri arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmasa da, atık su uygulamasında verim $28.9 \text{ g bitki}^{-1}$ iken, normal temiz şebeke suyu uygulamasında ise verim $25.3 \text{ g bitki}^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir. Buna göre 2012 yılındaki atık su uygulamasında, 2011 yılında olduğu gibi atık suyun verim artışında önemli düzeyde etki ettiği sonucuna varılabilir.

Bitkide yapılan analizler sonucunda bütün bitki besin elementlerinin sınır değerlerinde olduğu görülmüştür. Atık suların bitki bünyesinde toksik etki yapmadığı anlaşılmıştır. Kullanılan suyun içerdiği makro, mikro, iz elementler ile ağır

metallerin evsel nitelikli atık su olması ve konsantrasyonlarının düşük olması nedeniyle bitki bünyesinde birikime neden olmadığı anlaşılmıştır.

Atık suyun toprak özelliklerine etkisi bakımından ise, toprak başlangıç pH değerleri 7.8-7.9 arasında iken deneme sonunda 7.8-8.2 arasında olup, önemsiz düzeyde değişmiştir. Toprak EC'si ise başlangıçta 0.8-1.0 dS m⁻¹ iken deneme sonunda 0.9-1.8 dS m⁻¹ arasında değişerek toprak tuzluluğu nispi olarak artmıştır. Toprakların OM içeriği çok düşük olduğu için kısa süreli deneme süresince OM içeriğinin (% 0.27-0.65) çok belirgin olarak arttığı söylenemez.

Diğer ağır metal yönünden ise, atık suda metal kirliliği olmadığı için topraklarda da herhangi bir ağır metal ve diğer bazı mikro element kirliliği meydana gelmemiştir.

Üniversite yerleşkesinde nüfusun yoğun olduğu dönemler, yüksek sıcaklık ve geçici kurak koşullar yüzünden atık suyun debisinin azalması ve daha derişik atık su oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle, sulama yönetimine göre su kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi amacıyla iyi nitelikli sularla karıştırılıp seyreltilerek kullanılması gereklidir. Ayrıca, temiz su kaynağının yetersiz olduğu ve atık su kaynaklı suların kullanılması durumunda, etkin tuzluluk ve toprak bünyesine göre potansiyel tuzluluk değerleri dikkate alınarak kontrollü olarak kullanılmalıdır.

Bu sonuçlara göre, evsel nitelikli ve fiziksel olarak arıtılmış atık sularının kontrollü bir şekilde doğrudan insan beslenmesinde kullanılmayan pamuk gibi bitkilerde kullanılabileceği söylenebilir. Ancak, her türlü atık suyun niteliği, nüfus hareketleri, yıl içindeki döneme ve iklim koşullarına bağlı olarak değişebileceği, bu nedenle bu tür atık suların sürekli kontrol ve denetimli kullanılması gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- ABDEL-JAWAD, M., EBRAHİM, S., AL-TABTABAEI, M., AL-SHAMMARI, S., 1999. Advanced technologies for municipal wastewater purification: technical and economic assessment. European Conference on Desalination and the Environment. Volume 124, Issues 1–3, 1 November 1999, Pages 251–261
- ABDEL-SHAIFY, H.I., ABDEL-SABOUR, M.F., 2006. Waste Water Reuse for Irrigation on The Desert Sandy Soil of Egypt. Long Term Effect. Integrated Urban Water Resources Management. NATO Security Through Science series. 978-1-4020-4683-4
- ABOUKHALED, A., 1992. Wastewater for Crop Production the Near East. Water Resources Development, 8(3): 204-214.
- ABU-SHARAR, T.M., 1996. Modification of Hydraulic Properties of a Semiarid Soil in Relation to Seasonal Applications of Sewage Sludge and Electrolyte-Producing Compounds. Soil Technology 9,1-13.
- AKINCI, İ. E., ÇALIŞKAN, Ü., 2010. Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi. Araştırma Notu, Ekoloji 19,74, 164-172.
- ALCAMO, J., MORENO, J.M., NOVAKY, B., BINDI, M., COROBOV, R., DEVOY, R.N.J., GIANNAKOPOULOS, C., MARTIN, E., OLSEN, J.E., SHVIDENKO, A., 2007. Europe Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. P.541 – 580. In M.L. Parry et al (ed.) Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- AL-LAHHAM, O., EL-ASSI, N.M., FAYYAD, M., 2007. Translocation of Heavy Metals to Tomato (*Solanum lycopersicom* L.) Fruit Irrigated with Treated Wastewater. Scientia Horticulturae, 113 (3): 250-254.

- AL-NAKSHABANDI, G.A., SAQQAR, M.M., SHATANAWI, M., FAYYAD, H., AL-HORANI, 1997. Some Environmental Problems Associated with the Use of Treated Wastewater for Irrigation in Jordan. *Agric. Water Manage.* 34 (1): 81-94.
- AMMARY, B. Y., 2007. Wastewater Reuse in Jordan: Present Status and Future Plans. *Desalination*, 211, 64–176.
- ANGIN, İ., 2002. Erzurum Kentsel Atıksuları ile Sulanan Tarımsal Alanlarda Ortaya Çıkan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Erzurum.
- ANGIN, I., YAGANOGLU, A.V., TURAN, M., 2005. Effects of Long-term Wastewater Irrigation on Soil Properties, *Journal of Sustainable Agriculture* 26 (3), 31.
- ANONYMOUS, 1991. Resmi Gazete, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sayı 20748, Ankara, 40s.
- ANONYMOUS, 1994. Diyarbakır İli Arazi Varlığı, T. C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No:21, Ankara.
- ANONYMOUS, 2008. http://www.diski.gov.tr/images/01_DIYARBAKIR_PTR.pdf. Diyarbakır Atık Su Arıtma Tesisi Projesi Proje Tanıtım Raporu. (Erişim: 09.11.2008)
- ANONYMOUS, 2012. <http://search.worldbank.org/data?qterm=world+population&language=EN&format> Erişim: 10.10.2012
- ANONYMOUS, 2013a. Durum ve Tahmin: Pamuk. 2011/2012 <http://www.tepge.gov.tr/Dosyalar/Yayinlar/678cb8d8d7ee490cbab78847254c3222.pdf> (Erişim: 23.08.2013)
- ANONYMOUS, 2013b. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan Haberler <http://bolge4.ormansu.gov.tr/4bolge/Files/Bulten/Orman%20ve%20Su%20%C4%B0%C5%9Fleri%20Bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1'ndan%20Haberler%2007.09.2012.pdf> (Erişim: 08.11.2013)

- ANONYMOUS, 2013c. Su ve Atık su Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ölçüm ve Değerlendirme Dairesi Başkanlığı, http://www.lab-cevreorman.gov.tr/hie/su_degerlendirme.pdf (Erişim: 25.10.2013).
- ANONYMOUS, 2013d. Diyarbakır ili pamuk üretimi. http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?bitkisel_uretimdb2=&report=BA RAPOR48.RDF&p_yil=2013&p_kod=1&p_duz1=TRC22&p_mad1=111 710001&p_dil=1&p_sec=1&desformat=pdf&ENVID=bitkisel_uretimdb2 Env (Erişim: 03.03.2014)
- APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. USA.
- ARCEİVALA, S., 2007. Wastewater Irrigation, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Seminer Notları, 15 Mayıs 2007.
- ARSLAN-ALATON, İ., GÜREL, M., EREMEKTAR, G., ÖVEZ, S., TANIK, A., ORHON, D., 2005. Türkiye’de Sürdürülebilir Atık su Yönetimi, Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Arıtılmış Evsel Atık suların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı. MEDAWARE Projesi 9-10 Haziran 2005, ODTÜ, Ankara.
- AŞIK, B.B., KATKAT, A.V., 2005. Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atık suyunun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanağı. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., (2005) 19 (2):23-31.
- AWWA, 1995. Standard Methods. The American Water Works Association. USA
- AZİZ, O., INAM, A., SAMIULLA, M., SIDDIQI, R. H., 1996. Long-term Effects of Irrigation with Petrochemical Industry Wastewater. Journal of Environmental Science Health, Part A: Environmental Science and Engineering, Toxic, and Hazardous Substance Control, 31(10):2595-2620.
- BAIER, D., FRYER, W.B., 1973. Undesirable Plant Responses with Sewage Irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Vo. 99, No. IR2, 133-141.

- BARTRAM, J., BALLANCE, R., 2004. Water Quality Monitoring, United Nations Environment Programme E and FN SPON, an imprint of Chapman and Hall, 2004.
- BAYRAKLI, F., GEZGİN, S., 1996. Kanalizasyon Suyu İle Sulama Tarım Topraklarında Kirlenme Durumu. İstanbul Büyükşehir Bel. Org. Bildiri. 9s.
- BİLGEL, L., NACAR, A.S., OĞUR, N.Ö., 2005. Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Su Uygulamasında Bazı Pamuk Çeşitlerinin Su Stresine Duyarlılıklarının Belirlenmesi. Şanlıurfa Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Araştırma proje Sonuç Raporu, Şanlıurfa, 45 S
- BLACK, O.A., 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Seas Ins, New York.
- BOLE, J. B., BELL, R. G., 1978. Land Application of Municipal Sewage Wastewater: Yield and Chemical Composition of Forage Crops. Journal of Environmental Quality, 7:222-226
- BOUWER, H., IDELOVITCH, E., 1987. Quality Requirements for Irrigation with Sewage Water. Journal of Irrigation and Drainage. Vol. 113, No:4, November 1987, 516-535.
- BRONSON, K.F., CHUA, T.T., BOOKER, J.D., KEELING, J.W., LASCANO, R.J., 2003. In-Season Nitrogen Status Sensing in Irrigated Cotton: II. Leaf Nitrogen and Biomass. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1439–1448
- CAMP, C.R., KARLEN, D.L., LAMBERT, J.R., 1985. Irrigation Scheduling and Row Configurations for Corn in The Southeastern Coastal Plain. Transactions of the ASAE, 28(4):1159-1165.
- CAO, Z.H., HU, Z.Y., 2000. Copper Contamination in Paddy Soils Irrigated with Wastewater. Chemosphere, 41, 3-6.
- CARR R.M., BLUMENTHAL U.J., MARA D.D. 2004a. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture: Developing Realistic Guidelines. Pages 41-58, in Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities. Scott C., Faruqui N. and Raschid-Sally L. (Eds.).CABI Publishing.

- CARR R.M., BLUMENTHAL U.J., DUNCAN MARA D. 2004b. Guidelines for the Safe Use of Wastewater in Agriculture: Revisiting WHO Guidelines. Water Science and Technology Vol. 50 (2): 31-38.
- CEYLAN, A., ERTEM, M., ILCIN., OZEKINCI, T. 2003. A Special Risk Group for Hepatitis E Infection: Turkish Agricultural Workers Who Use Untreated Waste Water for Irrigation. Epidemiol. Infect. J., 131: 753-756.
- CHENG, K.L., BRAY, R.H., 1951. Determination of Calcium and Magnesium in Soil and Plant Material, Soil Sci. 72:449-458.
- CHUA, T.T., BRONSON, K.F., BOOKER, J.D., KEELING, J.W., MOSIER A.R, BORDOVSKY, J.P., LASCANO, R.J., GREEN, C.J., SEGARRA, E., 2003. In-Season Nitrogen Status Sensing in Irrigated Cotton I. Yields and Nitrogen-15 Recovery Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1428-1438.
- ÇAĞLAR, K. Ö., 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10.
- ÇAY, Ş., 2013. Konya Kentsel Atık Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılması Ve Mısır Bitkisi Yetiştiriciliğine Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Tar. Yap. Ve Sul. ABD. Doktora tezi. Adana.
- CETIN, O., BILGEL, L., 2002. Effects OF Different Irrigation Methods on Shedding and Yield of Cotton. Agricultural Water Management, 54 (1): 1-15.
- DAWSON, C.J., HILTON, J., 2011. Fertilizer Availability in a Resource-Limited World: Production and Recycling of Nitrogen and Phosphorus. Food Policy 36 (S1): 14-22.
- DAY, A. D., RAHMAN, A., KATTERMAN, F. R. H., JENSEN, V., 1974. Effects of Treated Municipal Wastewater and Commercial Fertilizer on Growth, Fiber, Acid-Soluble Nucleotides, Protein, and Amino Acid Content in Wheat Hay J. Environ Qual 3:17-19.
- DAY, A. D., TUCKER, T. C., 1977. Effects of Treated Wastewater on Growth, Fiber, Protein and Amino Acid Content of Sorghum Grains. Journal of Environmental Quality. Vol. 6 (3):325-327.

- DOĞAN, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atıksuları ile Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Ekoloji Çevre Dergisi. Cilt:12 Sayı:48.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome, Italy, 144s.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A. H., 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No:33, FAO, Rome, 193 pp.
- DSİ, 2007. Devlet Su İşleri X. Bölge Müdürlüğü, İşletme-Bakım Şube Müdürlüğü Kayıtları, Diyarbakır
- EİD M.A., SHEREİF M., 1996. Effect of Waste Water Irrigation on Growth and Mineral Contents of Certain Crops. Egypt. J.of Soil. Sci., 36 (1-4):109-118.
- EL HAMOURI, B., HANDOUF, A., MEKRANE, M., TOUZANI, M., KHANA, A., KHALLAYOUNE, K., BENCHOKROUN, T., 1996. Use of Wastewater for Crop Production Under Arid And Saline Conditions: Yield and Hygienic Quality of The Crop and Soil Contaminations. Water Science and Technology 33 (10-11): 327–334.
- ENSINK, J.H.J., MAHMOOD, T., VAN DER HOEK, W., RASCHID-SALLY, L., AMERASINGHE, F.P., 2004. A Nationwide Assessment of Wastewater Use in Pakistan: an Obscure Activity or a Vitally Important One? Water Policy 6 (3): 197-206.
- EPA, 1992. EPA Manual. Guidelines for Water Reuse, EPA/62/R-92/004, 1992.
- EPA, 1996. Chemical References Methods.
- EPA, 2004. Guidelines for Water Reuse. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-04/108, Washington
- ERALP, Ö., 2012. Pamukta Son Durum, Tarım Türk Dergisi, 04/03/2012.
- FAO, 1985. URL 1, [http:// www.fao.org](http://www.fao.org). Son güncelleme tarihi: 03-03-2005.
- FARDOUS, A., JAMJOUM, K., 1996. Corn production and environment effects associated with the use of treated wastewater in irrigation of Khirbet Al-Samra Region. Annual Report. NCARTT. Amman, Jordan.

- FEIGIN, A., VAISMAN, I., BIELORAI, H., 1984. Drip Irrigation of Cotton with Treated Municipal Effluents: II. Nutrient Availability in Soil. *J Envir Qual* 13:234–238.
- FELDLITE, M., JUANICO, M., KARPLUS, I., MILSTEIN, A., 2008. Towards a Safe Standard for Heavy Metals in Reclaimed Water Used for Fish Aquaculture, *Aquaculture* 284, 115-126.
- FISTIKOĞLU, O., 2008. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart 2008, Ankara, 241-255
- FOLLET, R. H., W. L. LINDSAY. 1970. Profile Distribution of Zinc, Iron, Manganese and Copper in Colorado Soils. *Colo. State. Univ. Exp. sta. Bull.* 110.
- FONSECA, A.F., MELFI, A.J., MONTEIRO, F. A, MONTES, C. R., ALMEIDA, V. V., HERPIN, U., 2007. Treated Sewage Effluent as a Source of Water and Nitrogen for Tifton 85 Bermuda grass. *Agri. Water. Management.* 87 (3): 328-336
- FORDOUS, A., JAMJOUM, K., 1996. Corn Production and Environment Effects Associated with The Use of Treated Waste Water in Irrigation of Khirbet Al-Samra Region. Annual report, NCARTT, Amman, Jordan.
- FRIEDEL, J.K., LANGER, T., SIEBE, C., STAHR, K., 2000. Effects of Long-term Wastewater Irrigation on Soil Organic Matter, Soil Microbial Biomass and its Activities in Central Mexico. *Biol. Fertil. Soils*, 31:414-421.
- GAYNER, J. D.R., HALSTEAD, R., 1976. Chemical and Plant Extractability of Metals and Plant Growth on Soils Amended with Sludge. *Can. J. Soil Sci.*, 56:1-8.
- GEMALMAZ, E., BAŞ, S., MAVI, A., BAHÇECİ, İ., YARPUZLU, A., ÖZDEN, D.M., DEMİR, A.O., 1993. Drenaj Yapıları İçin Projeleme Kriterlerinin Saptanması. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, KHGM Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 36 Teknik Yayın No:3.

- GORI, R., FERRINI, F., NICESE, F.P., LUBELLO, C., 2000. Effect of Reclaimed Wastewater on the Growth and Nutrient Content of Three Landscape Shrubs. *J. Environ. Horticulture*, 18(2): 108–114.
- GUTIEREZ, R., SEBE, M. C., SOMMER, I., 1995. Effects of Land Application of Waste Water from Mexico City on Soil Fertility and Heavy Metal Accumulation. *Environmental Reviews*, 3(3-4):318-330.
- GÜNDÜZ, M., 2013. Evsel Kaynaklı Arıtılmış Suların Bazı Toprak ve Bitki Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Proje gelişme raporu (01/01/2012 – 31.12.2012). Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi. Menemen
- HANJRA, M.A., QURESHI, M.E., 2010. Global Water Crisis and Future Food Security in an Era of Climate Change. *Food Policy* 35 (2): 1-15.
- HANJRA, M.A., BLACKWELL, J., CARR, G., ZHANG, F., JACKSON, T.M., 2012. Wastewater Irrigation and Environmental Health: Implications for Water Governance and Public Policy. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 215: 255-269.
- IPCC., 1990. Climate Change: Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Scientific Assessment. J.T. Houghton, G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (eds.). World Meteorological Organization and United Nations Environmental Program. Cambridge University Press. Cambridge. 365.
- IPCC, 2001. The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report.
- JAMES, L. G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley&Sons, New York, 260-299.
- JONES, S.B., HANSEN, C.L., ROBBINS, C.W., 1993. Chemical Oxygen Demand Fate From Cottage Cheese (Acid) Whey Applied to a Sodic Soil. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 7, 71.
- KAÇAR, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II Bitki Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 453, Uygulama Kılavuzu: 155, Ankara.

- KAÇAR, B., KATKAT, A.V., 1998. Bitki Besleme. 3. Baskı. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, 127:168-175.
- KAÇAR, B., İNAL, A., 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri:63, (I.Basım), Ankara.
- KADIOĞLU, M., 2008. GÜNÜMÜZDEN 2100 Yılana Kadar İklim Değişimi. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart 2008, Ankara, 27-46.
- KAFADAR, N. F., SAYGIDEĞER, S., 2010. Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları ile Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi. Ekoloji 19, 75, 41-48.
- KALAVROUZİOTIS, I.K., ROBOLAS, P., KOUKOULAKIS, P.H., PAPADOPOULOS, A.H., 2008. Effects of Municipal Reclaimed Wastewater on the Macro- and Micro- Elements Status of Soil and of *Brassica oleracea* var. *Italica*, and *B.oleracea* var. *Gemmifera*. Agricultural Water Management 95, 419-426.
- KANBER, R., TEKİNEL, O., BAYTORUN, O., ÖNDER, S., 1991. Harran Ovası Koşullarında Pamuk Sulama Aralığı ve Su Tüketiminde Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasının Kullanım Olanıkları, T.C. Başbakanlık, GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Yayın No: 44, Adana. S. 38.
- KANBER, R., KIRDA, C., TEKİNEL, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 21, Ders Kitapları Yayın No: 6, Adana.
- KANBER, R., 1999. Sulama (II. Baskı). Çukurova Üni. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, Adana.
- KANBER, R., ÜNLÜ, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üni. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 281, Kitap Yayın No: A-87, Adana.
- KARA, C., GÜNDÜZ, M., 1998. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Sulama Suyu Uygulamasının Pamuk Verimine Etkisinin Saptanması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müd. Yayın No: 106, Ankara, 285-301

- KARADEMİR, Ç., KARADEMİR, E., DORAN, İ., ALTIKAT, A., 2005. Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Farklı Azot ve Fosfor Uygulamalarının Pamukta Verim ve Lif Teknolojik Özelliklerine Etkisi. GOÜ Ziraat Fak. Dergisi, 2005, 22(1): 55-61.
- KARAKAPLAN, S., 1982. İnsan Sağlığı ve Toprak Verimliliği Açısından Toprak Verimliliği-Kanalizasyon Suyu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Erzurum, 3(1-2). s.135-144.
- KARATAŞ, B.S., AKKUZU, E., AŞIK, Ş., 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2005, 42(3): 111-122.
- KAZMIA, A.A., TYAGIA, K., TRIVEDI, R.C., KUMAR, A., 2008. Coliforms Removal in Fullscale Activated Sludge Plants in India. Journal of Environmental Management 87, 415-417.
- KHAN, S., CAO, Q., ZHENG, Y.M., HUANG, Y.Z., ZHU, Y.G., 2008. Health Risk of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China. Environmental Pollution 152: 686-692.
- KIRIMHAN, S., SAĞLAM, M.T., KARAKAPLAN, S., 1983. Erzurum'da Kentsel Atık Sularla Sulanan Tarım Topraklarında Kimyasal Kirlenme. I. Azot, Fosfor ve Potasyum Durumu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Erzurum, 3 (3-4): 123-144
- KIRKHAM, M.B., 1986. Problems of Using Wastewater on Vegetable Crops. HortScience, 21(1):24-27.
- KIZILOĞLU, F.M., TURAN, M., ŞAHİN, U., KULSU, Y., DURSUN, A., 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. Var. Botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. *Rubra*) grown on calcareous soil in Turkey. Agric. Water. Manage. 95 (6): 716-724.
- KOÇ, H., KANDEMİR, N., 1996. Yeşilirmak'ın Almus-Erbaa Kolu Üzerinde Bulunan Yerleşim Yeri ve Sanayiye Ait Sıvı Atıkların Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme, Bitki Boyu ve Bitki Ağırlığına Etkisi. Ekoloji Çevre Dergisi 20:21-25.

- KOTLIK, L., 1998. Water Reuse in Argentina. *Water supply*, 16 (1/2), 293-294.
- KUKUL, Y.S., ÇALIŞKAN, A. D. Ü., ANAÇ, S., 2007. Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2007, 44 (3):101-116. ISSN 1018-8851.
- LAZAROVA, V., 1999. Wastewater Reuse: Technical Challenges and Role in Enhancement of Integrated Water Management. *G.I.N. International*, Dec. 99: 40-47.
- LEHRSCHE, G.A., ROBBINS, C.W., BROWN, M.J., 2008. Whey Utilization in Furrow Irrigation: Effects on Aggregate Stability and Erosion. *Bioresource Technology* 99: 8458-8463.
- LEVY, R., FINE, P., FEIGIN, A., 1986. Sodicty Levels of Soils Equilibrated with Wastewaters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 35-39.
- LEVY, G.J., ROSENTHAL, A., TARCHITZKY, J., SHAINBERG, I., CHEN, Y., 1998. Soil hydraulic conductivity changes caused by irrigation with reclaimed waste water. *J. Environ. Qual.* 28 (5): 1658-1664.
- LEVY, D., 2002. Report from the State of Israel. IENICA-INFORM Project.
- LI, P., WANG, X., ZHANG, T., ZHOU, D., HE, Y., 2008. Effects of several amendments on rice growth and uptake of copper and cadmium from a contaminated soil. *Journal of Environmental Sciences*. 20 (4): 449–455.
- LINDSAY W. L., NORWELL W. A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42: 421-428.
- MAHASNEH, A., AL-WIR, A., SALAMEH, E., BATARSEH, L., SHATANAWI, M., RIMAWI, O., JUDEH, O., KHATTARI, S., OWEIS, T., 1989. Treated wastewater reuse in agriculture. I.Hussein medical center project. Issue No: 12, *Bulletin of water Research and Study center*. University of Jordan.
- MARA, D., CAIRNCROSS, S., 1989. Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture, World Health Organization, Geneva.
- MASTO, R.E., CHHONKAR, P.K., SINGH, D., PATRA, A.K., 2008. Changes in soil quality indicators under long-term sewage irrigation in a sub-tropical environment. *Environ. Geol.* DOI 10.1007/s00254-008-1223-2.

- MARTEN, G. C., LARSON, W. E., CLAPP, C. E., 1980. Effects of Municipal Wastewater Effluent on Performance and Feed Quality of Maize vs. Reed Canary grass. *Journal of Environmental Quality*, 9 (1): 137-141.
- MILLER, G.W., 2006. Integrated Concepts in Water Reuse: Managing Global Water Needs. *Desalination* 187 (2006) 65-75.
- MITCHEL, G.A., BINGHAM, F.T., PAGE, A. L., 1978. Yield and Metal Composition of Lettuce and Wheat Grown on Soils with Swage Sludge Enriched with Cadmium, Copper, Nickel, and Zinc. *J. Environ Qual.* 7:165- 170.
- MOLDEN, D., 2007. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. In:Molden, D. (Ed.) *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute/Earthscan, Colombo, London.
- MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., 1975. Response of Corn to Zinc and Aluminum in Municipal Wastes Applied to Soil. *Journal of Environmental Quality*, 4 (2):171-174.
- MUNSUZ, N., ÜNVER, İ., 1995. Su Kalitesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No:839, Ders Kitabı No: 40, 335s.
- MURILLO, J. M., HERNANDEZ, J. M. BORROZ, M., GONEZ, G., 1989. Successive Applications of Composed Municipal Refuse. Effect on Selected Soil Characteristics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis Volume 23*, p 11-12.
- NEILSEN, G.M., STEVENSON, D.S. FITZPATRIK, J.J., BROWNLEE, C.H. 1991. Soil and sweet cherry response to irrigation with waste water. *Can J. Sci. Soil Soc.* 71: 31A1.
- OLSEN, S.R., C.V. COLE, F.S. WATANABE., L.A DEAN. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular 939*:1-19. Gov. Printing Office Washington D.C.
- OLSEN, S.R., SOMMERS, E.L., 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties* Edit: A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney, 404-430.

- ORON, G., DE-MALACH, J., 1987. Reuse of Domestic Wastewater for Irrigation in Arid Zones: A Case Study. *Journal of the Ame. Wate. Resources Assoc.* 23 (5): 777-783
- ÖNOL, B., 2007. Downscaling Climate Change Scenarios Using Regional Climate Model Over Eastern Mediterranean. *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007*, 87.
- ÖZDEMİR, N., HORUZ, A., ÖZKAPTAN, S., 2004. Düzenleyici Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ve Mısırdaki N Kapsamına Etkileri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 19(3):24-30.
- ÖZER, S.M., DAĞDEVİREN, İ., 1986. Harran Ovası Koşullarında Pamuğun Azotlu Gübre İsteği. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Yayın No:25, Rapor Serisi No:17, Şanlıurfa.
- ÖZOGUZ, Y., 2008. Akdeniz Ülkelerinde Atık Suların Etkili Yönetimi, İşlenişi ve Tekrar Kullanımı. *Emwater E-Öğrenim Kursu Ders Notları*.
- PARAMESWARAN, M., 1999. Urban wastewater use in plant biomass production *Resources Conservation and Recycling*, 27 (1-2):39-56.
- PESCOD, M.B., 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. *Fao Irrigation and Drainage Paper 47*, Rome.
- PEDRERO, F., ALARCON, J.J., 2007. Effects of Treated Wastewater Irrigation on Lemon Trees. *CEBAS-CSIC. Apdo. 164, 30100 Espinardo, Murcia, Espana*.
- PEKER, E., SAVAŞ, N., İNANDI, T., ALIŞKIN, Ö., YENİÇERİ, A., ERDEM, M., 2013. Antakya Atık su Arıtma Tesisinin Kirlilik Yüğü Değerlendirilmesi. *HASUDER, 16. Halk Sağlığı Kongresi, 28-31 Ekim 2013* (<http://www.uhsk.org/ocs/index.php/uhsk16/uhsk16/paper/view/1591>)
- PETERSEN, R.G. and CALVIN, L.D., 1965. Sampling Methods of Soil Analysis (Ed: C.A.BLACK et. Al.), Part 1. *Argon. Seri. No: 9, Am. Soc. Of Agr. Inc. Pub., Madison, Wisconsin, USA*, 54-72 p.

- PISTOL, Y. 1981., Determination of the Presence of Organic Complexes in Sewage WATER and Their Influence on Soil Hydraulic Conductivity (in Hebrew, with English Summary.). M.Sc. Thesis. Faculty of Agric. Hebrew Univ. of Jerusalem, Rehovot, Israel.
- RAVINA, I., E.PAZ, Z.SOFR, G.SAGI, Z.YECHIALY, Z.LAVI, A.MARCU, 1990. Filtration Requirements for Emitter Clogging Control, Proc.5th Int.Conf.on Irrigation, Agritech, p.233, Tel-Aviv, Israel.
- REBOLL, V., CEREZO, M., ROIG, A., FLORS, V., LAPENA, L., GARCIA-AGUSTIN, P., 1999. Influence of Wastewater Vs Groundwater on Young Citrus Trees. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80(10):1441-1446.
- REINERT, R., H., HRONCICH, J., A, 1994. Water Quality and Treatment, Pontius, F.W.,4, USA, McGraw-Hill, 1994.
- REITEMEIER, R.F., 1951. Soil Potassium. Advances in Agron. 3: 113-164.
- RESMİ GAZETE, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31 Aralık 2004, Sayı :25687
- RICHARDS , L.A., 1954. Diagnosis and Improvements of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. Agri. Handbook, No:60, 160.
- RONG-GUANG, S., SHENG-WEI, P., YUE-HUA, W., HAO, Z., YU-JIE, Z., FENG-ZHI, L., QI-XING, Z., 2008. Countermeasures of Reclaimed Municipal Wastewater for Safety of Agricultural Use in China. Agricultural Sciences in China 7 (11):1365-1373.
- ROWE, D. R., 1995. Handbook of Wastewater Reclamation and Reuse, ISBN: 087371671X, 1995, US Water News.
- RUTKOWSKI, T., RASCHID-SALLY, L., BUECHLER, S., 2007. Wastewater Irrigation in the Developing World – Two Case Studies from the Kathmandu Valley in Nepal. Agricultural Water Management 88, 83-91.
- SADEH, A., RAVINA, I., 2000. Relationships Between Yield and Irrigation with Low-quality Water-A System Approach, Agricultural Systems, 64: 99-113.

- SAMSUNLU, A., 2005. Çevre Mühendisliği Kimyası, Birsen Yayınevi. ISBN: 975-511-427-0, İstanbul. 396s.
- SCHEIERLING, S.M., BARTONE, C., MARA, D.D., DRECHSEL, P., 2010. Improving Wastewater Use in Agriculture: An Emerging Priority, Policy Research Work Paper 5412. Washington, DC: World Bank.
- SEGURA, M.L., MORENO, R., MARTINEZ, S., PEREZ, J., MORENO, J., 2009. Effects of Wastewater Irrigation on Melon Growth under Greenhouse Conditions. http://www.actahort.org/books/559/559_51.htm. Erişim: 05.08.2009
- SHAHALAM, A., ABU ZAHRA, B.M., JARADAT, A., 1998. Wastewater Irrigation Effect on Soil, Crop and Environment: A Pilot Scale Study at Irbid, Jordan. Water, Air and Soil Pollution 106: 425-445.
- SHUVAL, H.I., 1990. Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions. Summary of World Bank Technical Paper No. 51. The World Bank, Washington D. C., USA. pp. 1-9
- SILLANPAA, M., 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study FAO Soils Bulletin, 63. 208p.
- SINGH, I., KANSAL, B. D., 1983. The accumulation of Cu, Zn, Cd and Pb in sewage and tubewell-irrigated soils in Punjab. National conference on lead, zinc, cadmium at work place: environment and health care. New Delhi 14-15 Dec. 1982. New Delhi: Indian Lead Zinc Information Centre; 1983.
- SINGH, K. K., MISHRA, L. C., 1987. Effect of fertilizer factory effluent on soil and crop productivity. Water, Air and Soil Pollution, 33:309-320.
- SIDLE, R.C., HOOK, J.E., KARDOS, L.T., 1976. Heavy metals application and plant uptake in a land disposal system for wastewater. Journal of Environmental Quality, 5: 97-102.
- SIKKA, R., KANSAL, B.D., 1995. Effect of fly-ash application on yield and nutrient composition of rice, wheat and on pH and available nutrient status of soils. Bioresource Technology, 51(2-3):199-203.

- SKKY., 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004.
Resmi Gazete Sayısı: 25687, Ankara.
- SLAWIN, W., 1968. Atomic Absorption Spectroscopy. Interscience Publisher, New York, 511-512
- SOIL SURVEY MANUAL, 1957. Soil Survey Manual. U.S. Dep. Agric. Handbook. No: 18, 1036s.
- STEVENS, D.P., MCLAUGHLIN, M.J., SMART, M.K., 2003. Effects of long-term irrigation with reclaimed water on soils of the Northern Adelaide Plains, South Australia. Australian Journal of Soil Research 41 (5): 933-948.
- ŞAHİN, Ü., ANAPALI, Ö., HANAY, A., 1998. Erzurum ili Tortum ve Uzundere Seralarında Sulamada Kullanılan Suların Toprak, Bitki ve Damla Sulama Yönünden Değerlendirilmesi, Doğu Anadolu Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 1492-1503. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- ŞEN, B., TOPÇU, S., 2006. Impacts of irrigation projects on local climate in the Southeastern Anatolia Project (GAP) region in Turkey. International Symposium on Water and Land Management For Sustainable Irrigated Agriculture. April 4-8, 2006, Adana, Turkey
- TAMER, M., 2006. İklim Mültecileri Sorunu, Milliyet Gazetesi, 15.07.2006, s. 6
- TARCHITZKY, J., GOLOBATI, Y., KEREN, R., CHEN, Y., 1999. Wastewater Effects on Montmorillonite Suspensions and Hydraulic Properties of Sandy Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 63, 554-560.
- TOZE, S., 2006. Reuse of Effluent Water- Benefits and Risks. Agricultural Water Management 80: 147-159.
- TROOIEN, T.P., LAMM, F.R., STONE, L.R., ALAM, M., ROGERS, D.H., CLARK, G.A., SCHLEGEL, A., 2000. App. Eng. Agric. 16:5, 505-508
- TSADILAS, C.D., VAKALIS, P.S., 2003. Water Recycling in the Mediterranean Region:
(Iraklio,28-29September2002) Regional Symposium on Water Recycling in the Mediterranean Region, Iraklio, GRECE (28/09/2002) 2003, vol. 3, no 4, pp. 223-229[Note(s) : VIII, 326 p.,] [Document : 7 p.] (22 ref.) ISBN 1-84339-457-X.

- TUNA, A.L., BÜRÜN B., ŞAHİN O., YAĞMUR B., 2001. Kentsel Atık Suların Yeniden Değerlendirilmesi. IV Ulusal Çevre Kongresi 5-8 Ekim 2001 Bodrum, s.513-518.
- TUNA, A.L., BÜRÜN, B., 2003. Mısırdaki Mineral Beslenme ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Kentsel Atık Suların Etkisi. Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Dergisi, 4:7-15.
- TUNA, A.L., GİRĞİN, A.R., 2005. Mısırdaki (Zea mays L.) Gelişme, Mineral Beslenme ve Ağır Metal İçeriği Üzerine Termik Santral Uçucu Küllerinin Etkisi. Ekoloji, 14(57): 29-37.
- TÜZEL, İ. H., ANAÇ, S., 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. E.Ü. Z. F. Dergisi, 28 (1): 239-254
- TÜZÜNER, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. KHGM, Ankara, 375s.
- UYANÖZ, R., 1998. Konya'da Sulama Suyu Olarak Kullanılan Atık Suların Tarım Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerine Etkileri. Doktora Tezi. Selçuk Üniv. Konya, 100s.
- ÜLGEN, N., YURTSEVER, N. 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No:66, 4. Baskı, Ankara.
- ÜNLÜ, A., ÇOBAN, F., TUNÇ, M. S., 2008. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 23, No 1, 119-127.
- ÜSTÜN, G.E., SOLMAZ, S.K.A., 2007. Bir Organize Sanayi Bölgesi Atık Su Arıtma Tesisinden Çıkan Atık Suların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ekoloji, 15 (62): 55-61.
- ÜZEN, N., 2009. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Kimi Pamuk Çeşitlerinin Farklı Seviyelerdeki Tuz Stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi.Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens.Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- VAN DER HOEK, W., KONRADSEN, F., ENSINK, J.H.J., MUDASSER, M., JENSEN, P.K., 2001. Irrigation Water as a Source of Drinking Water: Is Safe Use Possible? *Tropical Medicine and International Health*, 6(1): 46-54.
- VANDEVIVERE, P., BAVEYE, P., 1992. Saturated Hydraulic Conductivity Reduction Caused by Aerobic Bacteria in Sand Columns. *Soil Sci. Am. J.*, 56: 1-13.
- VIDAL, M., MELGAR, J., LOPEZ, A., SANTIALLA, M.C., 2000. Spatial and Temporal Hydrochemical Changes in Groundwater Under the Contaminating Effects of Fertilizers and Wastewater. *Journal of Environmental Management* 60: 215-225.
- VIETS, F.G., LINDSAY, W. L., 1973. Testing Soil for Zinc, Copper, Manganese and Iron. *Soil Testing and Analysis*. (L.W. Walsh, J.D. Peaton ed). Soil Sci. Amer. Inc. Madison. U.S.A., s.153-172.
- VINTEN, A.J.A., MINGELGRIN, U., YARON, B., 1983a. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity; I. Suspend Solids Labelling . *Method. Soil Sci. Am. J.*, 47: 402-407.
- VINTEN, A.J.A., MINGELGRIN, U., YARON, B., 1983b. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity; II. Vertical Distribution of Suspended Solids. *Soil Sci. Am. J.*, 47: 408-412.
- WALKER, C., LIN, H.S., 2008. Soil Property Changes After Four Decades of Wastewater Irrigation: A Landscape Perspective. *Catena* 73: 63-74.
- WESTCOT, D.W., 1977. Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, *Water Reports*, No. 10, FAO, Rome, 1997, 86.
- WHO, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Vol. 2: Wastewater Use in Agriculture, World Health Organization, France.
- WICHELNS, D., DRECHSEL, P., 2011. Meeting the Challenge of Wastewater Irrigation: Economics, Finance, Business Opportunities and Methodological Constrains 36. *Water International* 26 (special issue), 467-475.

- YADAV, R.K., GOYAL, B., SHARMA, R.K., DUBEY, S.K., MINHAS, P.S., 2002. Post Irrigation Impact Of Domestic Sewage Effluent on Composition of Soils, Crops and Ground Water: A case study. Environ. Int. 28: 481-486.
- YAĞMUR, M., KAYHAN, D., ARVAS, Ö., 2005. Effects of Sewage Biosolid Application on Seed Protein Ratios, Seed NP Contents, Some Morphological and Yield Characters in Lentil (*Lens culinaris* Medic.) Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(4): 308-314.
- YAKUPOĞLU, T., ÖZTÜRK, E., ÖZDEMİR, N., ÖZKAPTAN, S., 2010. Asit topraklarda düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin mikro element içeriğine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 25 (2): 100-105.
- YILMAZ, F., 2004. Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Ekoloji Dergisi, 13 (50): 10-17.
- YURTSEVEN, E., BOZKURT, 1997. Sulama Suyu Kalitesi ve Toprak Nem Düzeyinin Marulda Verim ve Kaliteye Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 3(2): 44-51.
- YURTSEVEN, E., ÇAKMAK, B., KESMEZ, D., POLAT, H. E., 2010. Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara. 135-153.
- YURTSEVER, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Genel Yayın No. 121, Teknik Yayın No. 56, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

05/08/1983 yılında Mardin’de doğdu. İlköğrenimini Mardin’de, orta ve lise öğrenimini ise Adana’da tamamladı. 2001 yılında başladığı Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Bölümü’nden Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim Bölümü’ne 2002 yılında yatay geçiş yaparak 2005 yılında aynı bölümden mezun oldu. Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 2005 yılı Aralık ayında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim dalında 2006 yılında yüksek lisansa başladı. 2009 yılında yüksek lisansı tamamladı. Aynı yıl aynı anabilim dalında doktora çalışmasına başladı. Halen Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde çalışmaktadır.

EKLER

Ek Çizelge 1. Arıtma Tesisinden Çıkan Atık suların Kimi Biyolojik Özelliklerine Ait Analiz Sonuçları

Tarih	Analiz Sonuçları			
	pH	KOİ (mg L ⁻¹)	AKM (mg L ⁻¹)	BOİ (mg L ⁻¹)
03.01.2011	7.2	20.8	7	13.0
03.03.2011	8.6	582.0	34	293.0
25.04.2011	8.8	2.5	19	1.5
04.05.2011	7.3	194.0	15	60.0
09.05.2011	8.6	38.8	15	2.5
22.05.2011	7.2	106.6	58	37.2
22.06.2011	7.8	97.0	41	34.6
14.09.2011	7.8	49.4	10	18.6
15.12.2011	7.4	85.0	36	20.4
09.03.2012	7.3	102.8	29	5.8
19.04.2012	7.3	123.6	42	35.3
14.05.2012	7.2	106.6	58	37.2
15.06.2012	7.2	99.3	45	24.6
17.07.2012	7.6	115.2	50	29,3
15.08.2012	7.2	96.0	44	19.9
14.09.2012	7.6	112.4	49	29.3
17.10.2012	8.6	160.0	52	40.9
15.11.2012	7.8	41.5	44	19.3
11.01.2013	7.7	133.9	51	29.5

Ek Çizelge 2. 2011 yetiřme donemi sonunda Stoneville-453 pamuk çeşidinde bitki başına verim

Konular		Verim (gr/bitki)					
Ana konular	Alt Konular	I.Tek.	II.Tek	III.Tek	IV.Tek.	Toplam	Ortalama
F ₁	I ₀	12.6	18.4	12.5	12.7	56.3	14.1
	I ₁	7.1	14.9	14.9	17.9	54.9	13.7
	I ₂	13.5	14.8	17.4	15.1	60.8	15.2
	I ₃	5.2	15.0	13.3	13.0	46.5	11.6
	I ₄	16.0	15.4	13.0	12.6	57.0	14.2
F ₂	I ₀	14.1	37.4	40.2	20.4	112.1	28.0
	I ₁	11.7	41.7	38.1	26.4	117.9	29.5
	I ₂	22.8	34.3	35.8	6.4	99.2	24.8
	I ₃	12.9	34.8	32.3	4.9	84.9	21.2
	I ₄	25.8	36.3	27.4	5.2	94.8	23.7

Ek Çizelge 3. 2012 yetiřme dönemi sonunda Stoneville-453 pamuk çeşidinde bitki başına verim

Ana konular	Alt Konular	Verim (gr/bitki)					
		I.Tek.	II.Tek	III.Tek	IV.Tek.	Toplam	Ort. Varil
F ₁	I ₁	22.0	26.6	27.3	27.5	103.4	25.9
	I ₂	28.1	30.8	29.5	32.7	121.1	30.3
	I ₃	24.3	28.0	26.9	27.5	106.7	26.7
F ₂	I ₁	22.6	26.4	25.2	27.3	101.5	25.4
	I ₂	31.4	30.3	30.2	27.9	119.8	30.0
	I ₃	25.3	26.2	27.5	27.5	106.5	26.6
F ₃	I ₁	26.0	25.0	23.4	24.8	99.2	24.8
	I ₂	24.5	27.9	25.5	28.1	106.0	26.5
	I ₃	25.3	27.3	27.3	25.9	105.8	26.5