

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASI KOŞULLARINDA DAMLA SULAMA SİSTEMİ İLE
SULANAN BİBERİN TUZA DAYANIMININ BELİRLENMESİ**

A. Nilgün ATAY

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2006**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASI KOŞULLARINDA DAMLA SULAMA SİSTEMİ İLE
SULANAN BİBERİN TUZA DAYANIMININ BELİRLENMESİ**

A. Nilgün ATAY

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2006**

Doç. Dr. İdris BAHÇECİ danışmanlığında, A.Nilgün ATAY'ın hazırladığı “Harran Ovası Koşullarında Damla Sulama Sistemi İle Sulanan Biberin Tuza Dayanımının Belirlenmesi” konulu bu çalışma 26/ 06/ 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İdris BAHÇECİ

Üye : Prof. Dr. Rıza KANBER

Üye : Doç .Dr. Halil KIRNAK

Bu Tezin Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Projen No : 675

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

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Sulama Suyu Niteliği ve Uygunluğunun Belirlenmesi.....	4
2.2. Tuzlu Suların Sulamada Kullanılması.....	5
2.3. Bitkinin Tuzluluğa Dayanım ve Direnci.....	6
2.4. Tuzlu Sulama Suyu ile Bitkisel Üretim.....	8
2.5. Biber Bitkisi ve Tuzluluk İlişkisi.....	10
2.6. Damla Sulama Sistemi ve Tuzluluk İlişkisi.....	13
2.7. Tuzlu Sulama Sularının Toprak Özelliklerine Etkisi.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma yerinin coğrafi konumu.....	18
3.1.2. Toprak özellikleri.....	18
3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri.....	19
3.1.4. Araştırmada kullanılan biber çeşidi.....	21
3.1.5. Sulama suyunun özellikleri.....	21
3.1.6. Sulama sisteminin unsurları.....	22
3.1.7. Kullanılan aygıtlar.....	23
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizleri.....	24
3.2.2. Denemenin düzenlenmesi.....	25
3.2.3. Sulamaların planlanması ve uygulanması.....	26
3.2.4. Tuzlu suyun hazırlanması ve uygulanması.....	27
3.2.5. Tarımsal işlemler.....	27
3.2.6. Su tüketiminin belirlenmesi.....	28
3.2.7. Tuz-Verim ilişkileri.....	29
3.2.8. Bitki gelişimine ilişkin gözlemler ve ölçümler.....	32
3.2.8.1. Bitki boyu.....	32
3.2.8.2. Bitki gövde çapı.....	32
3.2.9. Meyve gelişimine ilişkin gözlemler ve ölçümler.....	32
3.2.9.1. Meyve ağırlığı.....	32
3.2.9.2. Meyve çapı.....	33
3.2.9.3. Meyve uzunluğu.....	33
3.2.10. Su kullanım randımanı.....	33
3.2.11. Yaprak sıcaklığı.....	34
3.2.12. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK).....	34
3.2.13. Klorofil indeksi.....	35
3.2.14. Biomass.....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	36
4.1. Sulama Suyu Sonuçları.....	36
4.2. Toprakta Tuz Birikimi.....	37
4.3. Tuz - Bitki Su Tüketimi ilişkileri.....	40
4.4. Tuzluluk ile Verim ve Verim Bileşenleri Arasındaki İlişkiler.....	43
4.4.1. Tuzluluk-Verim ilişkileri.....	43

4.4.2. Sulama suyu tuzluluğu (ECw) ile verim ilişkisi.....	46
4.4.3. Toprak tuzluluğu (ECe) ile verim ilişkisi.....	48
4.4.4. Bitki su tüketiimi ile verim ilişkisi.....	49
4.5. Su Kullanım Randımanı.....	50
4.6. Bitki Gelişimi ile İlgili Sonuđlar.....	51
4.6.1. Bitki boyu.....	51
4.6.2. Gövde apı gelişimi	55
4.7. Meyve Gelişimi ile İlgili Sonuđlar.....	58
4.7.1. Meyve ağırlığı.....	58
4.7.2. Ortalama meyve apı.....	61
4.7.3. Ortalama meyve uzunluğu.....	64
4.8. Yaprak Sıcaklığı.....	66
4.9. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK).....	68
4.10. Klorofil İndeksi.....	70
4.11. Biomass.....	71
5. SONUĐLAR ve ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	86
ÖZET.....	87
SUMMARY.....	91

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI KOŞULLARINDA DAMLA SULAMA SİSTEMİ İLE SULANAN BİBERİN TUZA DAYANIMININ BELİRLENMESİ

A. Nilgün ATAY

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. İdris BAHÇECİ
Yıl: 2006, Sayfa: 94

Bu çalışma, Harran Ovası koşullarında yaygın olarak yetiştirilen biber bitkisinde (*Capsicum annum* L.) elektriksel iletkenlikleri farklı sularla yapılan sulamaların tuz-verim ilişkilerini irdelemek ve tuza dayanım düzeyini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme 2005 yılında GAP Eğitim Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğünde Koruklu İstasyonu deneme alanında yürütülmüştür. Araştırmada, damla sulama sistemi kullanılmış ve bitkilere sulama sırasında farklı düzeylerde tuz (0.5, 1.5, 3.0, 6.0, 9.0 dSm⁻¹) uygulanmıştır. Sulama aralığı sabit tutulmuş ve bitkiler haftada iki defa sulanmıştır. Sulama suyu miktarı da açık su yüzeyi buharlaşma değeri (K_{cp}=1.00) ve bitki örtü yüzdesi ile düzeltilerek belirlenmiştir. Elde edilen verilerden Harran Ovası koşullarında damla sulama sistemi ile sulanan biberde, toprak tuzluluğu için EC_e= 3.60 dSm⁻¹ tuzluluk düzeyinden sonra verim azalmaya başlamıştır. Artan tuz konsantrasyonu hem bitki gelişimini hem de meyve kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Sulama suyu tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak, toprakta tuz yığılması da artmıştır. Tuzluluğu 9 dSm⁻¹ olan T₄ konusunda ortalama kök bölgesi tuzluluğu 13.44 dSm⁻¹ düzeylerine ulaşan toprak tuzluluğu, kontrol konusunda 1.64 dSm⁻¹ düzeyinde kalmıştır. Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak bitki su tüketimi de azalmıştır. Artan tuzluluk klorofil kaybına neden olmuş ve en yüksek duyarlılık 0-3 dSm⁻¹ arasında görülmüştür. Klorofildeki değişimler, düşük EC'lerde büyük olurken, yüksek EC değerlerinde önemsiz bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Tuzluluk, sulama suyu, biber, damla sulama, tuza dayanım

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF THE SALT RESISTANCE OF PEPPER VIA DRIP IRRIGATION SYSTEM UNDER HARRAN PLAIN CONDITIONS

A. Nilgün ATAY

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İdris BAHÇECİ
Year: 2006, Page: 94

This study was done with the aim to determine the salinity-yield function and effect of irrigation water which have different EC on the salt resistance of Şanlıurfa bell pepper (*Capsicum annum* L.), a widely grown cultivar and vegetable in Harran Plain. The experiment was conducted at the GAP Training, Extension and Research Center in Koruklu sub-stations, in 2005. In this study, drip irrigation technique was used and during irrigation events, different amount water and salt (0.5, 1.5, 3.0, 6.0, 9.0 dSm⁻¹) were applied to the plants. The irrigation interval is made to remain stable and the plant were irrigated twice a week. The amount of irrigation water was calculated based upon Class-A-Pan (CAP) evaporation taking into account of canopy cover percentage. According to the datum obtained from Harran Plain, the yield of the pepper which was irrigated with the method of dripping irrigation began to decrease after salinity level of E_{Ce}= 3.60 dSm⁻¹ for soil water. The ascending of salt concentration affected badly both plant growth and fruit quality. Accumulation of salt in the soil profile also increased depending on increased the irrigation water salinity. At T₄ subject whose salinity was 9.0 dSm⁻¹, average root region salinity raised 13.44 dSm⁻¹ while it remained 1.64 dSm⁻¹ at the control subject. Evapotranspiration decreased when the salt content of irrigation water increased. Increased salinity caused the loss of chlorophyll and the highest sensitivity was seen between 0 and 3 dSm⁻¹. Changes in the chlorophyll were significant at low EC but at high EC they were insignificant.

KEY WORDS: Salinity, Irrigation Water, Pepper, Drip Irrigation, Salt Tolerance

TEŞEKÜRLER

Tez çalışmamı yönlendiren ve tezimin hazırlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm danışmanım Doç. Dr. İdris Bahçeci'ye katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Denememin farklı dönemlerinde bilgi ve önerilerinden faydalandığım sayın Doç. Dr. Halil Kırnak'a, özellikle sulama sisteminin araziye kurulmasında yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Mehmet Şimşek'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hem arazi hem de laboratuvar çalışmalarım sırasında çok büyük yardımlarını gördüğüm Tar. Yap. ve Sulama Böl. Yüksek lisans öğrencisi Mehmetnur Bal'a ve tez süresince sürekli desteğini gördüğüm eşim ve çalışma arkadaşım Ersin Atay'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarım esnasında sağladığı destek ve olanaklar için GAP Eğitim Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamda emeği geçen Mehmet Fırat, Pınar Bahçeci ve M. Zeki Karipçin'e çok teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	19
Çizelge 3.2. Deneme alanına ilişkin araştırma yılına ait kimi iklimsel veriler ve uzun yıllık ortalama değerler	20
Çizelge 3.3. Harran Ovası sulamasında kullanılan sulama sularının özellikleri.....	21
Çizelge 3.4. Deneme süresince kaydedilen gözlemler.....	32
Çizelge 4.1. Deneme konularına uygulanan sulama suyu ve tuz miktarları.....	36
Çizelge 4.2. Deneme konularına uygulanan sulama suyunun EC değerleri.....	37
Çizelge 4.3. Deneme yeri topraklarında tuz birikimi ve pH değerleri.....	38
Çizelge 4.4. Deneme konularından elde edilen mevsimlik su tüketimi değerleri.....	41
Çizelge 4.5. Deneme konularından elde edilen verim değerleri (kg/da).....	44
Çizelge 4.6. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.7. Verimlerin (kg/da) LSD testi ile karşılaştırılması.....	45
Çizelge 4.8. Deneme konularında bitki başına düşen verim değerleri.....	46
Çizelge 4.9. Deneme konularından elde edilen sulama suyu ve toplam su kullanma randımanları.....	50
Çizelge 4.10. Deneme konularındaki bitki boyu değerleri (cm).....	52
Çizelge 4.11. Bitki boy değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.12. Deneme konularından elde edilen ortalama bitki boylarının (cm) LSD testi ile karşılaştırılması.....	53
Çizelge 4.13. Deneme konularındaki bitki gövde çapı değerleri (mm).....	56
Çizelge 4.14. Bitki gövde çapı değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.15. Farklı tuzluluk düzeylerinde ölçülen ortalama gövde çaplarının (mm) LSD testi ile karşılaştırılması	56
Çizelge 4.16. Deneme konularındaki ortalama meyve ağırlığı değerleri (g).....	58
Çizelge 4.17. Ortalama meyve ağırlığı değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	59
Çizelge 4.18. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve ağırlığının (g) LSD testi ile karşılaştırılması.....	59
Çizelge 4.19. Deneme konularındaki ortalama meyve çapı değerleri (mm).....	61
Çizelge 4.20. Ortalama meyve çapı değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.21. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve çaplarının (mm) LSD testi ile karşılaştırılması.....	63
Çizelge 4.22. Deneme konularındaki ortalama meyve uzunluğu değerleri (cm).....	65
Çizelge 4.23. Ortalama meyve uzunluğu değerlerinin varyans analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4.24. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve uzunluğunun (cm) LSD testi ile karşılaştırılması.....	65
Çizelge 4.25. Deneme konularındaki ortalama yaprak sıcaklığı değerleri (⁰ C).....	67
Çizelge 4.26. Deneme konularından elde edilen YOSK değerleri (%).....	69
Çizelge 4.27. Deneme konularından elde edilen klorofil indeksi değerleri.....	70
Çizelge 4.28. Deneme konularından elde edilen biomass değerleri (g/bitki).....	71
Çizelge 4.29. Deneme konularından elde edilen ortalama biomass değerlerinin (g/bitki) LSD testi ile karşılaştırılması.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Denemede kullanılan damla sulama sistemi ve gübre tankları.....	22
Şekil 3.2. Sulama sistemi planı.....	23
Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan kimi ekipmanlar	24
Şekil 3.4. Doğrusal tuz verim fonksiyonu.....	30
Şekil 3.5. YOSK analizi için saf suda bekletilen yapraklar.....	35
Şekil 4.1. ECw ile toprak katmanlarındaki tuz birikimi ilişkileri.....	39
Şekil 4.2. Sulama suyu tuzluluğu ile ortalama toprak tuzluluğu arasındaki ilişki.....	39
Şekil 4.3. Sulama suyunun tuz düzeylerine bağlı olarak toprakta tuz değişimi.....	40
Şekil 4.4. Deneme konularındaki ET değişimleri.....	41
Şekil 4.5. Sulama suyu ve toprak tuzluluğu ile ET ilişkisi.....	42
Şekil 4.6. Sulama suyu tuzluluğu ile yağışlı su tüketimleri arasındaki ilişkiler.....	43
Şekil 4.7. Sulama suyu tuzluluğu ile biber verimi ilişkisi	47
Şekil 4.8. Toprak tuzluluğu ile biber verimi ilişkileri	48
Şekil 4.9. Denemede ET- Verim ilişkisi.....	49
Şekil 4.10. Deneme konularında bitki boy gelişimi.....	51
Şekil 4.11. Deneme sonunda elde edilen ortalama bitki boyu değerleri.....	52
Şekil 4.12. Tuzluluk ile bitki boyu değişimleri.....	54
Şekil 4.13. Deneme konularındaki bitki boylarının değişimi.....	55
Şekil 4.14. Deneme konularında bitki gövde çapı gelişimi.....	55
Şekil 4.15. Parsellerdeki bitki gelişimlerinin genel görünümü.....	57
Şekil 4.16. Deneme konularında ortalama meyve ağırlığı.....	58
Şekil 4.17. Tuzluluk ile meyve ağırlığındaki değişimleri.....	60
Şekil 4.18. Deneme konularındaki meyve gelişimlerinin genel görünümü.....	61
Şekil 4.19. Deneme konularında ortalama meyve çapı gelişimi.....	62
Şekil 4.20. Tuzluluk ile meyve çapı değişimleri.....	63
Şekil 4.21. Deneme konularında meyve büyüklüğü değişimleri.....	64
Şekil 4.22. Deneme konularında ortalama meyve uzunluğu.....	64
Şekil 4.23. Tuzluluk ile meyve uzunluğu değişimi.....	66
Şekil 4.24. Deneme konularından elde edilen yaprak sıcaklık değerleri.....	67
Şekil 4.25. Tuzluluk ile yaprak sıcaklığı değişimleri.....	68
Şekil 4.26. Deneme konularında yaprak oransal su kapsamı.....	69
Şekil 4.27. Tuzluluk ile yapraklardaki klorofil indeksi değişimi.....	70
Şekil 4.28. Deneme sonunda elde edilen ortalama biomass değerleri.....	72
Şekil 4.29. Tuzluluk ile biomass'ın değişimi.....	72
Şekil 4.30. Bitki su tüketimi ile biomass arasındaki ilişki.....	73

1. GİRİŞ

Sulama, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimin artırılmasında en önemli etmendir. Sulama, geçmiş 50 yılda üretim artışında çok önemli bir rol oynamıştır (Jensen ve ark.,1990). Bitkisel üretim için sulamanın kaçınılmaz olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, bitkilerin yetiştirme dönemlerinde büyük bir su açığı oluşmaktadır. Bu nedenle kurak ve yarı kurak alanlarda sulu tarım yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tuzluluk ise, tüm dünyada sulu tarımda en önemli sorunların başında gelmektedir. Birçok alanda tuzluluk nedeniyle tarımsal üretim azalmakta ve daha da önemlisi bu bölgelerde tarımsal faaliyetlere son verilmektedir. Hem tuzlu yeraltı, hem de tarımsal drenaj sularının denetimsiz bir şekilde sulamada kullanılması, çorak toprakların oluşmasına ve giderek yayılmasına neden olmaktadır (Bahçeci, 1995). Yoğun olarak sulama yapılan ülkelerde, yaklaşık olarak sulanan alanların üçte biri tuzluktan büyük oranda etkilenmiş durumdadır (Kijne, 1998).

Dünya yüzeyinde yaklaşık 270 milyon ha olarak bilinen sulanan alanların bugün için 80 milyon ha'lık bölümünün tuzluluk ve taban suyu sorunlarından etkilendiği ve 20 milyon ha'lık kısmının da sulamadan kaynaklanan çok ciddi tuzluluk problemleri ile karşı karşıya olduğu bildirilmektedir (Rhoades ve ark., 1992).

Türkiye'de değişik düzeyde tuzluluk ve sodyumluluk problemi olan arazi miktarı 1.517.695 hektardır. Bu araziler, ülke yüzölçümünün % 2'si, sulanan alanların ise % 12'si kadardır (DSİ, 1980).

Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında 150–170 bin hektar sulama alanı olan Şanlıurfa-Harran Ovası, 1994 yılında sulanmaya başlamıştır. Eldeki verilere göre, 2004 yılı başı itibarı ile Harran Ovasında 130 000 hektar, GAP genelinde ise toplam 207 000 hektar alanda sulama yapılmaktadır (Özkaldı ve ark., 2004).

Harran Ovası'nda sulama öncesi (1964–1965 arasındaki yıllarda) yapılan arazi tasnif çalışmaları sonucunda 8 513 ha alanın tuzlu, 3 289 ha alanın tuzlu-sodyumlu ve 33 ha'lık alanın sodyumlu olduğu belirtilmiştir (DSİ 1971). Ancak

zaman içinde toprakların ve suların tarımsal kökenli kirlenmeleri gündeme gelmiştir. Sulama sonrası yapılan arazi çalışmaları sonucunda da ovanın 30 000 hektarlık alanında tuzluluk sorunu olduğu ifade edilmiştir (DSİ, 2003).

Dünyada ve ülkemizde bu denli yoğun sorunlu ve çorak toprakların bulunması, bu alanlarda bitkisel üretim seçenekleri konusunda araştırmalar yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ayers ve Westcot (1989), bu tür topraklarda üretim yapılabilmesinin iki seçeneğe bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bunlardan biri, toprakların yıkama gibi iyileştirme unsurları ile yeniden tarıma kazandırılmasıdır. Ancak bu işlem zaman alıcı ve pahalı bir yoldur. Ayrıca uygun sulama yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda yeni tuzlu topraklar oluşabilmektedir. Diğer seçenek ise tuzlu alanların doğru planlanması ve yönetilmesidir. Tuzlanan alanlarda sınırlanan bitkisel üretim, tuza dayanıklı bitkiler seçilerek uygun tarım tekniği ve sulama yöntemi ile belirli düzeylerde arttırılabilmektedir.

Sulanan alanların genişlemesi, hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeler gelecekte suya olan talebi de önemli ölçüde arttıracaktır. Bununla beraber suyun nitelik ve niceliksel olarak kötüleşmesi, çevre kirlenmesi ve iklim değişiklikleri karşısında, uygun nitelikteki sulama suyunun doğadan sağlanması gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Bazı ülkelerde sulama suyu niteliği, su sağlanmasından daha önemli bir sorun oluşturmaktadır (Demirer ve ark., 1997).

Gelecekte suyun az olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde su paylaşımının önemli bir sorun olacağı görülmektedir (Bouwer, 1994). Bu nedenle çoğu ülke kötü nitelikli suların kullanılmasını ulusal gelişim planları içerisine almak zorunda kalmıştır. Özellikle yağış dağılımının yıl içerisinde türdeş olmadığı alanlarda, suların yeniden kullanılmasının, su tasarrufu açısından daha etkili olabileceği düşünülebilir. Bu amaçla sulamada tuzlu suyun kullanılmasının, bu suyun değerlendirilmesinde uygulanabilir bir yöntem olduğuna değinilmektedir (Zartman ve Gichuru, 1984).

Günümüzde dünyadaki yer üstü ve yeraltı su potansiyeli açısından yeterli miktarda kaliteli su bulunmaması, düşük kaliteli suların kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Erözel ve Öztürk, 1996). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan ve su kaynaklarının yaklaşık %38.5'inin 3.ve 4. sınıf su (TOPRAKSU, 1980) olduğu saptanan ülkemizde bu sorun giderek daha da önem kazanacaktır.

Hangi koşulda olursa olsun tuzlu suların kullanıldığı alanlarda tuz birikimlerinin olacağı ve buna bağlı olarak üretim kayıplarının meydana geleceği bir gerçektir. Bu nedenle anılan üretim kayıplarının azaltılması için tuza dayanıklı kültür bitkilerinin üretimi zorunludur. Ancak bitki büyüme dönemi, sulama yöntemi, sulama aralığı ve çevre koşulları gibi birçok etmenin bitkisel verim üzerine etkili olduğu göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı verim ve kalitelerindeki değişmelerin ve su kullanım özelliklerinin belirlenmesi, önem arz etmektedir.

Genel olarak sebzelerin tuz toleransı diğer kültür bitkilerinkine oranla daha düşüktür (Maas ve Hoffman, 1977). Bu nedenle özellikle sebzelerde düşük kaliteli suların kullanılması durumunda bitki özellikleri, verim ve kalitede oluşabilecek değişimlerin ve tarım alanlarında ortaya çıkan tuzlulaşmanın belirlenmesi gereklidir.

Harran Ovası, genellikle, zengin bitki deseni tarımına uygun bir yapı göstermesine karşın, bu durum tam olarak gerçekleşmemiştir. Ovanın sulamaya açılmasından sonra master plan çerçevesinde önerilen ürün deseninde sebzelere % 2'lik (domates hariç) bir ekim alanı ayrılmasına rağmen; bu oran ihtiyacın çok gerisinde kalmıştır. Bu nedenle ovada, ürün deseninde sebze tarımı büyük önem taşımaktadır.

Bu sebzeler içerisinde biber bitkisinin, diğer ovalarda önemli bir yer almasa da, Harran Ovası'nda önemli bir yer tutacağı bilinmektedir. Çünkü, Şanlıurfa'da biber taze, salça ve pul biber olarak fazla miktarda tüketilmektedir. Ayrıca yöreye özgü biber popülasyonları dış pazarda da büyük talep görmektedir.

Ancak Harran Ovası jeolojik yapısı gereği, güneyden başlayarak kuzeye doğru ilerleyen tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır. Yetiştiricilik yapılan alanların tuzlanması ve sulamadan kaynaklanan tuzluluk, bu sebze türünü, tuza karşı duyarlılığından dolayı, olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle biberin damla sulama yöntemiyle tuza dayanımının belirlenip eşik değerinin veya tuza toleransının saptanması yöre için önemli bir konu olmaktadır.

Bu araştırmada, farklı nitelikteki sulama sularının biberde verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada bitkisel verimin, tuzluluktan etkilenmeye başladığı eşik değerinin saptanması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Sulama Suyu Niteliği ve Uygunluğunun Belirlenmesi

Sulama sularının nitelikleri içerdikleri katı ve çözünen maddelerin miktar ve türlerine bağlıdır (Meiri ve Plaut, 1985). Tarım alanlarında sulama amacıyla kullanılan sular, mutlaka bünyelerinde belirli miktarlarda erimiş katı madde veya kısaca tuz içerirler.

Bischoff (1999), sulama suyu içerisindeki çözünmüş tuzların iyon formunda olduğunu ve en yaygın olarak bulunanların; yemek tuzu (sodyum klorür), jips kalsiyum sülfat, magnezyum sülfat ve sodyum bikarbonat olduğunu bildirmiştir.

Tarımsal yönden suların uygunluğunun değerlendirilmesinde toprak, bitki ve iklim koşullarının karşılıklı etkilenmeleri yanında sulama ve drenaj koşullarıyla, çiftçinin bu konudaki bilgi ve becerisi de önem taşımaktadır. Belirtilen etmenler arasındaki karmaşık ilişkiden dolayı, suların sulamaya uygunluğuna karar veren uluslararası kapsamlı bir sınıflandırma geliştirilememiş olmasına karşın, birçok sınıflandırma yöntemi önerilmiş ve kullanılmıştır (Ayers ve Wescot, 1989; Rhoades, 1972). Bu yöntemlerin çoğu üç temel ölçüte dayanmaktadır. Toplam çözünebilir tuz miktarı (tuzluluk), sodyum karbonat ve bikarbonat iyon derişimi (sodiklik) ve klor ve bor gibi özel iyonların toksisitesidir (Rhoades, 1993).

Her ne kadar sular belirlenen bazı ölçütlere göre sınıflandırılarak toprakta yaratacağı sorunlara ilişkin kimi tahminler yapılmaktaysa da, sayılan etmenler bir bütün içinde test edilerek tuzluluğun belirlenmesini gerektirmektedir (Van Hoorn ve Van Aart, 1980)

Yüksek tuzluluğa sahip suların oluşturduğu sorunlar üç başlık altında toplanmaktadır (Smedema ve Rycroft, 1983). Bu sorunlardan ilki toprak çözeltisinin tuz konsantrasyonunun artması, bu nedenle toprakta ozmotik basıncın artması ve bitkilerin topraktaki suyu alamamasıdır. İkincisi, toprakta yüksek konsantrasyonlarda biriken tuzların bitkilere toksik etki yapmasıdır. Üçüncü sorun ise, sodyum iyonunun toprakta aşırı miktarlarda birikmesinden dolayı toprak yapısının bozulması ve kil kolloidlerinin dağılarak geçirgenlik sorununu ortaya çıkarmasıdır.

Bu nedenle Rhoades ve ark., (1992), tuzlu su kaynaklarının sulamaya uygunluğunun kestirilmesi için aşağıda verilen ilkelerin dikkate alınması önermektedir; a) ölçüm sistemi; özel ekolojik koşulların tümünde bitkinin tuza dayanıklılığının bilinmesi zorunludur, b) toprakta tuz birikiminin önlenmesi; dikkate alınan iklim ve hidrolojik koşullarda topraktaki tuzun hareketi ve miktarı ölçülmelidir, c) gelişmiş sulama ve drenaj tekniklerinin kullanılması; sulama yöntemleri tuzlu ve az tuzlu suların kullanımı için teknik ve ekonomik yönden düzeltilmeli ve gerektiğinde uygun bir drenaj sistemi sağlanmalıdır.

Ayrıca Hamdy (1988) tuzlu su kaynaklarının kullanılmasında, kök bölgesinde aşırı tuz ve sodyumun birikmesini önleyen ve toprak-su sisteminde tuz dengesini denetleyen bir işletim biçimi uygulanması gerektiğini ifade etmiştir. Tuzlu suların kullanımı bir takım sınırları da beraberinde getirmektedir. İstenilen verimin eldesi için bitki tipi, su niteliği ve toprak özellikleri, seçilecek işletim biçimini önemli ölçüde etkilemektedir.

2.2. Tuzlu Suların Sulamada Kullanılması

Son yıllarda yapılan çalışmalarla tuzlu suların, sulama suyunun potansiyel kaynağını oluşturduğu gerçeği kabul görmeye başlamıştır. Yakın zamanlarda bitki yetiştirme ve ıslahı, toprak-bitki-su yönetimi, sulama ve drenaj teknolojileri konusunda yapılan çalışmalar, tuzlu suların toprak verimliliği ve çevre üzerine en az zararlı bitkisel üretimde kullanılma şansını önemli ölçüde arttırmıştır (Shalhevet, 1994).

Dünya su kaynaklarının evsel ve endüstriyel kullanımının yanında, yoğun tarım sonucu sulamada kullanımının artması ile kalite değerlendirme ölçütleri de değişmektedir. Önceleri rakam olarak daha düşük değerlerde olan sınır değerleri, şimdi büyütülmüştür. Bunun nedeni sulu tarımda kullanabileceğimiz iyi kaliteli taze su kaynaklarının gittikçe daha kıt hale gelmesidir. Bunun sonucu olarak, daha tuzlu sularında artık sulamada kullanılması gerekliliği pek çok ülke için söz konusudur. Alınacak bazı yönetim önlemleri ile bu gibi sularında rahatlıkla kullanılabilir olup olmadıkları tartışılmakta ve bu konudaki çalışmalara hız verilmektedir (Yurtseven, 2004).

Temiz su kaynaklarının büyük bölümünü sulamada kullanan ülkelerde, tuzlu sular gibi seçeneksiz kaynakların değerlendirilmesi düşüncesi önem kazanmakta ve gelecek için ümit var gözükmektedir (Mizrahi ve Pasternak, 1985). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1973 yılında yapılan bir toplantıda, atık suların içme suyu olarak değil, öncelikle tarımsal sulamada kullanılması önerilmiştir (Kanber ve ark., 1992).

Dünya ölçeğinde birçok ülkede tuzlu suların tarımda başarılı bir şekilde kullanılmasıyla ilgili birçok örnek bulunmaktadır. Mısır'da her yıl 14.350 Mm³ drenaj suyunun oluştuğu, bunun 3.533 Mm³'nün tuzluluk düzeyinin 4.0 dSm⁻¹'den fazla olduğu, 1988 yılında 2.370 Mm³, 1992 de 4.450 Mm³ drenaj suyunun sulamada kullanıldığı bildirilmiştir (Rhoades ve ark., 1992).

De-Malach ve ark., (1978), Tunus, Hindistan ve İsrail'de tuzlu yer altı sularının sulamada kullanıldığını bildirmektedirler. Tunus'un Medjerda Nehrinin tuzlu suları (yıllık ortalama tuzluluk değeri 3.0 dSm⁻¹) sorgum, arpa, hurma, yonca ve enginar sulamasında kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Frenkel ve Shainberg (1975), İsrail'in Negev bölgesinde yağmurlama yöntemi ile tuzluluğu 4.4 dSm⁻¹ olan yer altı sularının şekerpancarı yetiştiriciliğinde kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca Nahal Oz bölgesinde ise tuzluluğu 5 dSm⁻¹ olan yer altı sularının pamuk yetiştiriciliğinde başarılı bir şekilde kullanıldığı bildirilmiştir (Keren ve Shainberg, 1978).

ABD'nin Pecos Valley bölgesinde ortalama tuzluluğu 2500 mg/L olan suların 30 yıl boyunca 81 000 ha'lık tarım arazisinde başarılı bir şekilde kullanıldığı belirtilmiştir (Miyamoto ve ark., 1984). Ayrıca Dutt ve ark. (1984), Arizona'nın kuru ve sıcak bölgelerinde tuzlu yeraltı sularının 10 yıldan beri sulamada başarılı bir şekilde kullanıldığını rapor etmişlerdir.

2.3. Bitkinin Tuzluluğa Dayanım ve Direnci

Meiri ve Plaut (1985), Hoffman ve ark. (1990), bitkilerinin tuza dayanımlarının toprak derinliği, yer, zaman ve sulama yöntemine göre değiştiğini, ayrıca tarla çalışmalarında elde edilen sonuçların lizimetre ve saksılarda elde edilenlerle çoğu kez uyum göstermediğini bildirmektedirler.

Dünyada sulama yapılan birçok alanda yetiştiriciler, yeterli miktarda kaliteli su olmadığından dolayı tuzlu su kullanmaktadır (Villora ve ark., 2000). Bu durum tarım alanlarında tuzluluk sorunu olmasa bile ilerleyen dönemlerde, topraktaki tuz konsantrasyonunun artmasına ve yetiştirilen tarım ürününün veriminde belirgin azalmalara neden olabilmektedir (Vanderbeek ve Ltifi, 1991, Akılan ve ark., 1997).

Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımının düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Sharma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

Gelişme dönemlerinde bitkilerin tuza karşı gösterdikleri duyarlılık, yetişme dönemi içerisinde farklı nitelikteki suların kullanılabilceğini göstermektedir (Gupta ve Yadav, 1986). Genel olarak çimlenme ve bitki gelişiminin ilk döneminde bitkiler tuza duyarlıdır ve bu dönemlerde iyi nitelikteki suların kullanılmasına gerek duyarlar. Kötü nitelikli sular ise daha sonra kullanılır. Bu uygulama, bitki gelişimi açısından daha az olumsuz etkilere sahiptir. Çünkü tuzlu suların kullanılmasından önce bitkiler tuza duyarlı dönemlerini geçirmektedir (Maas, 1990; Paliwal ve Yadav, 1976).

Jenings (1968)'in bildirdiğine göre, tuzlu koşullar altında çimlenmede azalma olmaktadır. Buna karşın bazı baklagillerde düşük tuz konsantrasyonlarının çimlenmeyi teşvik ettiği belirlenmiştir (Ahi ve Powers, 1978).

Rhoades ve ark. (1992), kök bölgesindeki aşırı tuzluluğun metabolik sentezi ve hücre büyümelerini kapsayan büyüme oranlarına zararlı etki ettiğini belirtmektedirler. Ayrıca bu aşırı tuzluluk transpirasyondaki azalmalar nedeni ile bitki gelişmesinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Aşırı tuzluluk, stres altındaki bitkinin yaşaması için gerekli biyokimyasal ayarlamayı yapması ve kök bölgesindeki topraktan suyu alması için harcaması gereken enerjiyi artırarak bitki gelişimini azaltmaktadır. Bitki, yaşaması için gerekli olan bu enerjide oluşan açığı büyüme ve verim için kullanacağı enerjiden sağlamakta ve böylece verimde azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Bernstein (1963)'a göre toprakta klor, bor, manganez ve sodyum gibi bazı iyonların olması bitkilerde zehirlenmeye ve iyon dengesizliğine neden olmaktadır. Ayrıca Bernstein ve Francois (1973) sulama suyu tuz içeriğinin etkisinin; sulama yöntemi, sulama suyu miktarı ve sulama sıklığı ile ilgili olduğunu açıklamışlardır.

Shainberg (1975)'e göre bitki gelişmesinin çözünebilir tuzlardan etkilenmesi tuzların iyonik bileşimi kadar, bitki türüne, toprak yapısına ve su tutma kapasitesine bağlıdır. Araştırmacı, toprakta çözülebilir tuz düzeyinin esas etkisinin, çamur süzüğünün ozmotik potansiyelini arttırması yüzünden, bitkilerin su ve besin elementleri alımını azaltması şeklinde ortaya çıktığını açıklamıştır.

Bitkilerin tuzluluğa dayanımı, kök bölgesindeki eriyebilir tuzların belli bir seviyesi için elde edilen verim azalması ile tuzlu olmayan koşullarda elde edilen verimin karşılaştırılması olarak açıklanabilir. Dolayısıyla bitki tuz toleransı, bitkilerin yetiştirme koşullarına bağlı oransal bir değerdir (Öztürk ve Erözel, 1994).

2.4. Tuzlu Sulama Suyu ile Bitkisel Üretim

Sönmez (1995), domateste yüzey sulama yöntemi ile yaptığı çalışmada, sulama suyu tuzluluğunun 2.5 dSm^{-1} 'nin üzerine çıkması ile çimlenen tohum sayılarında azalma başladığını ve tuzluluğun 10 dSm^{-1} 'nin üzerine çıkması ile çimlenmenin tamamen durduğunu belirtmiştir. Bitki gelişimi üzerine tuzluluğun etkisini incelemek amacıyla fide gelişimini tamamladıktan sonra tuzluluk uygulaması yapılmış ve üçüncü yılın sonunda bitki veriminin 2.5 dSm^{-1} 'lik tuzluluktan başlayarak önemli düzeyde azaldığını belirlemiştir.

Hıyar bitkisiyle yapılan bir çalışmada 100 mM NaCl uygulamasından 4 gün sonra bitkilerde büyüme durmuş, hücrenin membran geçirgenliği bozulmuş ve yeşil aksam ağırlığında azalma görülmüştür (Lechno ve ark., 1997).

Çizikçi (1998), sulama suyunun tuzluluğunun artmasının ıspanağın çimlenme yüzdesinin azalmasına neden olduğunu, aynı şekilde topraktaki sodyum miktarı ve magnezyum miktarı arttıkça çimlenen tohum sayısının azaldığını belirlemiştir. Ispanak bitkisinde verimin azalmaya başladığı toprak tuzluluğu eşik değeri 3.5 dSm^{-1} ve birim tuzluluk artışına denk gelen yüzde verim azalmasını ise %6.6 olarak bulmuştur.

Cramer ve ark. (1986), pamuk bitkisinde su kültürü ortamında besin çözeltisine NaCl eklenmesiyle iyon aktivitesinin önemli derecede etkilendiğini ve kök büyümesinin engellendiğini, fakat ortama Ca^{+2} eklenmesinin tuzlu koşullar altında kök gelişimine yardımcı olduğunu belirlemişlerdir.

Şener (1993), pamuk etkili kök bölgesinde (0-90 cm) toprak çözeltisinin tuzluluğu $EC_e=5.7 \text{ dSm}^{-1}$ olduğunda pamuk verimi azalmaya başladığını bundan sonra tuzluluğun her birim (mmhos/cm) artışında pamuk veriminde % 5 azalma görüldüğünü, sulama suyunun tuz içeriği yükseldikçe toprak profilinde tuz birikiminin arttığı gözlemlenmişler ve sulama sonrası toprakta tuz birikiminin genellikle yüzey katmanlarda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Bahçeci (1995), tarla fasulyesinde, toprak tuzluluğunun 0.81 dSm^{-1} düzeyinden sonra verim, azalmaya başlamış ve 4.0 dSm^{-1} de hiç verim alamamıştır. SAR ve iyon konsantrasyonları ile verim arasında, tuz-verim ilişkilerine benzer bağlantıların olduğu saptanmış ve sulama suyu tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak, toprakta tuzlanmanın arttığını bildirmiştir.

Kadayıfçı ve ark. (2004), soğan bitkisinde sulamalarda $1.6-6.1 \text{ dSm}^{-1}$ arasında elektriksel iletkenlik değerine sahip suların yumru verimini (% 34-68) ve bitki su tüketimini (% 15-35) oranında azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmanın sonunda, deneme konularında, toprak çözeltisinin elektriksel iletkenlikleri 0.54 dSm^{-1} den, şebeke suyunun kullanıldığı konuda 0.81 dSm^{-1} düzeyine, en yüksek tuzluluk değerine sahip suların kullanıldığı konuda ise 4.47 dSm^{-1} düzeyine ulaştığını bildirmişlerdir.

Kavun tohumlarına tuz (NaCl) uygulaması yapılmış ve çimlenme döneminde iyi performans gösteren genotiplerin, fide aşamasında aynı performansı göstermediğini belirlemişlerdir. Çimlenme aşamasında negatif olarak etkilenen genotipler ise fide aşamasında tuz stresine karşı daha iyi tolerans göstermişlerdir (Nerson ve Paris 1984).

Öztürk (2002), patlıcanın, özellikle ilk dönemlerde olmak üzere farklı dönemlerde uygulanan tuzlu suyun (5 dSm^{-1}); bitki su tüketimini, bitki boyunu, bitki ağırlığını önemli düzeyde azalttığını buna karşılık yaprakların mineral madde içeriğini ve toprak tuzluluğunu önemli düzeyde arttırdığı belirlemiştir.

Yurtseven ve Baran (1998), brokoli verimi üzerine sulama suyu tuzlulukları ile sulama suyu miktarının her ikisinin de etkili olduğunu, kuru madde ve toplam kül değerleri üzerine ise sadece tuzlulukların etkili olduğunu belirlemiştir. Verimde 6 dSm⁻¹ düzeyinden itibaren önemli azalmalar olduğunu, sulama suyu miktarındaki artış ise verimi arttırırken; tuzluluğun artması bitki kuru madde miktarlarının azalmasına neden olmuş, toplam kül içeriklerini de artırdığını bildirmiştir.

Ayrıca Pascale ve ark. (2004), ECe'nin 2.0'dan 6.0 dSm⁻¹'e artması, verimin karnabaharda 26.9'dan 9.6 t/ha'a, brokolide de 15.8'den 4.9 t/ha'a düşmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Baş ağırlığı ve baş çapının ECi ile negatif ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Karnabaharda eşik değer 1.52 dSm⁻¹ ve her 1 dSm⁻¹'lik artışta verim azalması %14.4 iken brokolide bu değerler sırasıyla 1.28 dSm⁻¹ ve % 15.8 olarak belirlenmiştir.

Amer ve Hatfield (2004), patates bitkisinde toprak tuzluluğu değerinin eşik değerin yukarısında olduğu durumlarda, yaprak sıcaklığının tuzluluğun artışıyla doğrusal olarak arttığını bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2002), farklı düzeylerdeki tuzlu sulama suları ile sulanan çim bitkisinde, özellikle tuz uygulamalarının ileri safhalarında yaprak sıcaklığının artan tuzlulukla doğrusal olarak arttığını bildirmişler. Bitki ağırlığı, yaprak alan indeksi ve biomass değerleri ise tuzluluğun artışıyla azalmıştır. Sulama suyu tuzluluğu 5-25 dSm⁻¹ arasındaki uygulamalarda verimde yaklaşık olarak %50 azalma elde etmişlerdir.

2.5. Biber Bitkisi ve Tuzluluk İlişkisi

Ayers ve Westcot (1989), biberin toprak ve sulama suyu tuzluluğuna karşı orta derecede duyarlı bir bitki olduğunu %100 verim alabilmek için toprak tuzluluğunun 1.5 dSm⁻¹, sulama suyu tuzluluğunun ise 1.0 dSm⁻¹'den daha fazla olmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan % 50 verim kaybının olacağı toprak tuzluluğunu 5.1 dSm⁻¹, sulama suyu tuzluluğunu ise 3.4 dSm⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, hiç verim alınamayan toprak tuzluluğu 8.6 dSm⁻¹, sulama suyu tuzluluğu ise 5.8 dSm⁻¹ olarak bulunmuştur.

Yılmaz ve ark., (2004) bazı biber çeşitlerinde sulama suyunda yüksek düzeyde NaCl'ün, kök ve sürgün uzunluklarını, bitkinin kuru ve yaş ağırlıklarını ve yaprak sayısı ile alanını olumsuz yönde etkilediğini belirlemiştir. Yapraklarda Na konsantrasyonunun artmasının K ve K/Na değerlerinin azalttığını saptamışlardır.

Slezak ve ark. (2002), biber bitkisinde çimlenme oranı ve fide uzunluğunun artan tuzlulukla azaldığını, sulama suyunun KCl konsantrasyonunun artması ile fide gelişimini, bitki ağırlığı ve gövde çapının azaldığını bildirmişlerdir.

Pascale ve ark., (2003), İtalya'da $EC_w = 4.4 \text{ dSm}^{-1}$ olan bir sulama suyuyla sulanan biber bitkilerinde bitki kuru ağırlığının (yaprak, sap, gövde) %46 ,verimin de % 25 oranında azaldığını, sulama suyu tuzluluğunun 8.5 dSm^{-1} düzeyinde olması durumunda ise bitki kuru ağırlığının % 34, verimin %58 azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak alanı ve kuru madde birikiminde azalmalar görülmüştür. Çevre koşulları göz önünde tutularak, hiç sulama yapılmamasına kıyasla belli bir dereceye kadar tuzlu sularla (4.4 dSm^{-1}) sulamayı önermişlerdir.

Medeiros ve ark., (2002) Brezilya'da yaptıkları çalışmada biberin verimde azalmaya neden olmayan sulama suyu tuzluluğu eşik değerini 1.81 dSm^{-1} olarak bulmuşlar ve bundan sonra her 1 dSm^{-1} 'lik artışta verimde %16 bir azalma olduğunu belirlemiştir.

Chartzoulakis ve Klapaki (2000), biber bitkisinde su kültürü ortamında tuzluluğun 50 mM 'a yükselmesinin çimlenmeyi geciktirdiğini fakat çimlenme yüzdesini azaltmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca 100 ve 150 mM NaCl konsantrasyonlarında çimlenme yüzdesinin önemli düzeyde azaldığını 10 mM 'dan daha yüksek tuzluluklarda da fide gelişiminin oldukça azaldığını gözlemlemişlerdir. Bitki yüksekliği, toplam yaprak alanı ve kuru ağırlık gibi bitki büyüme parametrelerinin 25 mM NaCl'den yüksek tuzluluklarda önemli düzeyde ($P=0.05$) azaldığını ve tuzluluğun artışıyla yapraklara kıyasla köklerin Na konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Toplam meyve verimi 10 mM NaCl'dan daha yüksek tuzlulukta önemli düzeyde azalmış ve bu değer 150 mM NaCl'de %95 olmuştur. Bitki başına düşen meyve sayısı ve meyve ağırlığının da tuzlulukla azaldığını bildirmişlerdir.

Bernstein ve Francois (1975), damla sulama sistemi ile sulanan biber bitkisinde, az (45 mg/l), orta (1000 mg/l) ve yüksek (2000 mg/l) tuzlu suların sulamada kullanılması durumunda, bitkilerde yaprak lekesi oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Yağmurlama sulama sisteminde ise sadece az tuzlu suyla (45 mg/l) sulanan bitkilerde yaprak lekesinin oluşmadığını belirlemiştir. Yüksek tuzlu suyla yağmurlama ile sulanan bitkilerde %50'den fazla verim azalmıştır. Aynı su ile damla sulama sistemiyle sulanan bitkilerde verim kaybını sadece %14 olarak bulmuşlardır.

Bernstein ve Pearson (1954) sadece ortalama tuzluluğun değil, aynı zamanda izin verilebilir en yüksek tuzluluğunda dikkate alınması gerektiğine değinmişlerdir. Araştırmacılar, domates ve biberin değişik tuzluluk rejimlerine tepkileri üzerine yaptıkları çalışmada, biberin sabit tuzluluğa daha az; tuzluluk düzeyinin değişmesine ise domatesten daha fazla dayanıklı olduğuna işaret etmişlerdir.

Kreij, (1999) tarafından ortamdaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla biberin almış olduğu kalsiyum miktarında düşmeler, verimde azalmalar ve çiçek burnu çürüklüğünde ise artışlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tuzlu koşullarda biberde çinko içeriğinin toksik etki yapacak düzeye çıktığı bildirilmiştir (Cornillon ve Polloix, 1997).

Gomez ve ark., (1996) tarafından biber bitkileri, kaya yünü içerisinde NaCl ve CaCl₂ tuzlarının farklı konsantrasyonları uygulanarak (0, 25, 50 ve 100 mM) yetiştirilmiştir. Azot kaynağı olarak 2-15 mM KNO₃ ve CaNO₃ kullanılmıştır. Tuzluluğun yükselmesiyle yapraklarda K, Ca, Mg, P elementi alımlarında azalmalar olduğu, ortalama 15 mM azot uygulamasıyla birlikte yapraktaki Na iyonunun düştüğü saptanmıştır. Ayrıca artan azot dozunun bitki biyokütlesi üzerinde olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir. Bu durum Cl⁻ ve NO₃⁻ arasındaki antogonistik etkiden kaynaklanan rekabetten dolayı yüksek dozda uygulanan nitrat formundaki azotun Cl⁻ iyonuna göre daha fazla tercih edilmesi böylece bitkiye zarar veren klorun alımının engellendiği şekliyle açıklanmıştır.

Beek ve ark. (1991), Tunus'ta biber çeşitlerinde yaptıkları bir çalışmada sulama suyu tuzluluğunun 7.63 dSm⁻¹ olduğunda verim, ölüm oranı ve kök ağırlığı gibi gözlenen tüm karakterler açısından kritik bir değer olduğunu bildirmişlerdir.

Bundan daha yüksek değerlerde verimde yaklaşık %50 oranında bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Maas ve ark. (1982), yağmurlama sulama sistemi ile sulanan biberde NaCl ya da CaCl₂'lü suların, bu iki tuzun karışımından olan sulardan daha fazla toksik olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre CaCl₂'ün NaCl'den daha toksik olmasına rağmen düşük Ca⁺² konsantrasyonları NaCl'lü suların zararlı etkilerini azaltmaktadır.

Moreno ve ark. (2003), İspanya'da yaptıkları bir çalışmada damla sulama sistemi ile günlük olarak sulanan biberde, farklı sulama suyu miktarlarının bitkinin fizyolojik tepkisi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Bunun için periyodik olarak bitkilerin yaprak oransal su kapsamı (YOSK) ve stomatal direnci ölçülmüştür. Su açığı bitkinin kuru madde birikiminde ve yaprak alanında azalmalara neden olmasına karşın sulama suyu miktarı verim ve büyüme parametrelerinde önemli değişimlere neden olmamıştır. Bununla beraber konular arasında YOSK ve stomal direnç açısından da çok küçük farklılıklar gözlemlenmiştir.

Beese ve Moshrefi (1985) biberde yaprak oransal su kapsamının, su stresinin belirlenmesinde çok hassas bir indikatör olmadığını bildirmişlerdir.

Navarro ve ark. (2003), biberde YOSK, yaprak ozmotik potansiyeli ve turgor potansiyelinin ECi değerlerinin artışıyla önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. Fakat bu azalma NaCl uygulanan bitkilerde, Na₂SO₄ uygulananlara göre daha düşük bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, bitkiler ozmotik ayarlama yapamadıkları için ya da Cl⁻, SO₄ ve Na⁺'un toksik etkilerinden dolayı bitki gelişimi tuzluluğun artışıyla azalmıştır. Bununla beraber NaCl uygulanan bitkilerde düşük ECi (3 ve 4 dSm⁻¹) değerlerinde turgor kaybı olmadığı için gelişimde azalmalar çok daha küçük olarak gerçekleşmiştir.

2.6. Damla Sulama Sistemi ve Tuzluluk İlişkisi

Damla sulama sisteminde sık ve yeterli miktarda sulama suyu uygulanabildiğinden tuzlu suyun zararı en aza indirilmekte ve daha başarılı bir bitki gelişimi sağlanmaktadır (Rhoades ve ark., 1992).

Van Schilfgaerde ve ark., (1974)'na göre, tuzlu sularla sulama yapılırken, bu suların içerdiği tuzların, toprakta birikmeden uzaklaştırılması gerekir. Böylece toprakta tuz birikimi önlenir ve tuzun aküfere iletimi en düşük düzeyde tutulur. Bu nedenle tuzlu suların sulamada kullanılması halinde daha sık sulama ve yıkama oranını bir araya getiren işletim ilkelerinin geliştirilmesi amaçlanmalıdır.

Flowers ve ark., (2003) Mısır'da ve Suriye'de yaptıkları bir çalışmada tuzlu su ve damla sulama sistemi ile sulanan domateste meyve verimi ve meyve sayısının karık sulama sistemi ile sulananlardan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Her iki metotta da sulama suyu tuzluluğunun artışıyla verim ve domates büyüklüğü azalmıştır.

Malash ve ark., (2003), Mısır'da yaptıkları bir çalışmada altı farklı oranlarda karıştırılmış kanal suyu (0.55 dSm^{-1}) ve drenaj suyunun ($4.2-4.8 \text{ dSm}^{-1}$), damlama ve karık sulama sistemi ile domateste; verim, büyüklük ve kök bölgesi tuzluluğu üzerine etkilerini araştırmışlardır. İlk gelişme döneminde, damla sulama sistemi karık sulama metoduna göre meyve büyüklüğünü arttırmıştır. Fakat sonraki dönemlerde iki sulama sistemi arasında bitki gelişiminde çok az farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek verim (3.2 kg/bitki), %60 kanal suyu ve %40 drenaj suyu oranı ile damla sulama sisteminden elde edilmiştir. Ayrıca, yüksek (%100 drenaj suyu) ve orta (%40 normal su, %60 drenaj suyu) düzeydeki tuzlu sulama sularının su akışını ve transpirasyonu, normal sulama sularıyla yapılan uygulamalara kıyasla önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Ancak stoma direnci ve yaprak sıcaklığı azalmıştır.

Shinjyo ve ark. (1994) domateste, EC değeri ile transpirasyon arasında ters bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Abdel Gawad ve ark. (2003), damla sulama sisteminde su kullanım etkinliğinin klasik metotlardan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Domates bitkisinde damla sulama sistemi, klasik yüzey sulama sistemlerinden daha yüksek verim sağlarken, tuzlu suyla (8 dSm^{-1}) sulamada verimi tuzsuz koşullara göre yaklaşık olarak % 50 oranında azaltmıştır.

Levy (2000), damla sulama sistemi ile tuzlu sulama sularının, Arava bölgesinde, Eilat ve Kızıl Deniz'in tuzlu topraklarında başarılı bir şekilde kullanılabildiğini bildirmektedir.

Wu ve ark. (2001), yağmurlama ve damla sulama sistemi ile sulanan bazı peyzaj bitkilerinin tuza dayanımını araştırmışlardır. Bitkiler yağmurlama sulama sisteminde, yaprakları direkt olarak tuz ile temas ettiği için tuz stresine karşı daha hassas bulunmuştur. Damla sulama ile sulanan bitkilerde 500 yada 1500 mg/l tuzlulukta (NaCl) tuz stresi belirtileri görülmemiştir. Bundan dolayı damla sulama sistemi birçok peyzaj bitkisi için, suların yeniden kullanılmasında uygun bir yöntem olarak kabul edilmiştir.

Royo ve ark. (2000), damla sulama ile sulanan arpada kontrol ($EC_e=4 \text{ dSm}^{-1}$) ve orta tuzlu ($EC_e=9 \text{ dSm}^{-1}$) konulardan elde edilen tane verimleri arasında farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Çok tuzlu ($EC_e=17 \text{ dSm}^{-1}$) konuda ise kontrol konusuna oranla verimde yaklaşık olarak %70 oranında azalmalar görülmüştür.

Russo (1987), damla sulama sistemi ile sulanan marulda maksimum verimin $EC_w=1.7 \text{ dSm}^{-1}$ konusundan alınırken, $EC_w=3.1$ ve 4.7 dSm^{-1} konularında ise verimde sırasıyla % 6.5 ile % 20.7 azalmalar olduğunu bildirmiştir. Yine aynı şekilde Russo ve Bakker (1987) yaptıkları başka bir çalışmada, damla sulama sistemi ile sulanan mısırdaki maksimum verimi, sulama suyu tuzluluğu 1.8 dSm^{-1} olan konudan elde ederken, 3.6 ve 6.7 dSm^{-1} konularında verim azalmalarını sırasıyla % 8 ve % 27 olarak bulmuştur. Pamuk bitkisinde ise maksimum verimi $EC_w=3.6 \text{ dSm}^{-1}$ konusundan elde etmiş, $EC_w=6.7$ ve 10.5 dSm^{-1} konularında da verim azalmasını % 6.5 ve %30 olarak belirlemiştir.

Colla ve ark. (2003), iki sulama metodunun (damlama ve toprakaltı sulama sistemleri) ve iki tuzlu suyun ($1-34 \text{ mM NaCl}$) kabak bitkisinde büyüme, verim ve su kullanım etkinliği üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Sulama metodu, 1 mM NaCl 'de verimi etkilemezken, 34 mM NaCl 'de toprak altı sulama sistemi ile sulanan bitkilerde, damlama ile sulananlardan daha az verim elde edilmiştir (0.42 ve 0.95 kg/bitki). Maksimum su kullanım etkinliği damla sulamada 34 mM NaCl 'de gerçekleşirken, toprak altı sulamada 1 mM NaCl 'de gerçekleşmiştir.

2.7. Tuzlu Sulama Sularının Toprak Özelliklerine Etkisi

Topraktaki çözünebilir tuzların en önemli kaynakları, doğal kaya ve primer minerallerin hava etkisi altındaki değişimleri, artık fosil tuzları, organik ve inorganik

gübrelerin kullanımı, doğal tuz ve maden kaynakları, yer altı suları, deniz suyu sızıntısı ve drenaj sularıdır (Kovda ve ark., 1973).

Tuzlu suların toprak özellikleri üzerine en belirgin etkileri, infiltrasyon hızını ve hidrolik iletkenliğini düşürmesidir (Chawla ve ark., 1983). Bu konuda yapılan araştırmalarda, infiltrasyon hızındaki azalmanın toprak su içeriğinde ve havalanma oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Armstrong ve ark., 1995; Somani, 1991).

Park ve O'connor (1980), doygun hidrolik iletkenliğin sulama suyu niteliğine bağlı olarak belirgin şekilde değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, tuzlu sodyumlu topraklara iyi nitelikli su uygulanması toprağın geçirgenliğini önemli oranda azaltmıştır. Elde edilen verilere bağlı olarak, kumlu topraklarda her türlü sulama suyu, orta bünyeli topraklarda, sodyum derişimi yüksek olmayan sulama sularının kullanılabilceğı belirtirken, ince bünyeli topraklarda ise tuzlu-sodyumlu suların kullanılmasının uygun olmadığına değinmişlerdir..

Zartman ve Gichuru (1984), karık sulama yönteminin uygulandığı kumlu-tınlı bir toprakta, 4 yıl boyunca iyi ($EC_w = 1.5 \text{ dSm}^{-1}$, $SAR = 4.5$) ve kötü ($EC_w = 12 \text{ dSm}^{-1}$, $SAR=11$) nitelikli sulama sularını 3 değişik oranda karıştırarak kullanmışlardır. Çözünebilir tuz miktarının, kötü nitelikli su ile sulanan parsellerde önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir Çamur süzüğü EC değerlerinin ise sulanmayan parsellerde 0.4 dSm^{-1} 'ye, kötü nitelikli su ile sulanan parsellerde 6.0 dSm^{-1} 'ye kadar yükseldiğı, hidrolik iletkenlik değerlerinin ise kötü nitelikli su ile sulanan parsellerde belirgin şekilde azaldığı kaydedilmiştir.

Hanks ve ark. (1977), başlangıçtaki tuzluluğı 2 dSm^{-1} olan toprakların farklı nitelikte tuz içeren sulama suları ile sulandığında, tuz düzeylerinin arttığını rapor etmişlerdir. Araştırmada kontrol konusunda, 0-90 cm derinliğinde toprak tuzluluğunun $1.7-3.1 \text{ dSm}^{-1}$ arasında olmasına karşın, EC_w 'si 4 dSm^{-1} olan sulama suyu kullanıldığında tuzluluğun 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 cm toprak derinliklerinde sırasıyla 3.9, 7.8, 9.7 ve 5.3 dSm^{-1} olduğu saptanmışlardır. Öte yandan EC_w 'leri 0.509, 1.5 ve 2.5 dSm^{-1} olan sulama sularının toprak tuzluluğunu yıllara göre sırasıyla, % 15.6-12.3, % 26.7-17.9 ve % 43.9- 51.7 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Erözel, 1993).

Hoffman ve ark. (1988) gelişmiş erik ağaçlarının tuzluluğa karşı dayanıklılığını ve toprakta tuz birikimini belirlemek amacıyla tuzluluğu $0.3-8.0 \text{ dSm}^{-1}$ arasında değişen sular kullanmışlardır. Birinci yıl sonunda toprak profilinde tuzluluk 7.8 dSm^{-1} 'ye, ikinci yılda ise 10 dSm^{-1} 'ye kadar yükselmiştir. Üçüncü yılda normal su ile yıkanan parsellerde tuzluluk 1.0 dSm^{-1} 'ye düşmüştür.

Puntamkar ve ark. (1988) yaptıkları bir çalışmada tuzlu suyun kullanılmasının, toprak özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. Bozulmanın derecesi, toprak bünyesi ve geçirgenliği ile sulama suyunun tuz içeriğine bağlı olarak değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toprağın üst katmanlarının en fazla etkilendiği, buna karşı pH'nın önemli ölçüde değişmediği ve geçirgenlikte önemli düzeyde azalma olduğu anlaşılmıştır.

Childs ve Hanks (1975) kurak bölgelerde tuzluluğun bitki üretimi üzerine olan etkisinin kestirimine yarayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar kullandıkları tuzlu sularla toprağın tuzlu duruma gelmesine kadar geçen süre içerisinde ürün miktarının arttığını, bundan sonra ürün miktarının düştüğünü belirlemişlerdir.

Shaw ve Thorburn, (1986) bildirdiğine göre, sulamalar sırasında toprak katmanlarındaki tuz derişiminin zamanla artması, öncelikle bitki su tüketimini etkilemektedir. Su toprak yüzeyinden buharlaştıkça veya bitki tarafından kullanıldıkça geride tuz birikimine neden olmaktadır. Buharlaşmaya bağlı olarak en fazla tuz yoğunluğu toprak yüzeyine yakın katmanlarda oluşur (Anonim, 1958).

Buharlaşma kayıplarının %50 ile %90 arasında olduğu bölgelerde çözünebilir tuz derişiminin 2 ile 20 kat arasında arttığı belirlenmiştir (Sparks, 1996; Ravina, 1989).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yerinin coğrafi konumu

Araştırma Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Şanlıurfa iline bağlı Harran Ovasında bulunan Koruklu-GAP Eğitim Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü İstasyonunda yürütülmüştür. Araştırma istasyonu 36⁰ 42' kuzey enlemi 38⁰ 58' doğu boylamı noktasında olup, denizden yüksekliği 410 m' dir.

Harran Ovası topografik yapı yönünden genel olarak düz ya da düze yakın arazilerden oluşmaktadır. Genel eğim %0-2 arasındadır. Ovanın kuzey kesimleri nispeten eğimli sayılabilecekken, güney kesiminde özellikle Harran ilçesi ile Akçakale ilçesi arasında düşük kotlu taban araziler yer almaktadır. Bunun yanında ova içine serpilmiş tepe ve sırtlar da bulunmaktadır. Bu alanlarda eğim genellikle %2-6 arasındadır.

Harran Ovası'nın kuzeyini Germüş dağları, güneyini Türkiye Suriye devlet sınırı, doğusunu Tektek dağları, batısını Fatik dağları çevirir. Bu sınırlar içerisindeki Ovanın en geniş yeri güneyde 60 km, en dar yeri ortada Tektek dağları ile Fatik dağları arasında 30 km, uzunluğu ise kuzey-güney istikametinde 64 km'dir. Harran Ovasının yüzölçümü 224 109 ha'dır (DSİ 1980).

3.1.2. Toprak özellikleri

Araştırma bölgede geniş yayılım alanına sahip ve araştırma istasyonunun tamamında yer alan toprak serisinde yürütülmüştür. Harran serisi toprakları alüvyal ve resüdiyal topraklardan oluşmuştur. Ova toprakları genelde derin profillidir. Ovanın %80'ninde toprak kalınlığı 150 cm' den daha derin geri kalan %20'sinde ise 0-120 cm arasında kum, çakıl taşı, taban kayası ve kireç taşı ile sınırlıdır. Harran ovası toprakları profil boyunca genellikle (%90'nında) ağır bünyeli (C) ve kırmızımsı kahverengi ve kahverengi ile bu rengin muhtelif tonlarıdır. Ova topraklarının pH değerleri genellikle nötr ve buna yakındır (pH= 7.5-8.0). Su tutma kapasiteleri (% işba) 37-132 arasında değişmektedir (DSİ, 2001).

Ova topraklarında Auger Hole Metoduyla yapılan permeabilite test sonuçlarına göre, geçirgenlik hızlı ve çok hızlı bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde asgari geçirgenlik $K=0.22$ m/gün, azami geçirgenlik 3.51 m/gün çıkmıştır. Yapılan faydalı toprak rutubet kapasitesi analiz sonuçlarına göre efektif faydalı rutubet kapasitesi 103 mm bulunmuştur (DSİ, 2001).

Ova topraklarının infiltrasyon hızları genellikle yüksektir (12-116 mm/h). Araştırmanın yürütüldüğü deneme istasyonunun infiltrasyon hızı ise ortalama 48 mm/h'dir. Araştırma yeri toprakları organik madde oranı oldukça düşük, potasyum değeri yüksek kil bünyeli topraklardır (Karata, 1991). Araştırma alanı topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katman Derinliği (cm)	T.K. gr/gr, %	S.N. gr/gr, %	As g/cm ³	pH	EC (dSm ⁻¹)	Bünye Sınıfı
0-15	24.35	19.6	1.42	7.86	0.38	C
15-30	24.18	17.1	1.44	7.74	0.23	C
30-60	23.06	17.5	1.43	7.90	0.32	C
60-90	24.21	18.5	1.45	8.11	0.27	C

3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dahil olmakla beraber, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık olan bir iklim özelliği göstermektedir. Güneyden kuzeye ve batıdan doğuya gittikçe yağış miktarları artmaktadır.

Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünün Harran Ovası'ndaki Koruklu Meteoroloji İstasyonu'na ait 24 yıllık rasat değerlerine göre, yıllık toplam yağış 365.2 mm olup, yağışın mevsimlere göre dağılışı sonbahar %17.3, kış %52.8, ilkbahar %28.8 ve yaz %1.1'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 17.2 °C, en yüksek sıcaklık 46.8 °C ve en düşük sıcaklık ise -16.8 °C dir. Yıllık ortalama oransal nem %51, yıllık buharlaşma toplamı ise 1 848.8 mm'dir. Çizelge 3.2.'de Koruklu-Talat Demirören Araştırma İstasyonuna ilişkin iklimsel veriler verilmiştir (KHAE, 2003)

Çizelge 3.2. Deneme alanına ilişkin araştırma yılına ait kimi iklimsel veriler ve uzun yıllık ortalama değerler

Yıllar	METEOROLOJİK ELEMANLAR	A Y L A R												Yıllık
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Uzun Yıllık	Ortalama yağış (mm)	19.6	42.0	61.4	65.8	63.3	59.5	26.9	22.6	3.5	0.1		0.5	365.2
	Ortalama sıcaklık (°C)	18.2	10.1	6.0	4.9	6.0	10.0	15.2	21.7	27.9	31.3	29.8	25.3	17.2
	En yüksek sıcaklık (°C)	39.4	31.0	22.6	19.8	25.8	27.3	34.8	43.0	45.4	46.8	46.6	43.7	46.8
	En düşük sıcaklık (°C)	-1.2	-7.0	-16.8	-10.4	-14.0	-12.2	-3.4	1.0	9.4	11.0	9.2	3.7	-16.8
	Ortalama toprak sıcaklığı (5cm'de) (°C)	21.3	12.3	7.5	5.7	7.0	11.4	17.5	23.7	30.0	33.6	33.4	29.1	19.4
	Ortalama nisbi nem (%)	45	60	72	69	64	58	58	42	33	34	40	38	51
	Aylık buharlaşma (Clas A - pan) (mm)	151.9	50.6				52.0	116.8	199.3	314.5	376.0	337.9	249.8	1 848.8
	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	1.0	0.9	1.2	1.6	1.7	1.6	1.6	1.9	2.4	2.3	1.9	1.5	1.6
	En hızlı rüzgar hızı (m/s)	12.6	12.7	16.2	21.6	19.5	17.6	20.1	20.4	19.0	19.4	19.2	13.6	21.6
	En hızlı rüzgar yönü	N	ESE	SE	N	E	NE	SW	W	W	N	W	N	N
2005	Ortalama sıcaklık (°C)	16,8	9,7	17,2						26,4	30,2	29,3	23,8	17,2
	En yüksek sıcaklık (°C)	33,0	23,1	42,7						37,8	42,7	41,8	37,1	42,7
	En düşük sıcaklık (°C)	-0,2	-3,2	-6,2						11,1	16,5	17,0	10,4	-6,2
	Ortalama nisbi nem (%)	52	72	58						36	39	46	46	58
	Ortalama toprak sıcaklığı (5cm'de) (°C)	21,2	13,4	19,2						28,3	30,9	30,5	27,1	19,2
	Toplam SOLAR (W/m ² /gün)	20505	11649	23096						36589	36583	32817	27754	23096
	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	0,9	0,7	1,4						2,0	1,6	1,4	1,1	1,4
	En hızlı rüzgar hızı (m/s)	7,8	6,0	9,8						9,8	8,0	6,7	5,1	9,8

3.1.4. Araştırmada kullanılan biber çeşidi

Solanacea familyasından olan biberin anavatanı Orta Amerika ve Meksika civarlarıdır. Kültürü yapılan beş türü (*Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum pubescens*) olup, bunlar içerisinde sadece *Capsicum annuum* türü ekonomik anlamda yetiştirilmektedir (Wien, 1997). Diğer türlerin yetiştiriciliği daha azdır.

Araştırmada yörede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve isot olarak adlandırılan Urfa yerli biber (*Capsicum annum L.*) kullanılmıştır. Bu biberin belli bir şekli yoktur ve tat olarak acıdır. Meyve ağırlığı ise 22-28 g arasındadır.

3.1.5. Sulama suyunun özellikleri

Harran Ovası sulamasında kullanılan Fırat suları, kaliteli olup tuzluluk (Çizelge 3.3) sorunu yaratmayacak niteliktedir. Ancak, söz konusu ovanın sulamasında kullanılan su kaynaklarından bir bölümü, yeraltı suyu ve drenaj sularından oluşmaktadır. Sulamada kullanılan bu suların, yüksek tuz içeriği, çok fazla tehlike yaratmaktadır. Özellikle 1978 yılından günümüze değin anılan sulama suları ile sulanan alanlarda tuzlanmalar görülmekte ve yaklaşık olarak 15 000 – 20 000 ha alanda bu nedenle bitkisel üretiminin durma noktasında olduğu belirtilmektedir (Özkaldı ve ark., 2004).

Çizelge 3.3. Harran Ovası sulamasında kullanılan sulama sularının özellikleri, (DSİ, 2001)

Sulamada Kullanılan Sular	ECw (dSm ⁻¹)	Su Sınıfı
Yeraltı suyu	13.35	C ₄
Drenaj Kanalı suyu	0.5-13.68	C ₄
Ana Tahliye Kanalı (sulama dönemi)	0.57	C ₂
Atatürk Barajı	0.36	C ₂

Sulama suyu, araştırma alanında bulunan, derin kuyudan sağlanmıştır. Aynı zamanda kontrol konusunu oluşturan bu suyun tuzluluk değeri 0.55-0.57 dSm⁻¹ olarak ölçülmüştür. Araştırmada kullanılan diğer tuzlu sulama sularının bileşimi, gübre tanklarına NaCl tuzu eklenerek sağlanmıştır (Şekil 3.1).

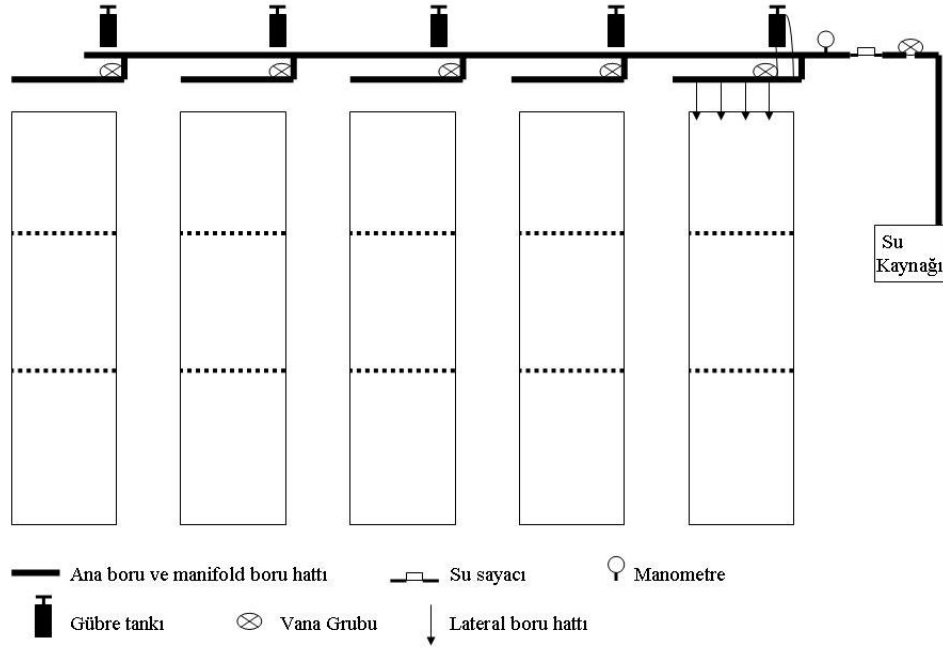
Deneme konularına uygun miktardaki tuz gübre tankı içerisinde eritilerek sisteme ilavesi yapılmış ve her sulamada aynı işlemler tekrarlanarak istenilen bileşimde sulama suları elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan damla sulama sistemi ve gübre tankları

3.1.6. Sulama sisteminin unsurları

Denemede kullanılan damla sulama sisteminin öğeleri; su kaynağı, kontrol birimi, ana boru hattı, manifold boru hattı, lateral boru hattı ve damlatıcılardan oluşmaktadır (Şekil 3.2). Kontrol birimi, sulama suyu tuzluluğunun düzenlendiği gübre tanklarını, basıncın kontrol edildiği manometreyi, su miktarlarının denetlendiği su sayacını ve vanaları içermektedir. Ana boru ve yan ana boru olarak 32 mm çapında PE borular kullanılmıştır. Su dağılımında kullanılan lateraller 16 mm çapında olup, 40 cm damlatıcı aralığı ve içten geçik, 2.4 L/h debi kapasiteli damlatıcılardan oluşmaktadır. Alanın tamamı ıslanacak şekilde her sıra aralığına bir lateral döşenerek, sistemin tarlaya uygulaması yapılmıştır.



Şekil 3.2. Sulama sistemi planı

3.1.7. Kullanılan aygıtlar

Araştırmada, A sınıfı buharlaşma kabı (Doorenbos ve Pruitt, 1992’de verilen esaslara uygun) (Şekil 3.3a), bitki gövde çapları ve meyve çapları ölçümleri için dijital kumpas, bitki taç genişliği ve uzunluğu için 1 m’lik ahşap metre, toprak nem kapları, burgu, 100 cm³’lük bozulmamış toprak örneği alma silindirlerinden yararlanılmıştır.

Ayrıca çalışmada sulama sularının toplam tuz miktarlarının ölçülmesi için EC metre (Şekil 3.3b), bitki taç sıcaklıklarının ölçümü için elde taşınabilir bir infrared termometre (Raynger ST 30 Pro.-Raytek) (Şekil 3.3c) ve yaprak klorofil indeksinin belirlenmesi için Fieldscout CM-1000 Chlorophyll Meter (Şekil 3.3d) kullanılmıştır.



a. A sınıfı buharlaşma kabı

b. EC metre



c. İnfrared termometre

d. Klorofilmetre

Şekil 3.3. Araştırmada kullanılan kimi ekipmanlar (a, b, c, d)

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizleri

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Bozulmuş toprak örnekleri, araziye temsil edecek şekilde 3 ayrı noktadan, 90 cm derinliğe kadar 30 cm'lik katmanlar halinde, Hollanda tipi burgu yardımı ile alınarak karıştırılmıştır. Elde edilen karışımdan deneme alanı topraklarının özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca toprak nem içeriğini belirlemek amacıyla örnekler,

damlatıcının ıslatma çapı içerinden ve bitki sırası üzerine gelen noktalardan alınmıştır.

Bozulmamış toprak örnekleri ise, arazinin farklı noktalarında 90 cm derinliğe kadar açılan profil çukurlarından, USSSL (1954)'de verilen esaslara göre, 100 cm³'lük çelik silindirler yardımı ile alınmıştır.

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak için alınan toprak örnekleri, laboratuvarında aşağıda verilen yöntemlerden yararlanılarak incelenmiştir.

Toprak bünyesi, Boyoucos (1951), tarafından verilen esaslara göre hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir. *Hacim ağırlığı*, bozulmamış toprak örneklerinde; *tarla kapasitesi ve solma noktası*, basınçlı plaka aleti kullanılarak, bozulmuş toprak örneklerinde sırasıyla 1/3 ve 15 atmosfer basınçta tuttuğu nem miktarlarının saptanmasıyla belirlenmiştir. *EC*, saturasyon çamurundan ekstrakte edilen süzük suyunun EC-metre aletinde okunmasıyla; *PH değeri*, ekstrakt suyunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (USSSL, 1954).

3.2.2. Denemenin düzenlenmesi

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak düzenlenmiştir. Parseller 3 m genişliğinde ve 6 m uzunluğunda planlanmıştır. Sıralar arası mesafe 75 cm ve sıra üzeri mesafe 40 cm olacak şekilde, her parselde 4 sıralı fide dikimi yapılmıştır. Parseldeki bitki sayısı 60 olarak planlanmış, yanlardan bir sıra, parsel başından ve sonundan da birer bitki, kenar tesiri olarak ayırdıktan sonra, geriye kalan 26 bitki hasat edilmiştir.

Deneme konularını, sulama sularının farklı tuz düzeyleri oluşturmaktadır. Bunun için beş farklı tuz düzeyi belirlenmiştir.

$$T_0 = EC_w : 0.5 \text{ dSm}^{-1} \text{ (Kontrol)}$$

$$T_1 = EC_w : 1.5 \text{ dSm}^{-1}$$

$$T_2 = EC_w : 3.0 \text{ dSm}^{-1}$$

$$T_3 = EC_w : 6.0 \text{ dSm}^{-1}$$

$$T_4 = EC_w : 9.0 \text{ dSm}^{-1}$$

3.2.3. Sulamaların planlanması ve uygulanması

Dikiminden sonra fide kök sistemi gelişinceye kadar, fidelerin tutmasında ortaya çıkabilecek sakıncaları önlemek için tüm konulara normal sulama suyu uygulanmıştır. Bitkilerin araziye uyumu sağlandıktan sonra deneme konularına göre sulamaya devam edilmiştir. Sulama suyu miktarı, araştırma alanı içindeki A sınıfı buharlaşma kabından oluşan buharlaşma değerinin $K_{pc} = 1.0$ katı olacak şekilde belirlenmiştir. Daha sonra bu değer bitki örtüsü yüzdeleri ile düzeltilmiştir. Bitki örtü yüzdesi başlangıçta en düşük % 30 olarak alınmış ve bitki gelişimine paralel olarak arttırılmıştır. Sulama suyu miktarının hesaplanmasında Kanber ve ark., (1994)'nın önerdikleri aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$I = E_{Pan} \times K_{pc} \times P \times A \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

I: Uygulanacak sulama suyu miktarı (L),

E_{Pan} = A sınıfı kaptan ölçülen yığılımlı buharlaşma değeri (mm),

K_{pc} = Bitki-Pan katsayısı,

P= Bitki örtü yüzdesi (%)

A= Parsel alanı (m^2)

Verilen sulama suyunun denetlenmesinde Eylon ve ark., (1986)'nın önerileri doğrultusunda basınç-damlaticı debisi-zaman ilişkisinden yararlanılmıştır. Bunun içinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$T = \frac{I \times A}{q \times n} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

T: Sulama suyu uygulama zamanı (saat),

I: Uygulanacak sulama suyu miktarı (mm),

A: Parsel alanı (m²),

q: İşletme basıncındaki damlatıcı debisi (litre/saat),

n: Parseldeki damlatıcı sayısı (adet).

Deneme boyunca sulama aralığı sabit tutulmuş ve bitkiler haftada iki kez sulanmıştır. Hesaplanan hacimsel su miktarlarının verileceği sürelerle bağlı olarak sistemin çalışması belirlenmiştir. Ayrıca su miktarları sayaç ile denetlenmiştir.

3.2.4. Tuzlu suyun hazırlanması ve uygulanması

Farklı tuz düzeylerine sahip sulama sularını hazırlamak için NaCl kullanılmıştır. Sulanacak alana bir sulamada verilecek su miktarı belirlendikten sonra uygulanacak tuz miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$10 \text{ EC (dSm}^{-1}\text{)} = \text{me/L} \quad (3.3)$$

Eşitlikte; EC seyreltilen suyun tuz içeriğini, me/L ise tuzun (NaCl'ün) ekivolan ağırlığını göstermektedir. Deneme konularına uygun miktardaki tuz gübre tankı içerisinde eritilerek sisteme ilavesi yapılmış ve her sulamada aynı işlemler tekrarlanarak istenilen bileşimde sulama suları elde edilmiştir.

3.2.5. Tarımsal işlemler

Deneme alanı, derin olarak pullukla sürüldükten sonra rotatiller çekilerek dikime hazır hale getirilmiştir. Deneme planına uygun olarak düzenlenen parsellere, 40 cm sıra üzeri ve 75 cm sıra aralığı olacak şekilde fideler dikilmiştir. Denemede,

dekara saf olarak 20 kg azot (N), 10 kg fosfor (P₂O₅) gelecek şekilde gübre uygulaması yapılmıştır. Fosforlu gübrenin tamamı ile azotlu gübrenin %25'i dikim esnasında, %25'i ara çapada, %25'i çiçeklenmeden önce ve geri kalan % 25'i de ilk meyve oluşumunda damla sulama sistemi ile verilmiştir.

Deneme süresince görülen hastalık ve zararlılara karşı tüm parseller uygun zirai mücadele ilaçları ile ilaçlanmıştır. Çiçeklenme döneminde görülen yaprak bitine karşı iki kez DDVP 550 EC uygulanmıştır. Ayrıca mevsim boyunca lateral boru hatları çevresinde gelişen yabancı otlarla mücadele çapalamayla yapılmıştır.

Deneme parsellerinde hasat işlemleri tüm konularda aynı anda başlatılmıştır. Yanlardan birer sıra, sıra başından ve sonundan da birer bitki kenar tesiri olarak ayırdıktan sonra, geriye kalan bitkiler hasat için kullanılmıştır.

3.2.6. Su tüketiminin belirlenmesi

Denemede biberin gerçek su tüketimi aşağıda verilen su bütçesi eşitliği yardımıyla belirlenmiştir (Waker ve Skogerboe, 1987).

$$ETa = I + P \pm \Delta S + SF_1 + L_1 + G_w - L_0 - L_w - D_p \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

ETa: Gerçek bitki su tüketimi

I: Sulama suyu miktarı

P: Yağış miktarı

ΔS : Toprak su depolamasındaki değişim (toprak nem kapsamı ile ilgili ölçümlerden saptanmıştır)

SF₁: Giren yüzey akışı

L₁: Yüzey altından giren yansal su akımı

G_w: Kılcal yükseliş

L₀: Yüzey altından çıkan yansal su akımı

L_w: Yıkama gereksinimi

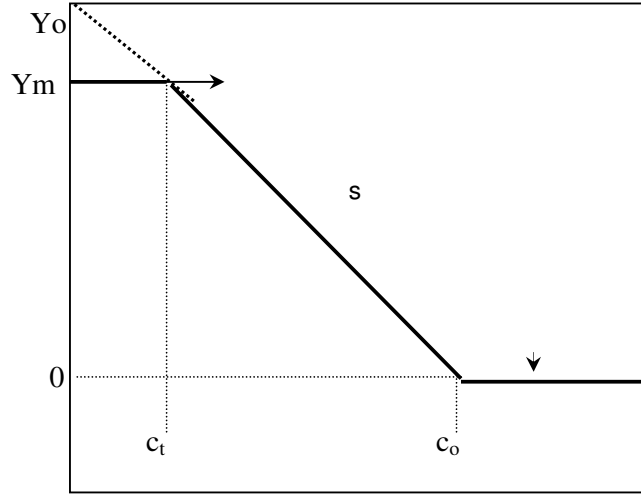
D_p: Derine süzülme miktarı

Denemede sulama yöntemi olarak damla sulama sistemi kullanıldığı için SF_1 , L_1 , L_0 ve L_w değerleri ihmal edilmiştir. G_w değeri araştırma alanının bulunduğu alanda taban suyu sorununun olmamasından dolayı sıfır olarak alınmıştır. Toprak su depolamasındaki değişimi belirlemek için belirli aralıklarla toprak örneği alınmış ve alınan bu örnekler üzerinde ilgili ölçümler yapılmıştır.

3.2.7. Tuz-Verim ilişkileri

Denemeden elde edilen sulama suyu tuz içeriği değerleri ile verimler doğrusal regresyon yöntemi ile incelenmiştir. Sulama suyu tuz içeriğinin toprakta tuz birikimi üzerine etkileri basit doğrusal regresyon analizi ile belirlenerek; elde edilen sonuçlar, grafikler ve çizelgeler halinde verilmiştir. Denemede kullanılan biber bitkisinin sulama suyu ve toprak tuzluluğuna karşı tepkisinin belirlenmesi için Mass ve Hoffman (1977) tarafından önerilen bölümlü-parçalı doğrusal tepki modelinin çözümlenmesinden yararlanılmıştır.

Bitkilerin tuza toleransının en iyi tanımlama şekli, artan toprak tuzluluğuna karşı nispi verimdeki değişim değerlerinin grafik halinde çizilmesidir. Birçok bitki için bu ilişkiden elde edilen grafik sigmoidal yapıdadır. Bunun yanı sıra bazı bitkiler tuzluluk nedeniyle verimleri sıfır olmadan öldükleri için bu sigmoidal eğrinin alt yarısı dikkate alınmaz. Mass ve Hoffman (1977) bu eğrinin iki doğrusal çizgi ile ifade edilebileceğini belirtmişlerdir (Şekil 3.4). Eğimin sıfır olduğu birinci doğru bitkinin tuzluluğa daha toleranslı olduğu bölgeyi gösterir. Konsantrasyona bağlı diğer çizginin eğimi ise artan her bir birim tuzluluk değerine karşın verimdeki düşüş miktarını gösterir.



Şekil 3.4. Doğrusal tuz verim fonksiyonu (Maas ve Hoffman, 1977)

Tuzluluk eşik değeri ise tuzsuz koşuldaki verim miktarına göre verim kaybına neden olmaksızın olabilecek maksimum toprak tuzluluğunu göstermektedir. Eşitlik olarak ise aşağıda verilen aralıklarda belirtilen şekilde ifade edilmektedir.

$$Y_r = \begin{cases} 1 & 0 \leq c \leq c_t \\ 1 - s(c - c_t) & c_t < c \leq c_o \\ 0 & c > c_o \end{cases} \quad (3.5)$$

Y_r = Nispi verim %

C = Ortalama kök bölgesi tuzluluğu, dSm^{-1}

C_t = Eşik değer konsantrasyonu, dSm^{-1}

C_o = Verim sıfır olduğu noktadaki konsantrasyon, dSm^{-1}

S = c_t ile c_o arasındaki verim fonksiyon eğrisinin eğimi

Bitkilerin tuz toleransı genellikle EC'nin bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Her bir birim EC artışından dolayı verimde meydana gelen doğrusal verim azalma yüzdesi; aşağıda verildiği şekilde ifade edilmektedir.

$$Y = 100 - B (EC_w - A) \quad (3.6)$$

Y : oransal verim azalması %

A (= ct) : Verim azalmasına neden olan tuzluluk eşiği

B (= s) : Azalma hattının eğimidir.

Yukarıda değinilen bölümlü-parçalı doğrusal modelin test edilmesiyle bitkilerin toprak tuzluluğundaki artışa bir eşik değerine dek dayandıkları; bunun üzerindeki değerlerde tuz yoğunluğu sürekli artarken verimin doğrusal olarak azaldığını belirlemişlerdir (Van Genuchten ve Hoffman, 1983).

Denemede, tuzluluk eşik değerinin belirlenmesi için Bahçeci (1995)'de bildirilen ve Van Genuchten (1983) tarafından rapor edilen yöntem kullanılmıştır. Buna göre tuzluluk eşik değerlerinin elde edilmesinde önce,

$$Y = Y_0 - s_1 c \quad (3.7)$$

şeklinde gösterilen basit bir doğrusal ilişki elde edilmiştir. Anılan eşitlikten yararlanılarak Y_0 değeri tahmin edilmiştir. Bu seçenek bağımsız bir Y_m tahminini gerektirmiştir. Y_m ise T_0 tuzluluk düzeyinde elde edilen verimlerin ortalaması olarak kabul edilmiştir. Daha sonra aşağıda verilen eşitlik yardımıyla tuzluluk eşik değeri bulunmuştur.

$$ct = (Y_0 - Y_m) s_1 \quad \text{ve} \quad s = s_1 / Y_m \quad (3.8)$$

Bitkiler tuza karşı dayanımları bakımında oldukça geniş sayılabilecek bir yelpazeye sahiptirler. Bu durum daha çok bitkilerin suya duydukları gereksinimin yanında fizyolojik ve morfolojik özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Maas (1984)'a göre bitkiler tuza karşı gösterdikleri tolerans bakımından 4 gruba ayrılırlar. Verimin düşmeye başladığı tuz düzeyi 1.3 dSm^{-1} 'den az olan bitkiler duyarlı, $1.3-3.0 \text{ dSm}^{-1}$ arasındakiler yarı duyarlı, $3.0-6.0 \text{ dSm}^{-1}$ arasındakiler yarı dayanıklı ve $6.0-10.0 \text{ dSm}^{-1}$ arasındakiler ise dayanıklı olarak ifade edilmektedir.

3.2.8. Bitki gelişimine ilişkin gözlemler ve ölçümler

Fideler deneme parsellerine şaşırtıldıktan sonra Çizelge 3.4.'deki gözlemler yapılmış ve tarihler kaydedilmiştir. Bunlara ilaveten günlük buharlaşma değerleri A sınıfı buharlaşma kabından belirlenip kaydedilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme süresince kaydedilen gözlemler

Gözlemler	Tarih	Açıklama
Fidelerin şaşırtılması	18.5.2005	Dekara saf olarak 5 kg N ve 10 kg P ₂ O ₅ uygulandı
Konulu sulamalara başlanması	30.06.2005	5 kg azot uygulandı
İlk çiçeklerin görülmesi	05.07.2005	5 kg azot uygulandı
İlk meyvelerin görülmesi	18.07.2005	5 kg azot uygulandı
İlk hasat	09.08.2005	
Son hasat	03.10.2005	

Araştırma süresince yapılan gözlem ve ölçümler aşağıda verilen esaslar doğrultusunda yapılmıştır.

3.2.8.1. Bitki boyu

Bitki boyu, ana gövdenin kök boğazından, büyüme noktasının ucuna kadar olan yükseklik olarak ölçülmüştür (Kanber, 1977). Ölçümlerde 1 metre uzunluğunda ahşaptan yapılmış ölçü çubukları kullanılmıştır.

3.2.8.2. Bitki gövde çapı

Gövde çapı ölçümler, ana gövde de ve kök boğazından 5 cm yükseklikte ölçülmüştür. Ölçümler dijital kumpas ile yapılmıştır.

3.2.9. Meyve gelişimine ilişkin gözlemler ve ölçümler

3.2.9.1. Meyve ağırlığı

Denemede yapılan her hasatta her bir parseli temsil edecek 5'er meyve seçilmiştir. Seçilen meyveler laboratuarda hassas terazi yardımıyla tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.2.9.2. Meyve çapı

Meyve ağırlığını belirlemede kullanılan meyveler üzerinde çap ölçümleri yapılmıştır. Çap ölçümleri meyvelerin en geniş yerinden olacak şekilde kumpas ile ölçülmüştür.

3.2.9.3. Meyve uzunluğu

Meyve ağırlığının belirlendiği meyvelerde meyve uzunlukları da belirlenmiştir. Meyve uzunluğu belirlenirken, meyvenin en uç noktasından sap başlangıcına kadar olan kısım ölçülmüştür. Ölçümlerde sap uzunlukları dahil edilmemiştir.

3.2.10. Su kullanım randımanı

Su kullanım randımanları (WUE), sulama yöntemlerinin karşılaştırılmasında ve sulama programlarının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerden birisidir (Tanner ve Sinclair, 1983). Su kullanımının randımanlarının belirlenmesinde, Howell ve ark. (1990)'da verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$WUE = \frac{E_y}{E_t} \times 100 \quad (3.9)$$

Eşitlikte;

WUE: Toplam su kullanım randımanı

E_y: Ekonomik verim, kg/da

E_t: Bitki su tüketimi, mm

Hesaplamalarda ekonomik verim yerine doğrudan bir dekar alandan elde edilen verimler kullanılmıştır. Ayrıca sulama suyu kullanım etkinliğinin (IWUE) belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Kanber ve ark., 1992).

$$IWUE = \frac{E_y}{I} \times 100 \quad (3.10)$$

Eşitlikte;

IWUE: Sulama suyu kullanım etkinliği

Ey: Ekonomik verim, kg/da

I: Sulama suyu, mm

3.2.11. Yaprak sıcaklığı

Çevreden, bitkinin fenolojik durumundan ve topraktaki nem eksikliğinden etkilenen bitki yaprak sıcaklığı portatif infrared termometre (IRT) ile ölçülmüştür. Aletin görüş açısı (FOV) 3⁰'dir. Yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılırken, toprak yüzeyini IRT'nin görüş alanı dışında tutmak için alet yatayla 30-40⁰'lik bir açıyla bitki yüzeyine yöneltilmiştir. Yaprak sıcaklığı ölçümlerine, bitki örtü yüzdesi % 70-80'e ulaştığında başlanmıştır. Ölçümler, havanın tamamen açık olduğu ve bulutların güneşi engellemediği koşullarda saat 13.00–15.00 arasında iki hafta süresince ve haftada 3 defa yapılmıştır. Ayrıca su stresinin günlük değişimini belirlemek için sabah saat 08.00'den akşam saat 17.00'e dek birer saat aralıklarla bir ölçüm daha yapılmıştır. Parsellerin köşegenleri doğrultusunda (4 köşeden) ve her birinde 3 yinleme olmak üzere toplam 12 ölçümün ortalaması alınarak o parselin ortalama yaprak sıcaklığı belirlenmiştir.

3.2.12. Yaprak oransal su kapsamı (YOSK)

Denemede yaprak oransal su kapsamının konulara göre değişimi de incelenmiştir. Bitki örtü yüzdesinin %70-80'e ulaştığı dönemde bitki tam yeşil iken her konudan toplam 9 yaprağın yaş ağırlıkları (yaprak sapı dahil edilmemiştir), turgor (6 saat saf suda bekletildikten sonra) (Şekil 3.6.) ve kuru ağırlıkları (65 ⁰C'de 2 gün tutularak) kaydedilmiş ve elde edilen verilere bağlı olarak konulara ait yaprak oransal su kapsamı (YOSK; %) değerleri aşağıdaki denklem yardımıyla belirlenmiştir.

$$YOSK = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Turgor} - \text{Kuru Ağırlık}} \times 100 \quad (3.11)$$



Şekil 3.5. YOSK analizi için saf suda bekletilen yapraklar

3.2.13. Klorofil indeksi

Yapraklardaki klorofil indeksi, bitkinin tamamen yeşil olduğu dönemde, her konuda toplam 9 yaprak üzerinde spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Bunun için Fieldscout CM 1000 Chlorophyll Meter kullanılmıştır. Alet, 700-840 nm dalga boyundaki ışıklar ile yapraklardaki klorofil miktarını hesaplamaktadır. Aletin ölçüm mesafesi minimum 28.4 cm, maksimum da 183 cm'dir. Yapraklardaki klorofil içeriği indeks olarak ifade edilmekte ve 0-999 arasında değişmektedir.

3.2.14. Biomass

Denemede sulama suyu tuzluluğunun bitkilerin kuru biomass değerleri üzerine olan etkileri de incelenmiştir. Bunun için denemenin sonunda her konuda 3 bitkinin toprak üstü aksamı kesilerek 2 gün süresince 65 °C'de tutulmuştur. Daha sonra etüvden çıkarılan bitkilerin ağırlıkları kaydedilip biomass değerleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Sulama Suyu Sonuçları

Denemenin başında konular arasında su ve tuz düzeylerini eşit kılmak amacıyla sulama mevsimi başlangıcında tüm parsellere, elektriksel iletkenliği 0.55 dSm^{-1} olan, yaklaşık 40 mm kuyu suyu uygulanmıştır. Daha sonra damla sulama sistemi döşenmiş ve bitkilerin araziye uyumu sağlandıktan sonra konulu uygulamalara geçilmiştir ve sezon sonuna kadar toplam 27 sulama yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Deneme konularına uygulanan sulama suyu ve tuz miktarları

Sulama Sayısı	Sulama Tarihi	Su		Tuz (g)			
		mm	lt	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	30.6.2005	11	583	338	852	1878	2899
2	4.7.2005	14	729	423	1064	2347	3623
3	7.7.2005	10	535	310	781	1721	2657
4	11.7.2005	16	886	514	1293	2852	4401
5	14.7.2005	14	734	426	1072	2365	3650
6	18.7.2005	16	842	489	1230	2713	4187
7	21.7.2005	12	648	376	946	2087	3221
8	25.7.2005	18	972	564	1419	3130	4831
9	28.7.2005	12	648	376	946	2087	3221
10	1.8.2005	17	918	532	1340	2956	4563
11	4.8.2005	15	810	470	1183	2608	4026
12	8.8.2005	23	1231	714	1798	3965	6119
13	11.8.2005	13	713	413	1041	2295	3543
14	15.8.2005	17	940	545	1372	3026	4670
15	18.8.2005	18	945	548	1380	3043	4697
16	22.8.2005	23	1247	724	1821	4017	6200
17	25.8.2005	16	869	504	1269	2800	4321
18	29.8.2005	21	1134	658	1656	3652	5636
19	1.9.2005	16	869	504	1269	2800	4321
20	5.9.2005	22	1210	702	1766	3895	6012
21	8.9.2005	14	778	451	1135	2504	3865
22	12.9.2005	21	1123	652	1640	3617	5582
23	15.9.2005	14	734	426	1072	2365	3650
24	19.9.2005	15	821	476	1198	2643	4079
25	22.9.2005	13	691	401	1009	2226	3435
26	26.9.2005	18	994	576	1451	3199	4938
27	29.9.2005	11	605	351	883	1948	3006
Toplam		430	23209	13462	33886	74734	115350

Deneme konularına uygulanan toplam sulama suyu miktarları aynıdır. Sulama suyu miktarları, araştırma alanı içindeki A Sınıfı Kaptan oluşan buharlaşma değerinin $kpc= 1.0$ katı olacak şekilde hesaplanmıştır. Fakat daha sonra bu değer bitki örtüsü yüzdeleri ile düzeltilmiştir. Bitki örtü yüzdesi başlangıçta en düşük % 30 olarak alınmış ve daha sonra bitki gelişimine paralel olarak arttırılmıştır. Deneme sonunda bitki örtü yüzdesi % 80'ne kadar yükselmiştir.

Sulama başında ortasında ve sonunda damlatıcılardan çıkan suların tuzlulukları sulama başlangıcında yüksek değerlerde iken, sulama sonunda düşmüştür (Çizelge 4.2). Bu durum, tuzun gübre tankları ile sulama suyuna karıştırılmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.2. Deneme konularına uygulanan sulama suyunun EC değerleri

Konular	ECw (dSm ⁻¹) Değerleri		
	Sulama Başında	Sulama Sonunda	Ortasında
T ₀	0.57	0.57	0.57
T ₁	1.37	0.57	1.10
T ₂	5.85	0.65	3.37
T ₃	9.97	0.86	6.89
T ₄	14.80	1.78	10.36
Sulama suyu	0.57	0.57	0.57

4.2. Toprakta Tuz Birikimi

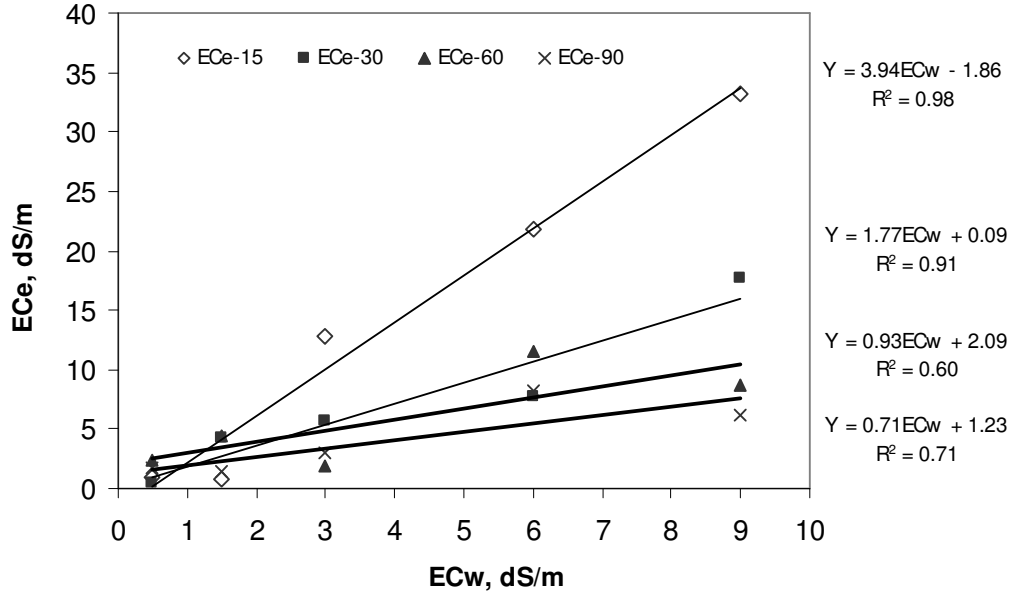
Sulama suyunun tuz içeriğine bağlı olarak toprakta tuz birikimi de farklı olmuştur. Deneme başlangıcında toprakların tuz konsantrasyonu $ECe= 0.30$ dSm⁻¹ dolayındadır. Deneme sonunda toprakta oluşan tuz birikimi ise Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir.

Anılan çizelgede de görüldüğü gibi toprak tuzluluğu sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T₄ konusunda 13.44 dSm⁻¹'ye yükselmiştir. Tuz birikimi sulama suyunun tuzluluğu düştükçe azalmıştır. Ayrıca üst toprakta daha fazla tuz birikimi oluşmuştur. Tuzluluğun aksine pH değeri en düşük T₄ konusunda 6.99 olarak gerçekleşirken en yüksek T₀ konusunda 7.31 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Deneme yeri topraklarında tuz birikimi ve pH değerleri (EC_e , dSm^{-1})

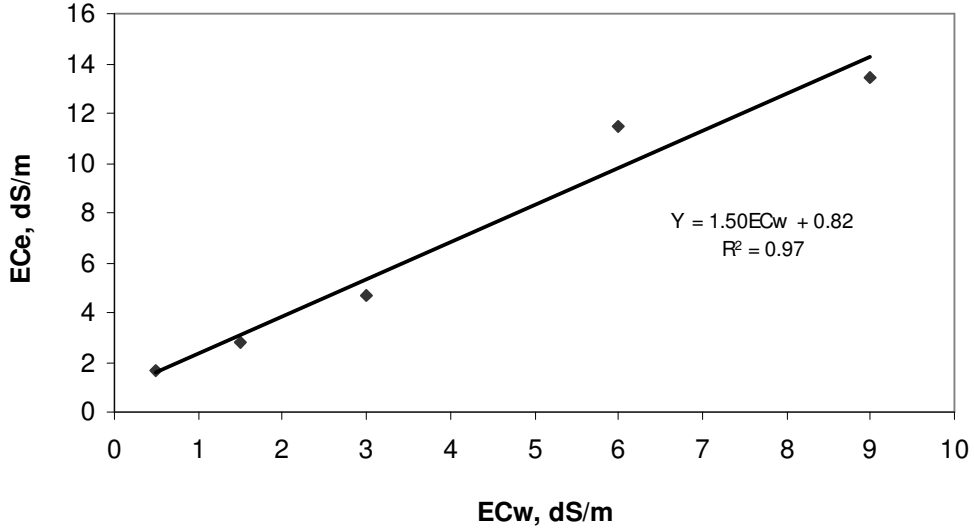
Konular	Top. Der., cm	EC_e	EC_e ort	pH	pH ort
T_0	0-15	1.02	1.64	7.66	7.31
	15-30	0.53		7.28	
	30-60	2.44		7.13	
	60-90	1.69		7.33	
T_1	0-15	0.78	2.82	7.30	7.09
	15-30	4.25		7.33	
	30-60	4.48		7.02	
	60-90	1.47		6.94	
T_2	0-15	12.79	4.68	7.18	7.23
	15-30	5.63		7.51	
	30-60	1.89		7.11	
	60-90	2.93		7.24	
T_3	0-15	21.80	11.46	6.90	7.02
	15-30	7.77		7.47	
	30-60	11.47		6.86	
	60-90	8.17		7.02	
T_4	0-15	33.20	13.44	6.74	6.99
	15-30	17.70		7.10	
	30-60	8.71		6.86	
	60-90	6.15		7.19	

Çalışmada sulama suyu ortalama tuz değerleri ile deneme sonunda toprak katmanlarındaki tuz birikimi arasındaki ilişkiler Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Anılan şekilden de anlaşılacağı üzere sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak oluşan tuz birikimi üst katmanlarda daha yüksektir. Sulama suyu tuzluluğu ile toprak yüzeyinden 0-15 cm derinlikteki tuz birikimi arasında $EC_{e0-15} = 3.94EC_w + 1.86$, ($R^2 = 0.98$) eşitliği ile gösterilen bir ilişki olduğu saptanmıştır.



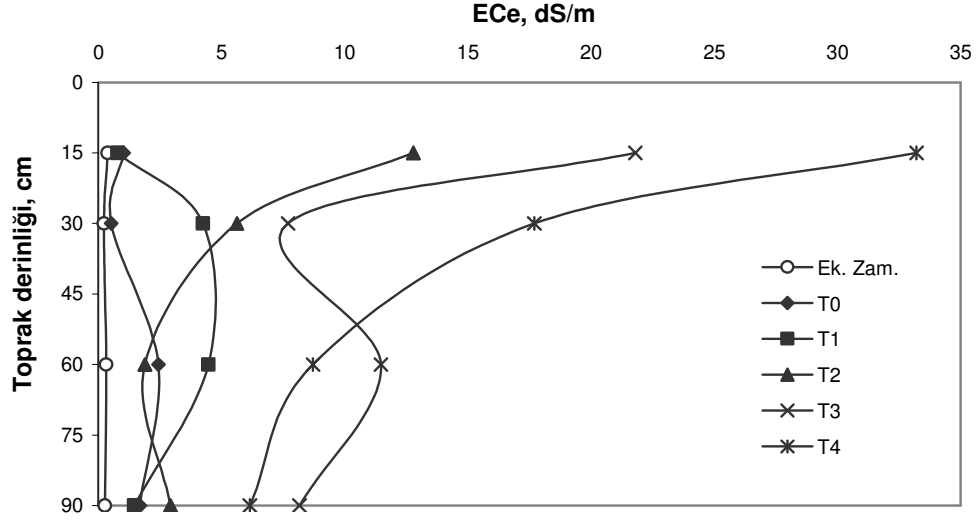
Şekil 4.1. ECw ile toprak katmanlarındaki tuz birikimi ilişkileri

Ortalama toprak tuzluluğu ile sulama suyu tuz değerleri arasında ise, $EC_e = 1.50EC_w + 0.82$, ($R^2 = 0.97$) eşitliği ile gösterilen bir ilişki olduğu saptanmıştır (Şekil 4.2). Sulama suyunun tuz içeriklerine bağlı olarak, toprak profilinde oluşan tuz yığılması doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.2. Sulama suyu tuzluluğu ile ortalama toprak tuzluluğu arasındaki ilişki

Ekimle birlikte sulamalar sonunda toprak profilindeki tuzluluğun değişimi konulara göre Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Sulama mevsimi sonundaki toprak tuzluluğu, ekim zamanındaki göre önemli oranda artmıştır. Bu artış, sulama suyu tuzluluğunun artışına paralel olarak oluşmuştur ve üst katmanlarda birikim çok daha fazladır.



Şekil 4.3. Sulama suyunun tuz düzeylerine bağlı olarak toprakta tuz değişimi

Şekillerden anlaşılacağı gibi, tuz konsantrasyonu 6 ve 9 dSm^{-1} dolayında olan sularla yapılan sulamalar toprakta önemli miktarda tuz yığılmasına neden olmuştur.

Meiri ve Plaut (1985), sulama suyu ile toprak profiline giren tuzun zamanla birikeceğini; Puntamkar ve ark. (1988), sulama suyu tuzluluğunun artmasının toprak tuzluluğunu arttırdığını ve yığılmanın üst katmanlarda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

4.3. Tuz - Bitki Su Tüketimi İlişkileri

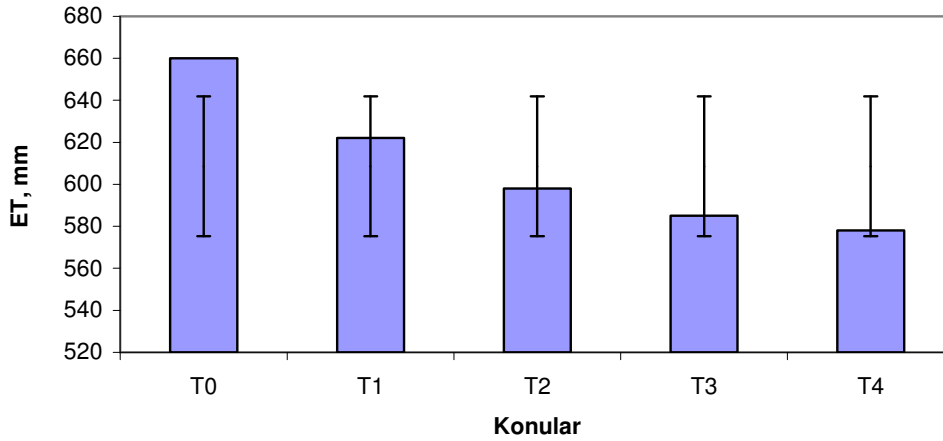
Denemede mevsimlik su tüketimi değerleri konulara bağlı olarak belirlenmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Mevsimlik su tüketimi değerleri sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişmiştir. Artan tuzluluk bitki su tüketiminin de azalmalarına neden olmuştur. En yüksek su tüketimi 660 mm ile

T₀ konusunda, en düşük ise 578 mm olarak T₄ konusunda gerçekleşmiştir. Diğer konular bunların arasında sıralanmışlardır. Bitki su tüketimindeki en yüksek azalış T₀ ile T₁ konuları arasındadır. Tuzluluk arttıkça azalma devam etmiş ancak bu azalışlar oransal olarak başlangıçtaki azalmalardan daha düşüktür.

Çizelge 4.4. Deneme konularından elde edilen mevsimlik su tüketimi değerleri

Konular	Başlangıç Nemi (mm)	Sulama Suyu (mm)	ΔS (mm)	Toplam Tüketilen Su (mm)	Kontrolden Fark (mm)
T ₀	208.81	675	223.75	660	0
T ₁	208.81	675	262.15	622	38
T ₂	208.81	675	285.47	598	62
T ₃	208.81	675	298.56	585	75
T ₄	208.81	675	305.78	578	82

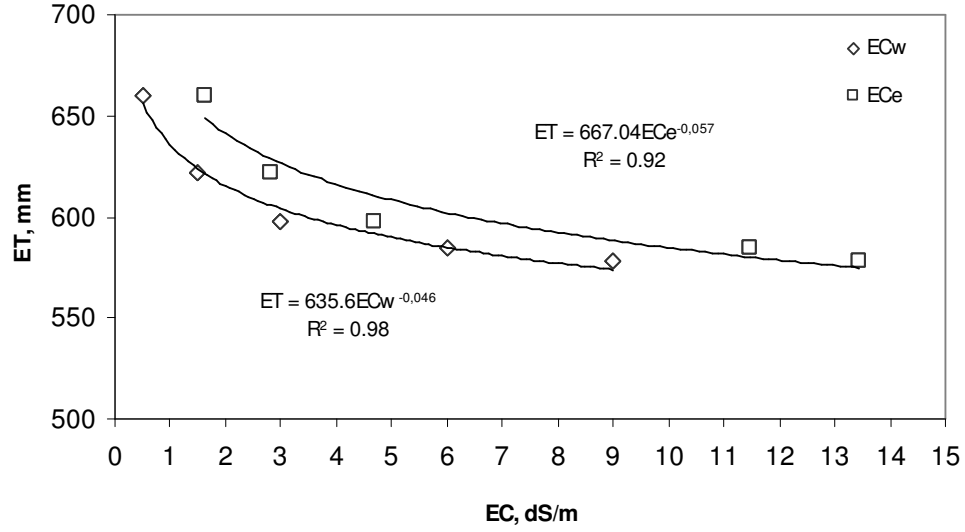
Ayrıca deneme konularındaki bitki su tüketimi değişimleri ve bunların kontrolden farkları Şekil 4.4.'te de gösterilmiştir. Bitki su tüketimi değerlerindeki azalış özellikle düşük EC_w'lerde daha belirgin olarak görülmüştür.



Şekil 4.4. Deneme konularındaki ET değişimleri

Ayrıca denemede sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında $ET = 635.6EC_w^{-0.046}$ ($R^2=0.98$) eşitliği ile tanımlanabilen bir ilişki bulunmuştur. Toprak

tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında ise $ET = 667.04ECe^{-0.057}$ ($R^2=0.92$) eşitliği ile ifade edilen bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sulama suyu ve toprak tuzluluğu ile ET ilişkisi

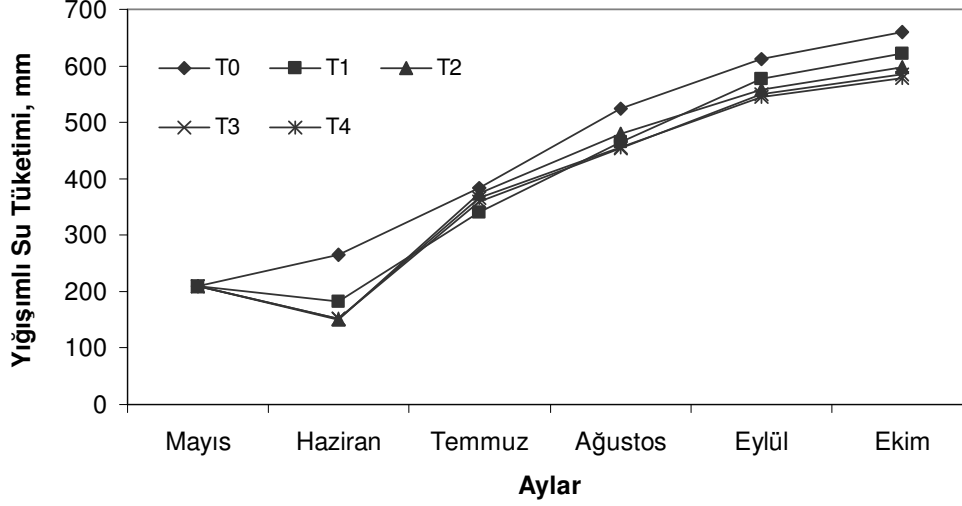
Elde edilen eşitliklerden de anlaşılacağı gibi, sulama suyu ve toprak tuzluluğu arttıkça biberde bitki su tüketimi azalmaktadır. Dolayısıyla tuzlu ortamda, bitki gelişimini sınırlandıran önemli bir etmenin de bitki su tüketiminin azalması olduğu anlaşılmaktadır.

Tuzlu suların sulamada kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, sulama suyu tuzluluğunun yüksek olması ve buna bağlı olarak osmotik potansiyel değerlerinin artmasının, toprak suyunun elverişliliğini azalttığı, su kullanımını olumsuz yönde etkilediği bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Abu-Sharar, 1998; Alam, 1994; Yeşilsoy, 1992; James ve ark., 1982; Shaw ve Thorburn, 1986).

Ayrıca, araştırmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar, fasulyede (Minhas ve ark., 1990), pamukta (Ayars ve ark., 1986; Ödemiş, 2001) ve mısırdaki (Stewart ve ark., 1976) tarafından alınmıştır. Ele alınan bitkilerin tümünde sulama suyu tuzluluğundaki artış bitki su tüketimini olumsuz etkilemiştir.

Deneme konularının yığılımlı su tüketimi değerleri Şekil 4.6.'da verilmiştir. Bitki su tüketim değerleri Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Aylık ortalama sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında

yıgışimli su tüketimi eğrilerinin eğimi yüksek iken bu eğim Eylül ayında sıcaklıkların azalması ile düşmektedir.



Şekil 4.6. Sulama suyu tuzluluğu ile yıgışimli su tüketimleri arasındaki ilişkiler

Ancak daha önce ovada yapılan normal sulama suyunun uygulandığı çalışmalarda mevsimlik su tüketim değerleri, Taş (2002), 2-4-6 gün aralıklarla damla sulama sistemiyle 726-1069 mm olarak, yine aynı şekilde Değirmenci ve Sözbilici (1995), karık sulama sistemi ile 6-12 gün sulama aralıkları ile 785-3148 mm olarak belirlemişlerdir. Bitki su tüketim değerinin diğer araştırmacılara göre düşük elde edilmesi, son verimlerde giderek meyve kalitesi bozulduğu için denemeye daha erken son verilmesinden ileri gelmiştir.

4.4. Tuzluluk ile Verim ve Verim Bileşenleri Arasındaki İlişkiler

4.4.1. Tuzluluk-verim ilişkileri

Konulara göre biber verimi değerleri, Çizelge 4.5.'te verilmiştir. En yüksek verim T₀ konusunda, 3334 kg/da, en düşük verim ise sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan T₄ konusunda, 2286 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Verimdeki düşmeler sulama suyu tuzluluğunun belli bir düzeyine kadar önemsizdir. Bu noktadan sonra tuz artışına bağlı olarak verimde azalışlar olmuştur. Tuz uygulaması yapılmayan T₀

(3334 kg/da) konusu ile T₁ (3226 kg/da) ve T₂ (3187 kg/da) konularının verimlerinde farklılık görülmezken, T₃ konusundan itibaren verimde önemli azalmalar görülmüştür. Sulama suyu elektriksel iletkenliğinin 9.0 dSm⁻¹ olduğu T₄ konusunda verimde yaklaşık olarak %31'lik bir azalma olmuştur.

Çizelge 4.5. Deneme konularından elde edilen verim değerleri (kg/da)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	3682	3019	3301	3334
T ₁	2930	3162	3585	3226
T ₂	3585	2839	3136	3187
T ₃	2806	2620	3170	2865
T ₄	2089	2563	2206	2286

Sulama suyu tuzluluğunun biber verimi üzerine etkileri belirlemek için öncelikle varyans analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Sulama suyu tuzluluğunun verim üzerine etkilerinin 0.05 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.6. Sulama suyu tuzluluğu ve verime ilişkin varyans analiz sonuçları

Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F
Konular	4	2169487.7	542371.93	5.114*
Tekerrür	2	154132.1	77066.05	0.727
Hata	8	848455.9	106056.99	
Genel	14	3172075.7	226576.84	

*0.05 düzeyinde önemli

Yukarıda belirtilen varyasyon kaynaklarının verimde oluşturduğu farklılığın hangi uygulamalar arasında olduğunu belirlemek için konulara ait ortalamalara LSD testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Sulama suyu tuzluluğu 3 verim grubu oluşturmuştur. Ortalama verim değerleri açısından T₀, T₁, T₂ ve T₃ konuları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Yine aynı şekilde T₃ ve T₄ konuları arasında da ortalama verim değerleri açısından fark olmadığı, ancak tuzluluk T₂ den T₃ düzeyine artınca daha fazla ürün kaybı olmuştur.

Çizelge 4.7. Verimlerin (kg/da) LSD testi ile karşılaştırılması

Konular	Ortalama Verim	Gruplar	
T ₀	3334,0	A*	
T ₁	3225,7	A	
T ₂	3186,7	A	
T ₃	2865,3	A	B
T ₄	2286,0		B

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Sulama suyu tuz içerikleri arttıkça biber verimi azalmasına karşın, bu azalma sulama suyu tuzluluğunun düşük olduğu konularda önemsiz düzeydedir.

Pascale ve ark., (2003) yüzey sulama sistemi ile tuzluluğu 4.4 dSm⁻¹ olan suların biberde verimi % 25 oranında azalttığını, ECw'nin 8.5 dSm⁻¹ olması halinde ise verimin %58 azaldığını bildirmişlerdir.

Chartzoulakis ve Klapaki (2000), Hoagland solüsyonunda yetiştirilen biberlerin toplam meyve veriminin 10 mM NaCl'den (EC: 1 dSm⁻¹) daha yüksek tuzlulukta önemli düzeyde azaldığını ve 150 mM NaCl'de (EC: 13.7 dSm⁻¹) %95'lik bir azalış olduğunu bildirmişlerdir. Krej (1999), ortamdaki tuz konsantrasyonunun artmasıyla biber bitkisinin almış olduğu kalsiyum miktarında düşmeler, verimde azalmalar ve çiçek burnu çürüklüğünde ise artışlar olduğunu belirlemiştir

Ayrıca deneme sonuçları, özellikle sebze sulamalarında tuzlu suların kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalarda (Sönmez ve Yurtseven, 1995; Bahçeci, 1995; Çizikçi, 1998; Kadayıfçı ve ark., 2004; Öztürk, 2002; Yurtseven ve Baran, 1998) elde edilen sonuçlarla benzer bulunmuştur. Ele alınan bitkilerin tümünde sulama suyu tuzluluğu artışı ile verim azalmaları oluşmuştur.

Bitki su tüketimi değerleri ile orantılı olarak verim değerleri de Harran Ovası koşullarında normal sulama suyu ile yapılan diğer bazı araştırmalarda elde edilen verimlerden biraz düşük çıkmıştır. Taş (2002), damla sulama sistemiyle 2-4-6 gün sulama aralıklarında 2444-4703 kg/da olarak, yine aynı şekilde Değirmenci ve Sözbilici (1995), karık sulama sistemi ile 6-12 gün sulama aralıklarında 3962-6094 kg/da olarak belirlemiştir. Biber veriminin de diğer araştırma bulgularından düşük çıkmasının nedenleri, yaygın olarak görülen yaprak biti, çiçeklenme döneminde meydana gelen aşırı sıcaklıklar ve buna bağlı olarak ortaya çıkan çiçek burnu çürüklüğü hastalığıdır. Yine ayrıca son verimlerde giderek meyve kalitesi bozulduğu

için denemeye daha erken son verilmesi verimin diğer araştırmacılar tarafından düşük çıkmasına neden olmuştur.

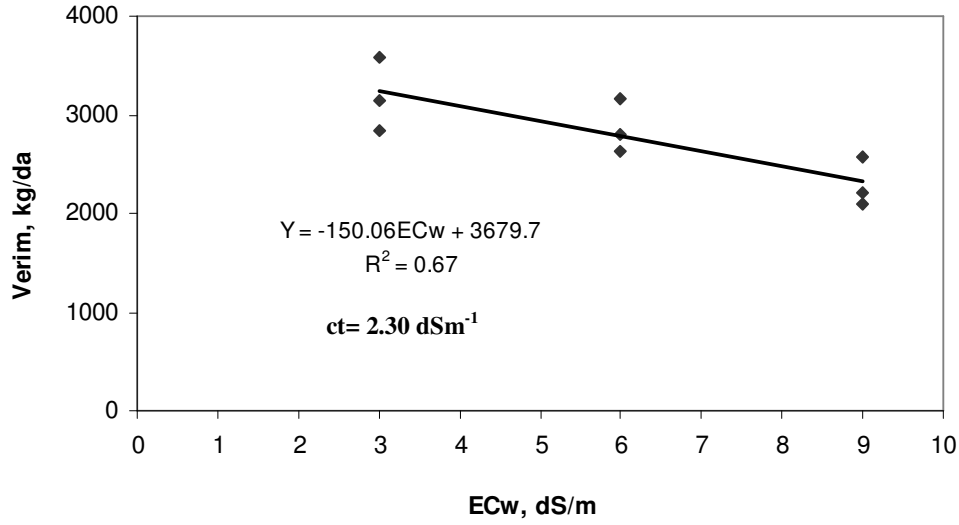
Bitki başına düşen verim değerleri (Çizelge 4.8) en yüksek T_0 konusunda 1000 g/bitki olarak gerçekleşirken, en düşük T_4 konusunda 686 g/bitki olarak gerçekleşmiştir. Bitki başına düşen verim değerleri, toplam verim değerleri ile paralellik göstermiştir. Tuzluluğun artışıyla bitki başına düşen verim azalışı kontrole kıyasla T_1 ve T_2 konularında önemsizdir. Tuzluluğun daha yüksek olduğu T_3 ve T_4 konularında ise kontrole kıyasla önemli azalışlar meydana gelmiştir.

Çizelge 4.8. Deneme konularında bitki başına düşen verim değerleri (g/bitki)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T_0	1105	906	990	1000
T_1	879	949	1076	968
T_2	1076	852	941	956
T_3	842	786	951	860
T_4	627	769	662	686

4.4.2. Sulama suyu tuzluluğu (ECw) ile verim ilişkisi

Sulama suyu tuz konsantrasyonu ile verim arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiş ve $Y = -150.06 ECw + 3679.7$ ($R^2 = 0.67$) eşitliği elde edilmiştir. Anılan eşitlikten yararlanılarak Y_0 değeri 3679.7 olarak, ortalama maksimum verim (Y_m) ise 3334 kg/da olarak hesaplanmış ve bu değerlere göre biber için verimin azalmaya başladığı sulama suyu tuzluluk eşik değeri, yöntemde de belirtilen $ct = (Y_0 - Y_m) s_1$ eşitliği yardımı ile bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre sulama suyu tuzluluğu eşik değerinin, $ct = 2.30 \text{ dSm}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.7. Sulama suyu tuzluluğu ile biber verimi ilişkisi

Ayers ve Westcot (1989) yüzey sulama sistemi ile biberin tuzluluğa orta derecede hassas olduğunu, %100 ürün almak için toprak tuzluluğunun 1.5; sulama suyu tuzluluğunun ise 1.0 dSm⁻¹'yi geçmemesi gerektiğini bildirmişlerdir. Medeiros ve ark. (2002) ise biber bitkisinde tuzluluk eşik değerini 1.81 dSm⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Deneme sonucunda elde edilen tuz eşik değeri değinilen çalışma sonuçlarından elde edilenlerden yüksek bulunmuştur. Hoffman ve ark. (1990) ve Meiri ve Plaut (1985) tarafından belirtildiği gibi, bitkilerin tuza dayanımları yer, zaman, toprak derinliği ve sulama yöntemine göre değişmektedir. Öte yandan tarla çalışmalarından elde edilen sonuçlar lizimetre ve saksılarda elde edilenlerle çoğu kez uyum göstermemektedir.

Ayrıca çalışmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Bernstein ve Francois (1973), tuz içeriğinin verim üzerine etkisinin sulama yöntemi, sulama suyu miktarı ve sıklığıyla da ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Damla sulama sistemi ile tuzlu suyun zararının en aza indirildiği ve başarılı bir bitki gelişimi sağlandığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Abdel Gawad ve ark., 2003; Flowers ve ark., 2003; Van Schilfgaerde ve ark., 1974; Rhoades ve ark., 1992).

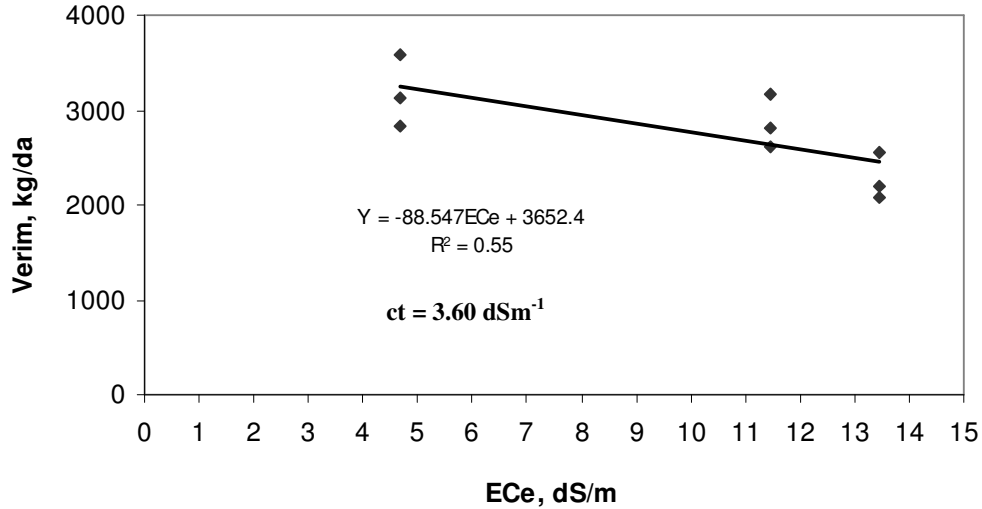
Bernstein ve Francois (1975) tuzluluğu 3.13 dSm⁻¹ olan sulama suyuyla yağmurlama sulama sistemi ile sulanan biberlerde %50'den fazla verim azalması

olduğunu belirlerken, aynı su ile damla sulama sisteminde biberde verim kaybını sadece %14 olarak bulmuşlardır.

Denemede elde edilen tuzluluk eşik değerinin daha yüksek olması, damla sulama sisteminin kullanılmasından ve sık sulama ile toprağın sürekli düşük bir ozmotik potansiyel düzeyinde tutulmasından ileri gelmiştir.

4.4.3. Toprak tuzluluğu (ECe) ile verim ilişkisi

Hasat dönemi 90 cm derinliğindeki ortalama kök bölgesi tuzluluğu (Çizelge 4.9) ile biber verimi arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen verimlerle hasat dönemi toprak suyu tuzluluğu arasında; $Y = -88.547ECe + 3652.4$ ($R^2 = 0.55$) eşitliği elde edilmiştir. Eşitliğe göre Y_0 değeri 3652.4 olarak kabul edilmiş ve ortalama maksimum verim de 3334 kg/da olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerden yararlanılarak biber için verimin azalmaya başladığı toprak suyu tuzluluk eşik değerinin $ct = 3.60 \text{ dSm}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.8. Toprak tuzluluğu ile biber verimi ilişkileri

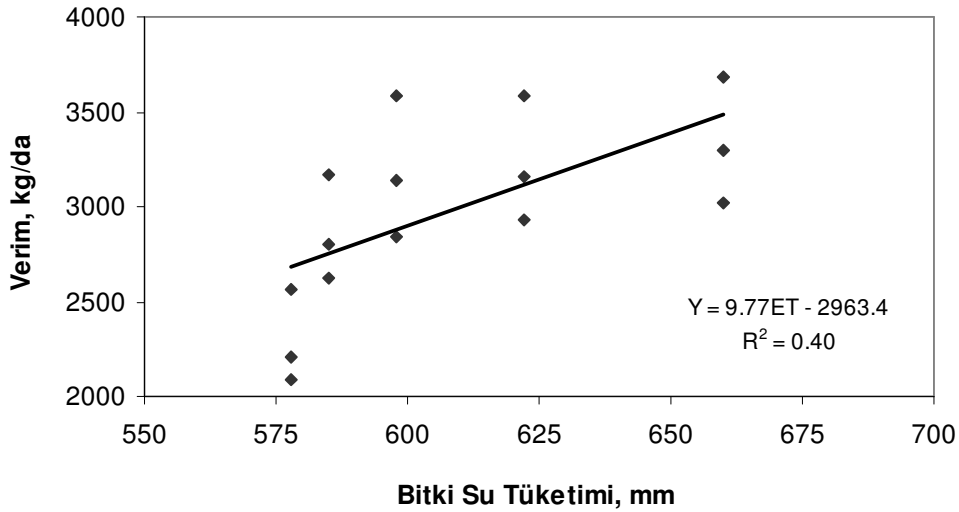
Ayers ve Westcot (1989), yüzey sulama sistemi ile biberde %100 verim alabilmek için toprak tuzluluğunun 1.5 dSm^{-1} 'den daha fazla olmaması gerektiğini bildirmişlerdir. Hiç verim alınamayan toprak tuzluluğunu ise 8.6 dSm^{-1} olarak ifade etmişlerdir.

Shainberg (1975) bitki gelişiminin çözünebilir tuzlardan etkilenmesini tuzların iyonik bileşimi kadar, bitki türüne, toprak yapısına ve su tutma kapasitesine bağlı olduğunu belirtmiştir. Toprakta çözülebilir tuz düzeyinin esas etkisinin, çamur süzüğünün ozmotik potansiyelini artırması yüzünden, bitkilerin su ve besin elementleri alımını azaltması şeklinde ortaya çıktığını açıklamıştır.

Denemede sulama suyu tuzluluk eşik değeri gibi toprak tuzluluğuna ilişkin eşik değer de değinilen çalışma sonuçlarından elde edilenlerden yüksek bulunmuştur. Bu durumda, damla sulama sisteminin kullanılmasından ve sık sulama ile toprağın sürekli düşük bir ozmotik potansiyeli düzeyinde tutulmasından ileri gelmiştir.

4.4.4. Bitki su tüketimi ile verim ilişkisi

Deneme konularında bitki su tüketimi ile verim arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bitki tarafından tüketilen su miktarlarına bağlı olarak verim değerleri artmıştır ve $Y = 9.77 ET - 2963.4$ ($R^2 = 0.40$) ile gösterilen bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. ET- Verim ilişkisi

Anılan şekilden de görüldüğü üzere tuzluluğun artışı ile azalan bitki su tüketimi verimde de azalmalara neden olmaktadır.

Bouwer (1994) tarafından da açıklandığı gibi, tuzlu sulama suları bitki su tüketimini ve verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Sharma (1980) ve Robinson ve ark. (1983) toprak tuzluluğunun, bitkinin transpirasyonu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azalttığını bildirmişlerdir. Bunun sonucunda hormonal dengede yıkım meydana geldiğini, fotosentezin azaldığını ve bu durumun çiçek sayısını ve verimi azalttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca Rhoades ve ark. (1992) aşırı tuzluluğun transpirasyonda azalmalara neden olduğunu ve bitki gelişmesini de olumsuz etkilediğini belirlemişlerdir.

Shainberg (1975) toprakta çözülebilir tuz düzeyinin esas etkisinin, çamur süzüğünün ozmotik potansiyelini arttırması yüzünden, bitkilerin su ve besin elementleri alımını azaltması şeklinde ortaya çıktığını açıklamıştır.

4.5. Su Kullanım Randımanı

Deneme için belirlenen su kullanım randımanları, Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Toplam su kullanım randımanı (WUE) en yüksek T₂ konusunda 5.19 kg/da/mm ve en düşük T₄ konusunda 3.96 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Yüksek ET düzeylerinde düşük su kullanım randımanları elde edilmesi, verim artışının bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmediğinden kaynaklandığı söylenebilir. Kontrol konusuna kıyasla T₃ ve T₄ konularında WUE sırasıyla % 3 ve % 22 oranında azalmıştır.

Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), en yüksek T₀ konusunda 4.94 kg/da/mm ve en düşük T₄ konusunda 3.39 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı, sulama suyu tuzluluğunun artışı ile azalmaktadır. Sulama suyu tuzluluğunun yüksek olduğu konularda düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Deneme konularından elde edilen sulama suyu ve toplam su kullanma randımanları

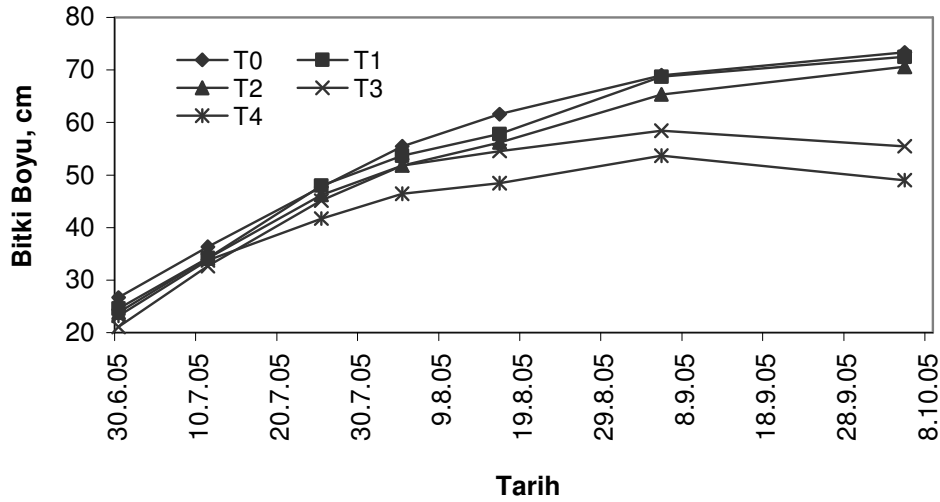
Konular	WUE (kg/da/mm)	IWUE (kg/da/mm)
T ₀	5.05	4.94
T ₁	5.19	4.78
T ₂	5.33	4.72
T ₃	4.90	4.24
T ₄	3.96	3.39

Benzer sonuçlar, tuzlu sulama suyu ve damla sulama sistemi ile sulanan kabak bitkisinde (Colla ve ark., 2003) de elde edilmiştir. Bu çalışmada da en yüksek su kullanım etkinliği 34 mM NaCl (3.1 dSm^{-1}) değerinde gerçekleşmiştir. Ayrıca Yunusa ve ark. (1997), üzümde yüksek tuzlulukta WUE değerinde % 29'luk bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4.6. Bitki Gelişimi ile İlgili Sonuçlar

4.6.1. Bitki boyu

Bitki boyları uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Tuzluluğun düşük olduğu konularda bitki boyları, diğerlerinden daha uzun olarak belirlenmiştir. Bitki boyları dikimden eylül ayına kadar bir artış göstermiş ve eylül ayından itibaren bu artış durağan sayılabilecek bir duruma geçmiştir (Şekil 4.10). Şekilden de görüleceği gibi, özellikle sulama suyu tuzluluğu yüksek olan T₃ ve T₄ konularında bitki boyu gelişimi kısa bir süre sonra durmuştur. Tuzluluğun kısmen düşük olduğu konularda ise bitki boy artışı devam etmiştir.

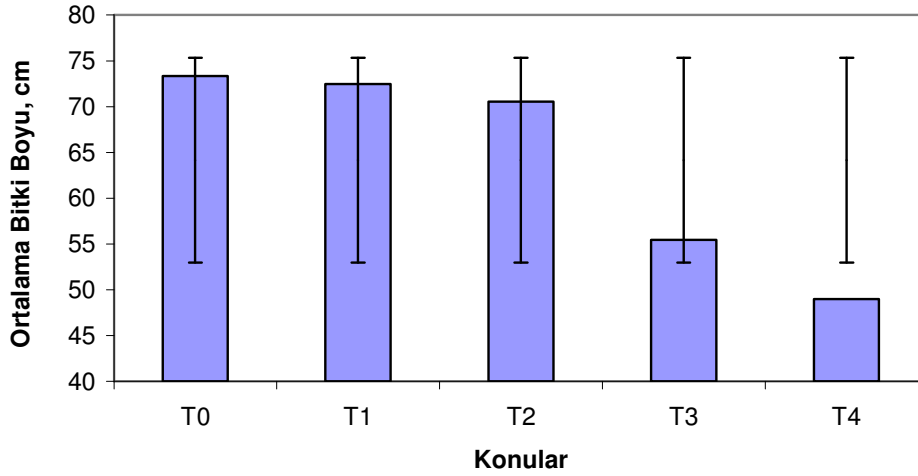


Şekil 4.10. Deneme konularında bitki boy gelişimi

Deneme sonunda yapılan ölçümler bitki boy değerlerinin 49 ile 73 cm arasında değiştiğini göstermiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.11). İlgili şekil ve çizelgede de görüldüğü gibi, düşük EC değerlerinde bitki boyundaki azalmalar çok daha küçük olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.10. Deneme konularındaki bitki boyu değerleri (cm)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	71.00	73.00	76.00	73.33
T ₁	70.67	75.67	71.00	72.45
T ₂	65.67	74.00	72.00	70.56
T ₃	59.33	52.33	54.67	55.44
T ₄	48.33	47.00	51.67	49.00



Şekil 4.11. Deneme sonunda elde edilen ortalama bitki boyu değerleri

Bitki boy değerleri ile yapılan istatistik analiz sonucunda, konular arasında 0.01 düzeyinde önemli farklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Ayrıca, sulama suyu tuzluluğunun bitki boyunda oluşturduğu farklılıklar LSD testi ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Bitki boy değerlerinin varyans analiz sonuçları

Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F Hesap
Konular	4	1498.626	374.657	32.5923*
Tekerrür	2	11.138	5.569	0.4845
Hata	8	91.962	11.495	
Genel	14	1601.726	114.409	

*0.01 önem düzeyinde önemli

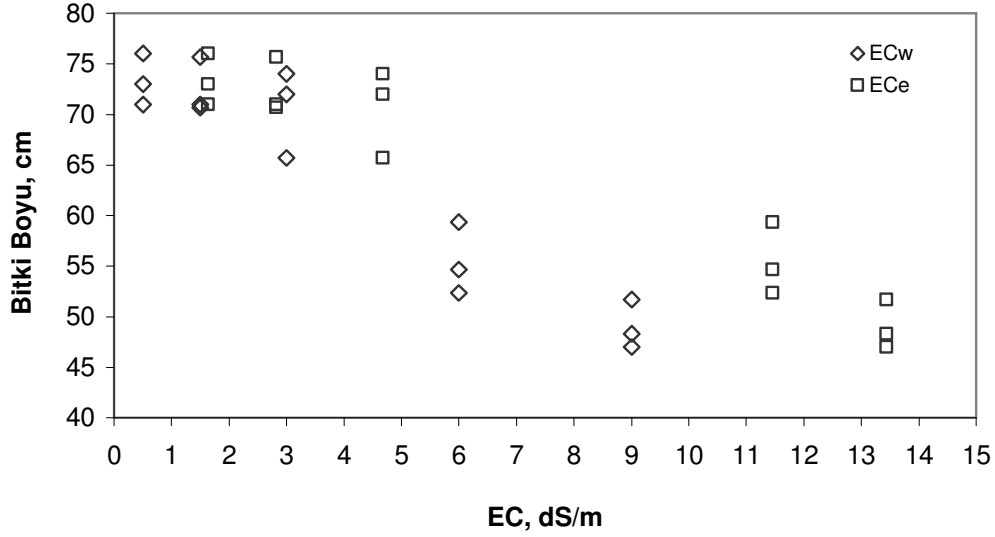
Çizelge 4.12. Deneme konularından elde edilen ortalama bitki boylarının (cm) LSD testi ile karşılaştırılması

Konular	Ortalama Bitki Boyu	Gruplar		
T ₀	73.3	A*		
T ₁	72.5	A		
T ₂	70.6	A		
T ₃	55.4		B	
T ₄	49.0			C

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur.

Ortalama bitki boyu değerleri üç farklı grup oluşturmuştur. Ortalama bitki boyu açısından T₀, T₁ ve T₂ konuları arasında fark görülmemiştir. Sulama suyu tuzluluğunun daha yüksek olduğu T₃ ve T₄ konularında bitki boyları, artan tuzluluğa bağlı olarak azalmıştır. Sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan konuda en kısa bitki boy değerleri elde edilmiştir.

Ayrıca denemede sulama suyu ve toprak tuzluluğuna bağlı bitki boy değişimleri Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Deneme sonunda tuzluluk ile bitki boyu değişimleri

Şekil 4.13.'ten de görüleceği gibi, sulama suyu ve toprak tuzluluğu arttıkça biberde bitki boyu azalmaktadır. Dolayısıyla tuzlu ortamda, verimdeki azalmanın bir nedeninin de bitki boylarının küçülmesi olduğu söylenebilmektedir. Öte yandan, bitkilerin boylarının küçülmesine toprak suyunun ozmotik potansiyelinin artması yüzünden köklerin daha yüksek bir gerilimle karşı karşıya kalmalarının etkisi olduğu düşünülebilir.

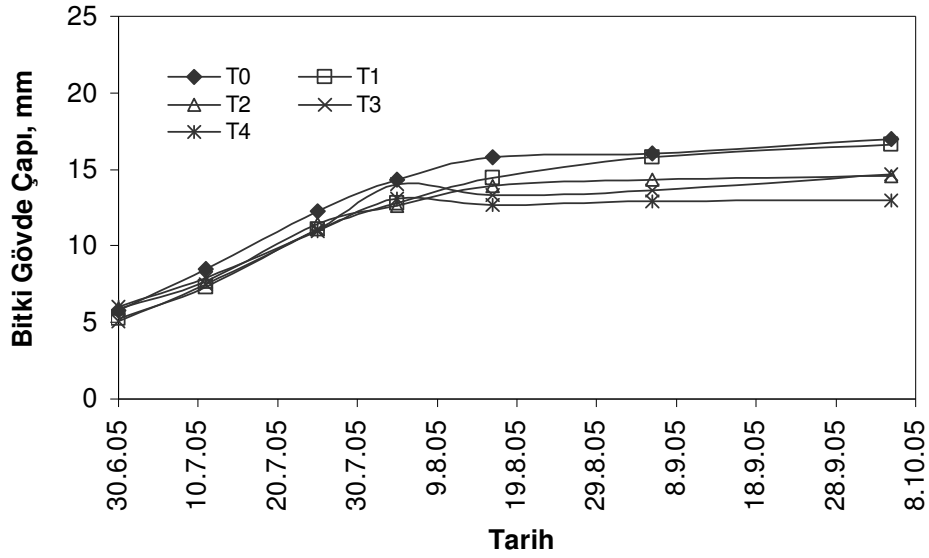
Sharma (1980) ve Robinson ve ark. (1983) artan tuz derişiminin transpirasyondaki azalmalar nedeni ile bitki boyunu kısalttığını bildirmiştir. Navarro ve ark. (2003) NaCl uygulanan biber bitkilerinde düşük ECw (3 ve 4 dSm⁻¹) değerlerinde turgor kaybı olmadığı için gelişimde azalmaların çok daha küçük olarak gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Pascale ve ark. (2003) ve Chartzoulakis ve Klapaki (2000), biberde sulama suyu tuzluluğunun artışıyla bitki boyunda azalmalar olduğunu gözlemlemişlerdir. Yine aynı şekilde benzer sonuçlar, patlıcanda (Öztürk, 2002) ve domateste (Malash ve ark., 2003; Abdel Gawad ve ark., 2003) de elde edilmiştir. Ele alınan bitkilerin tümünde tuzluluğun artışı, bitki boyunun azalmasına neden olmuştur. Bu azalma özellikle eşik değerin üstündeki tuzluluklarda daha fazla olmaktadır.



Şekil 4.13. Deneme konularındaki bitki boylarının değişimi

4.6.2. Gövde çapı gelişimi

Araştırmada bitki gövde çapları da incelenmiş ve zamana bağlı olarak meydana gelen değişim Şekil 4.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Deneme konularında bitki gövde çapı gelişimi

Deneme sonu itibarıyla bitki gövde çaplarındaki değişim 12.95 ile 16.96 mm arasında değişmiştir. Söz konusu değer, T₀ konusunda 16.96 mm ile en yüksek değer olurken en düşük değer T₄ konusunda 12.95 mm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Deneme konularındaki bitki gövde çapı değerleri (mm)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	16.01	16.36	18.52	16.96
T ₁	14.17	16.44	19.35	16.65
T ₂	14.52	14.09	15.06	14.55
T ₃	15.07	14.03	12.99	14.03
T ₄	12.01	12.70	14.15	12.95

Konular arasındaki fark istatistiksel analize tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14.'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarından da görüleceği gibi konular arasında istatistiksel olarak, 0.05 önem düzeyinde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Konular arasındaki farkın daha iyi anlaşılmasını sağlamak için LSD testi uygulanmış, konulara ilişkin gruplar Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Bitki gövde çapı değerlerinin varyans analiz sonuçları

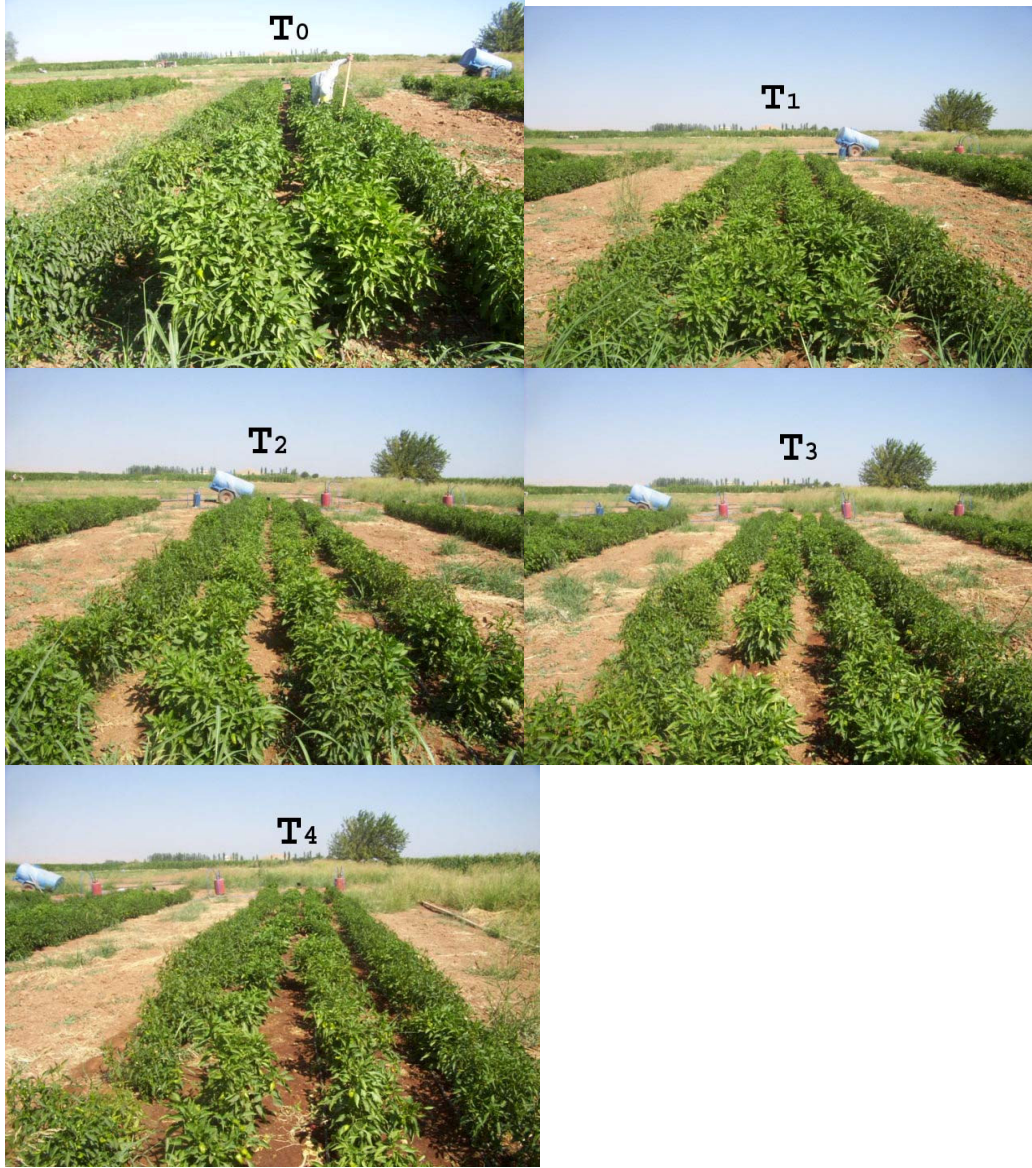
Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F Hesap
Konular	4	32.867	8.217	3.699*
Tekerrür	2	6.892	3.446	1.552
Hata	8	17.768	2.221	
Genel	14	57.526	4.109	

*0.01 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.15. Farklı tuzluluk düzeylerinde ölçülen ortalama gövde çaplarının (mm) LSD testi ile karşılaştırılması

Konular	Ortalama Gövde Çapı	Gruplar
T ₀	16.96	A*
T ₁	16.65	A
T ₂	14.67	A B
T ₃	14.56	A B
T ₄	12.95	B

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur



Şekil 4.15. Parsellerdeki bitki gelişimlerinin genel görünümü

Çizelge 4.15.'den de anlaşılacağı üzere, ortalama gövde çapı değerleri konular arasında 3 grup oluşturmuştur. T₀, T₁, T₂ ve T₃ konuları arasında farklılık görülmezken sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T₄ konusunda gövde çapı gelişimi de en düşük düzeyde gözlemlenmiştir.

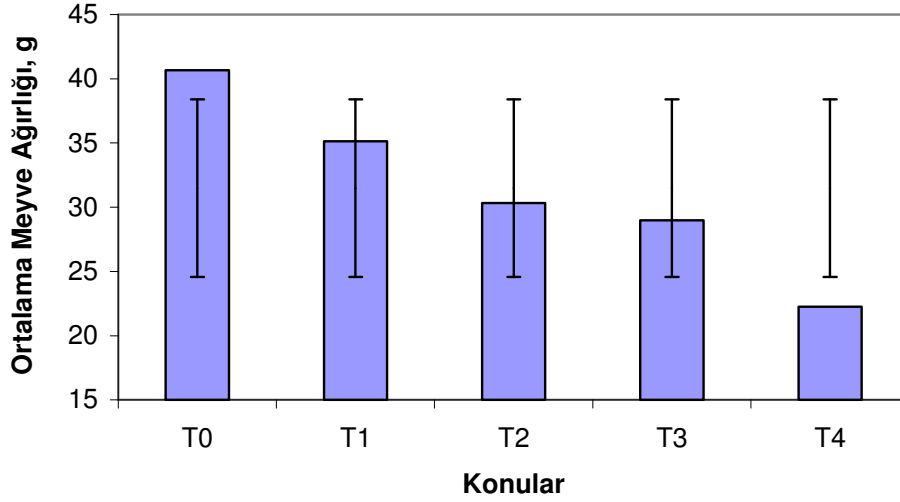
Deneme sonucunda bitki boyuna bağlı olarak gövde çapı gelişimi de tuzluluktan olumsuz etkilenmiştir. Fakat tuzluluğun etkisi gövde çapına nazaran bitki boyunda daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. Bu durumun, özellikle yüksek EC

değerlerinde turgor kaybının yapraklarda daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.7. Meyve Gelişimi ile İlgili Sonuçlar

4.7.1. Meyve ağırlığı

Araştırmada meyve kalitesini belirlemede kullanılan en önemli ölçütlerden birisi olan ortalama meyve ağırlığı da incelenmiş ve konular arasında önemli farklılıklar bulunmuştur (Şekil 4.16). Meyve ağırlığı 20.25 ile 40.89 g arasında değişmiştir. En yüksek meyve ağırlığı T₀ konusunda 40.89 g olarak gerçekleşirken, en düşük ise 20.25 g ile T₄ konusunda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.16).



Şekil 4.16. Deneme konularında ortalama meyve ağırlığı

Çizelge 4.16. Deneme konularındaki ortalama meyve ağırlığı değerleri (g)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	41.25	38.75	42.67	40.89
T ₁	36.67	40.00	35.00	37.22
T ₂	30.33	35.00	28.00	31.11
T ₃	28.00	28.00	30.00	28.67
T ₄	21.67	20.00	19.09	20.25

Konular arasındaki fark istatistiksel analize tabi tutulmuş ve elde olunan sonuçlar Çizelge 4.17.'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarından da görüleceği gibi, konular arasında istatistiksel olarak 0.01 önem düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Konular arasındaki farkın daha iyi anlaşılmasını sağlamak için LSD testi uygulanmış, konulara ilişkin gruplar Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ortalama meyve ağırlığı değerlerinin varyans analiz sonuçları

Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F Hesap
Konular	4	766.540	191.635	34.191*
Tekerrür	2	7.502	3.751	0.669
Hata	8	44.838	5.605	
Genel	14	818.880	58.491	

*0.01 önem düzeyinde önemli

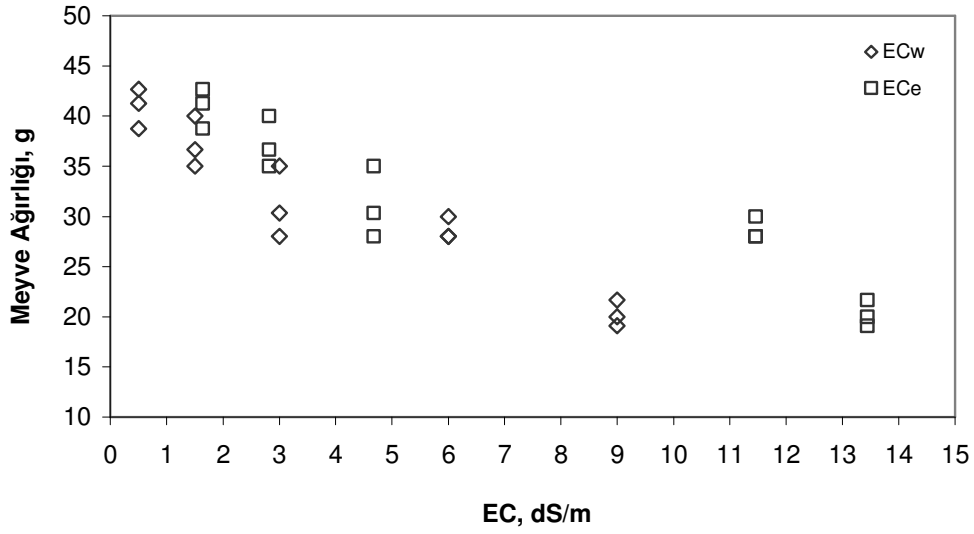
Çizelge 4.18. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve ağırlığının (g) LSD testi ile karşılaştırılması

Konular	Ortalama meyve ağırlığı	Gruplar		
T ₀	40.89	A*		
T ₁	37.22	A		
T ₂	31.11		B	
T ₃	28.67		B	
T ₄	20.25			C

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur

Çizelge 4.18.'den de anlaşılacağı üzere ortalama meyve ağırlığı değerleri deneme konularını 3 gruba ayırmıştır. Meyve ağırlıkları açısından T₀ ve T₁ konuları arasında farklılık görülmemiştir. Yine aynı şekilde T₂ ve T₃ konularında da kendi aralarında farklılık yoktur. Sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T₄ konusunda en düşük meyve ağırlığı değerleri gözlemlenmiştir.

Ayrıca, denemede sulama suyu ve toprak tuzluluğuna bağlı meyve ağırlığı değişimleri Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Tuzluluk ile meyve ağırlığındaki değişimleri

Şekil 4.17.'den de anlaşılacağı gibi, sulama suyu ve toprak tuzluluğu arttıkça biberde meyve ağırlığı da azalmaktadır. Dolayısıyla tuzlu ortamda, verimdeki azalmanın diğer bir nedeninin de meyve ağırlıklarının azalması olarak düşünülmektedir. Öte yandan meyve ağırlıklarının azalmasına, özellikle yüksek EC değerinde yapraklardan olan turgor kaybının fazla olması ve dolayısıyla, bitkinin yeterli solunum yapamaması ve besin depolayamaması sonucunda meyvelerin yeterli büyüklüğe ulaşamamasının neden olduğu düşünülmüştür.

Araştırma sonunda meyve ağırlığına ilişkin elde edilen sonuçlar, biberde Pascale ve ark. (2003) ve Chartzoulakis ve Klapaki (2000) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlar ile benzer bulunmuştur. Yine, aynı şekilde, benzer sonuçlar patlıcanda (Öztürk, 2002) ve domateste (Malash ve ark., 2003; Abdel Gawad ve ark., 2003) de elde edilmiştir. Ele alınan bitkilerin tümünde tuzluluğun artışı, özellikle eşik değerinin yukarısındaki artışlar, meyve ağırlığının azalmasına neden olmuştur.



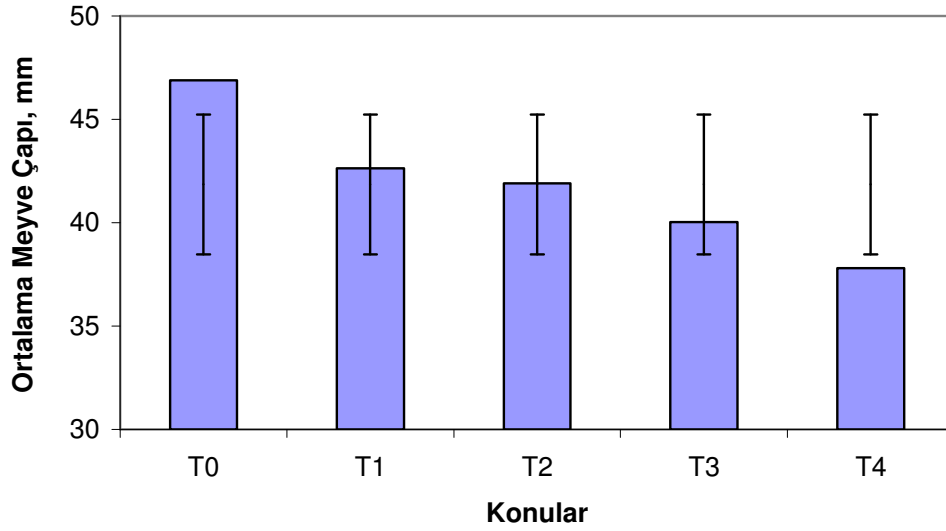
Şekil 4.18. Deneme konularındaki meyve gelişimlerinin genel görünümü

4.7.2. Ortalama meyve çapı

Meyve kalitesini belirlemede kullanılan diğer bir özellikte meyve çapıdır. Ortalama meyve çapı 37.80 ile 46.89 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.19). Şekil 4.19.'dan da görüleceği gibi, en yüksek meyve çapı değeri T₀ konusunda gerçekleşmiştir. Bu durumu T₁ ve T₂ konuları takip etmiş ve en düşük ortalama meyve çapı T₄ konusunda gözlemlenmiştir. Sulama suyu tuzluluğunun artmasına paralel olarak ortalama meyve çapında da dikkate değer bir azalma gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.19. Deneme konularındaki ortalama meyve çapı değerleri (mm)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	48,62	46.34	45.70	46.89
T ₁	42.21	41.89	43.82	42.64
T ₂	39.58	42.51	43.62	41.90
T ₃	40.89	41.09	38.11	40.03
T ₄	36.01	41.10	36.30	37.80



Şekil 4.19. Deneme konularında ortalama meyve çapı gelişimi

Çizelge 4.20.'de gösterilen varyans analizi sonuçlarından da görüleceği gibi, konular arasında istatistiksel olarak 0.01 önem düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Ortalama meyve çapı değerlerinin varyans analiz sonuçları

Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F Hesap
Konular	4	137.048	34.262	8.202*
Tekerrür	2	4.039	2.020	0.484
Hata	8	33.419	4.177	
Genel	14	174.506	12.465	

*0.01 önem düzeyinde önemli

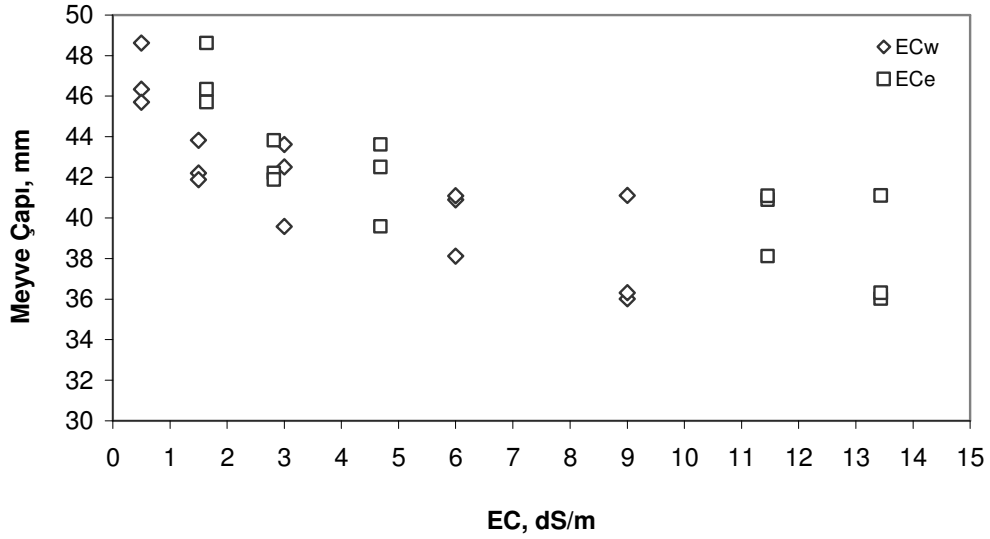
Konular arasındaki farkın daha iyi anlaşılmasını sağlamak için LSD testi uygulanmış, konulara ilişkin gruplar Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, meyve çapı özelliği bakımından, T₀ en iyi grubu oluştururken, T₁, T₂ ve T₃ konuları arasında farklılık görülmemiştir. T₄'te de en düşük meyve çapı değerleri gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.21. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve çaplarının (mm) LSD testi ile karşılaştırılması

Konular	Ortalama meyve çapı	Gruplar		
T ₀	46.87	A*		
T ₁	42.64		B	
T ₂	41.90		B	
T ₃	40.03		B	C
T ₄	37.80			C

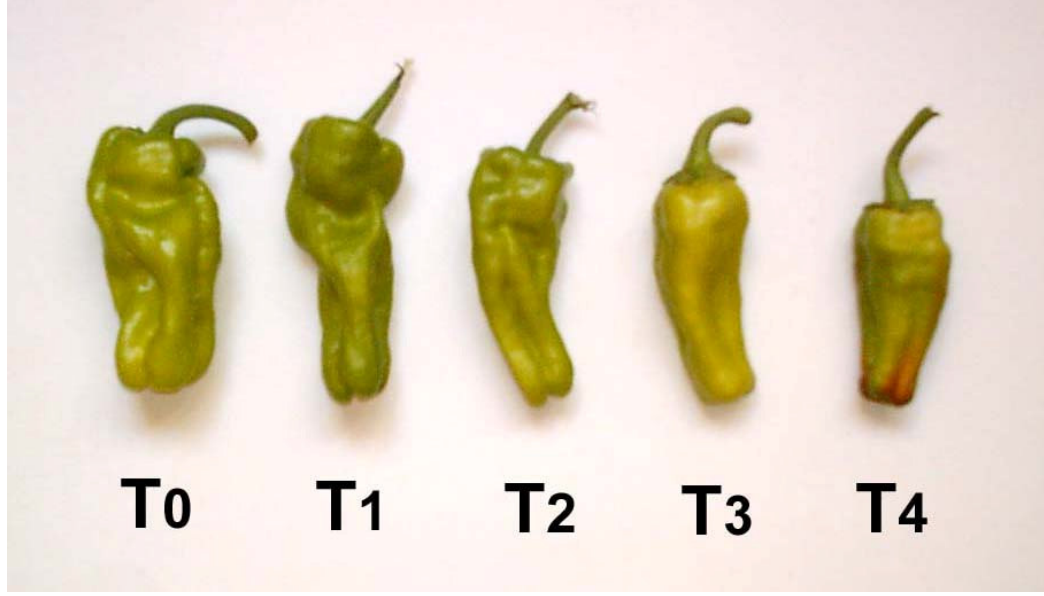
* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur

Ayrıca denemede sulama suyu ve toprak tuzluluğuna bağlı meyve çapı değişimleri Şekil 4.20.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Tuzluluk ile meyve çapı değişimleri

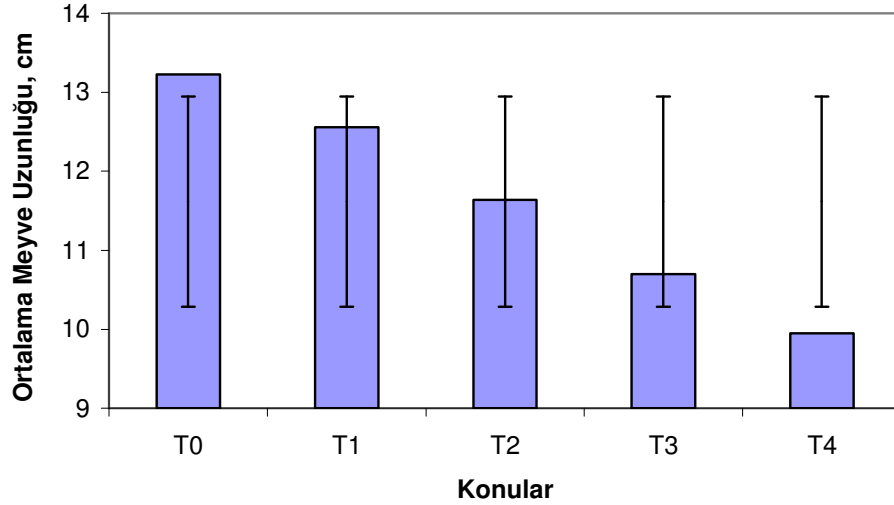
Deneme sonucunda meyve ağırlığı ile paralel olarak meyve çapı da bir noktaya kadar tuzluluktan etkilenmemiş ancak, bu noktadan sonra olumsuz etkilenmiştir. Pascale ve ark. (2003) ve Chartzoulakis ve Klapaki (2000) biberde meyve çapının da sulama suyu tuzluluğunun artışı ile benzer şekilde azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.21. Deneme konularında meyve büyüklüğü değişimleri

4.7.3. Ortalama meyve uzunluğu

Araştırmada ortalama meyve uzunluğu da incelenmiş ve en yüksek ortalama meyve uzunluğu T₀ konusundan 13.23 cm olarak elde edilirken, en düşük T₄ konusunda 9.95 cm olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.22).



Şekil 4.22. Deneme konularında ortalama meyve uzunluğu

Çizelge 4.22. Deneme konularındaki ortalama meyve uzunluğu değerleri (cm)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	13.33	13.52	12.85	13.23
T ₁	12.69	12.37	12.63	12.56
T ₂	12.86	10.22	11.83	11.64
T ₃	11.21	10.07	10.83	10.70
T ₄	9.55	9.88	10.43	9.95

Sulama suyu tuzluluğunun artışıyla, ortalama meyve uzunluğunda azalma olmuştur. Konular istatistiksel analize tabi tutulmuş ve elde olunan sonuçlar Çizelge 4.23.'te gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarından da görüleceği gibi konular arasında istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Konular LSD testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 4.24.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Ortalama meyve uzunluğu değerlerinin varyans analiz sonuçları

Var. Kay.	S.D.	K.T.	K.O.	F Hesap
Konular	4	21.333	5.333	11.999*
Tekerrür	2	1.350	0.675	1.519
Hata	8	3.555	0.444	
Genel	14	26.239	1.874	

*0.01 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.24. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve uzunluğunun (cm) LSD testi ile karşılaştırılması

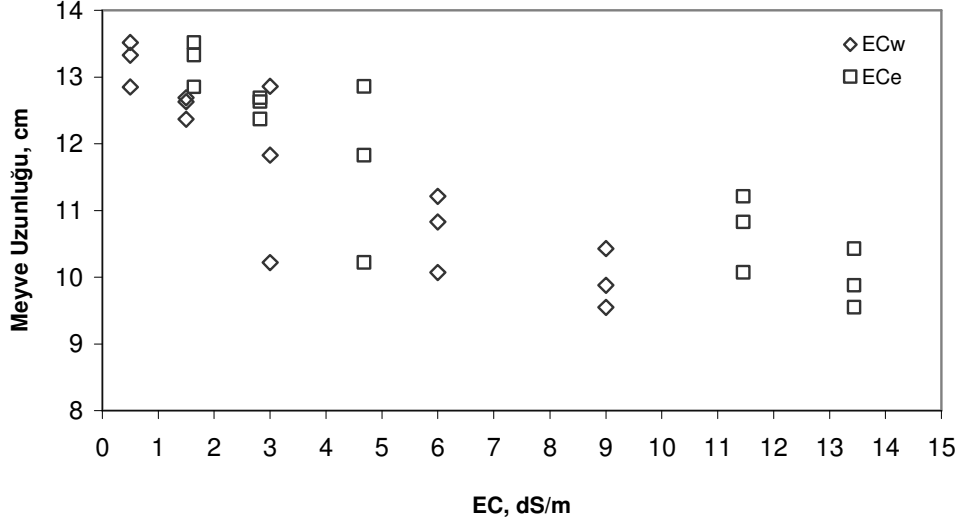
Konular	Ort. Meyve Uzunluğu	Gruplar			
T ₀	13.23	A*			
T ₁	12.56	A	B		
T ₂	11.64		B	C	
T ₃	10.70			C	D
T ₄	9.95				D

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur

Meyve uzunlukları 5 grup oluşturmuş ve diğer bazı meyve kalite özelliklerinde olduğu gibi ortalama meyve uzunluğu da artan tuzluluğa paralel olarak azalmıştır.

Toprak tuzluluğuna bağlı meyve uzunluğunda meydana gelen değişimler Şekil 4.23.'te gösterilmiştir. Tuzluluk, bitki gelişimini ve dolayısıyla meyve

gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle tuzluluk eşik değerinin yukarıdaki tuzluluklarda bu etkilenme çok daha belirgin olmaktadır.



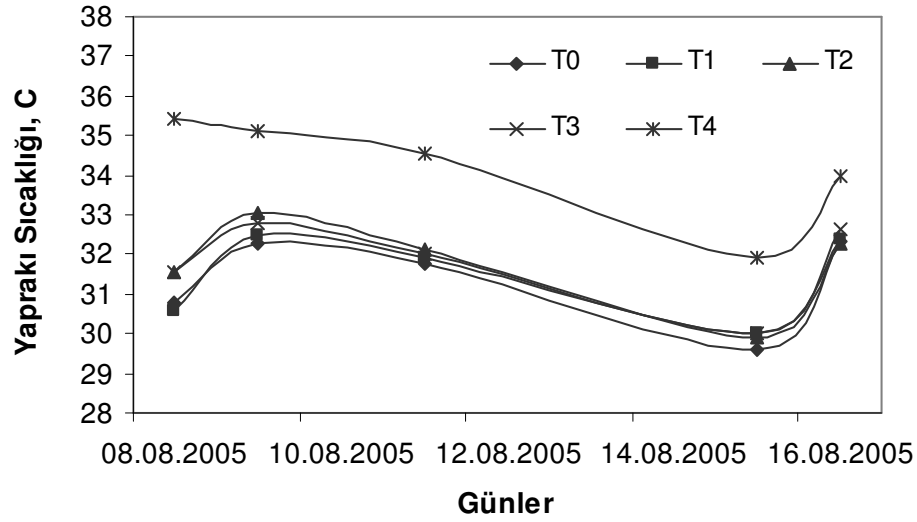
Şekil 4.23. Tuzluluk ile meyve uzunluğu değişimi

4.8. Yaprak Sıcaklığı

Sulama suyu tuzluluğunun yaprak sıcaklığı üzerine olan etkileri Çizelge 4.25.'de verilmiştir. Genel olarak tuz içeriğinin artışı yaprak sıcaklığının artmasına neden olmuştur. Bitki örtü yüzdesinin %70–80 olduğu dönemde, iki hafta süresince ölçülen ortalama yaprak sıcaklıkları Şekil 4.24.'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Anılan şekilden de görüleceği gibi T_0 , T_1 , T_2 ve T_3 düzeyindeki tuzluluklarda yaprak sıcaklıkları arasında önemli farklılıklar bulunmazken, sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan T_4 konusunda ise yaprak sıcaklığı diğer konulara oranla daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Deneme konularındaki ortalama yaprak sıcaklığı değerleri ($^{\circ}\text{C}$)

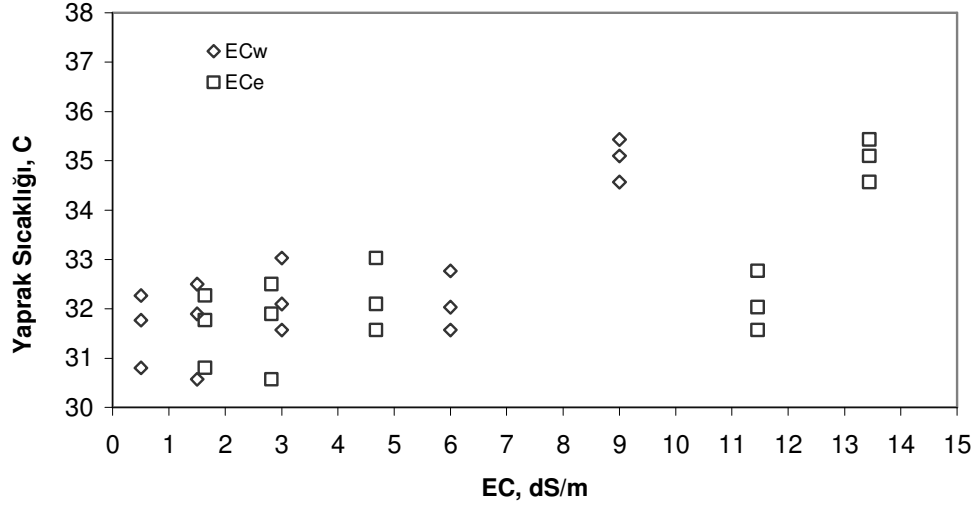
Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	30.8	32.3	31.8	31.6
T ₁	31.9	32.5	30.6	31.7
T ₂	32.1	33.0	31.6	32.2
T ₃	32.0	32.8	31.6	32.1
T ₄	34.6	35.1	35.4	35.0



Şekil 4.24. Deneme konularından elde edilen yaprak sıcaklık değerleri

Levitt (1980), tuzun ilavesiyle suyun ozmotik potansiyelinin arttığından tuz stresinin bitkiyi sekonder bir ozmotik strese (kuraklık stresine) maruz bıraktığını bildirmiştir. Ozmotik stresin hızla yaprak su potansiyeli ve ozmotik potansiyeli düşürerek ozmotik dehidrasyon meydana getirdiğini; stomaların kapanmasına, dolayısı ile transpirasyonun azalmasına neden olduğunu belirlemiştir. Bu durumda terleme kabiliyetini yitiren yapraklarda sıcaklık da artmaktadır.

Şekil 4.25.'de sulama suyu ve toprak tuzluluğuna bağlı olarak yaprak sıcaklıklarında meydana gelen değişimler gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Tuzluluk ile yaprak sıcaklığı değişimleri

Şekil 4.25.'ten de anlaşılacağı üzere, hem sulama suyu hem de toprak tuzluluğu yaprak sıcaklığını arttırmıştır ve bu artış özellikle eşik değerlerinin yukarısındaki tuzluluklarda daha belirgin olarak gözlemlenmiştir.

Benzer sonuçlar domateste (Malash ve ark., 2005), patateste (Amer ve Hatfield, 2004) ve çim bitkisinde (Wang ve ark., 2002)'de elde edilmiştir. Ele alınan bitkilerin tümünde tuzluluğun artışıyla, yaprak sıcaklık değerleri de doğrusal olarak artmıştır. Bu artış özellikle eşik değerinin yukarısındaki tuzluluklarda daha belirgin olarak görülmüştür.

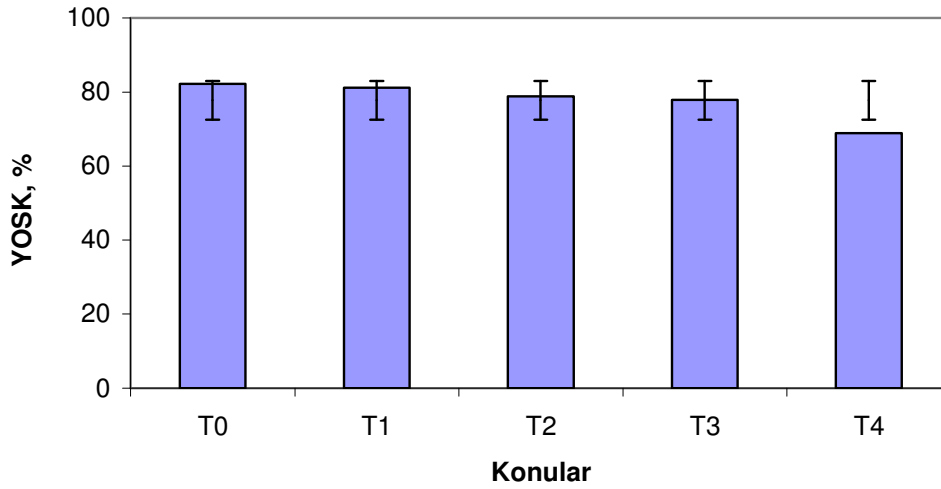
4.9. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)

Denemede konulara göre yaprak oransal su kapsamı değişimi incelenmiştir. Sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak, biberde yaprak oransal su kapsamı azalmıştır. Çizelge 4.26.'dan da görüleceği gibi en yüksek YOSK değeri T₀ konusunda % 82.14 olarak gerçekleşirken, en düşük YOSK değeri T₄ konusunda % 68.92 olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.26. Deneme konularından elde edilen YOSK değerleri (%)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	84.87	88.20	73.33	82.14
T ₁	77.22	82.50	70.09	81.12
T ₂	82.50	70.00	83.93	78.81
T ₃	68.45	84.86	82.91	77.91
T ₄	75.33	59.52	71.90	68.92

Konular arasında genel olarak tuzluluğun artışıyla YOSK değerinde bir azalma gözlemlenmesine rağmen (Şekil 4.26), elde edilen YOSK değerleri istatistiksel analize tabi tutulmuş ve analiz sonucunda konular arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.26. Deneme konularında yaprak oransal su kapsamı

Moreno ve ark. (2003) farklı sulama suyu miktarlarına biber bitkisinin fizyolojik tepkisi belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada konular arasında YOSK açısından çok küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca Beese ve Moshrefi (1985) biberde yaprak oransal su kapsamının, su stresinin belirlenmesinde çok hassas bir indikatör olmadığını bildirirken; Navarro ve ark. (2003), biberde YOSK'un ECw değerlerinin artışıyla önemli düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. Görüldüğü gibi bu konuda literatürde birbiriyle çelişen sonuçlara rastlanmaktadır.

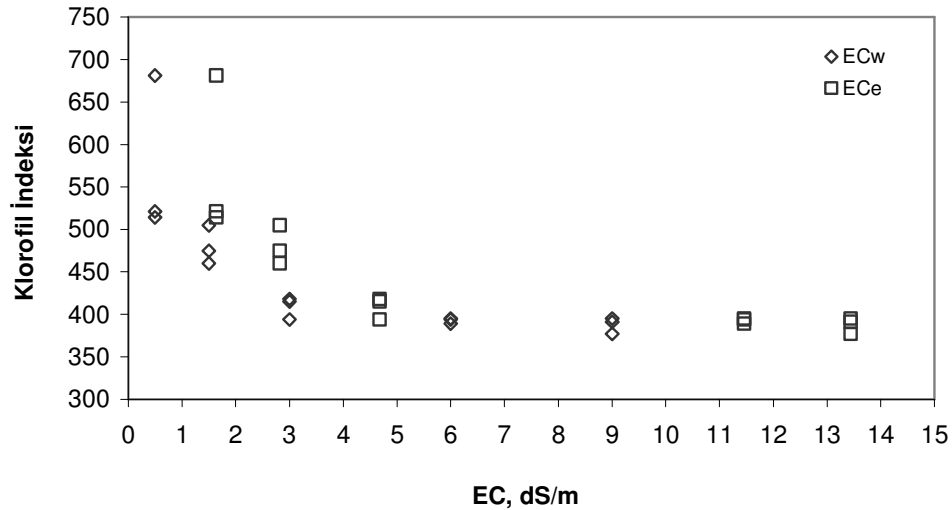
4.10. Klorofil İndeksi

Yaprak klorofil indeksi, bitkinin tamamen yeşil olduğu dönemde, Fieldscout CM 1000 klorofilmetre ile spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir ve sulama suyunun tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir (Çizelge 4.27). Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak artan tuzluluk, klorofil kaybına neden olmuştur.

Çizelge 4.27. Deneme konularından elde edilen klorofil indeksi değerleri

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	681	514	521	572
T ₁	475	505	460	480
T ₂	415	394	418	409
T ₃	394	389	395	393
T ₄	391	395	377	388

Seeman ve Critchley (1985) bitkilerde tuz stresinin klorofil kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Şekil 4.27.'de sulama suyu ve toprak tuzluluğuna bağlı olarak klorofil indeksi değerlerinde meydana gelen değişimler gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Tuzluluk ile yapraklardaki klorofil indeksi değişimi

Sulama suyundaki ve topraktaki tuzluluğun artışı ile yapraklarda en yüksek klorofil kaybı 0–3 dSm⁻¹ arasında görülmüştür. Klorofildeki değişimler, düşük EC’lerde büyük olurken tuzluluk arttıkça klorofil azalma hızı düşmüştür. Yüksek EC değerlerinde azalış farkları önemsiz bulunmuştur.

4.11. Biomass

Bitkide biomass artan tuzlulukla azalmıştır. Çizelge 4.28.’den de görüleceği gibi en yüksek biomass değeri T₀ konusunda ortalama 464.8 g/bitki olarak gerçekleşirken, en düşük T₄ konusunda 243.7 g/bitki olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.28. Deneme konularından elde edilen Biomass değerleri (g/bitki)

Konular	Yinelemeler			Ortalamalar
	1	2	3	
T ₀	530.1	481.0	383.4	464,8
T ₁	408.9	338.6	389.5	379.0
T ₂	306.6	402.6	354.6	354,6
T ₃	324.7	342.1	359.4	342,1
T ₄	195.9	281.1	254.2	243,7

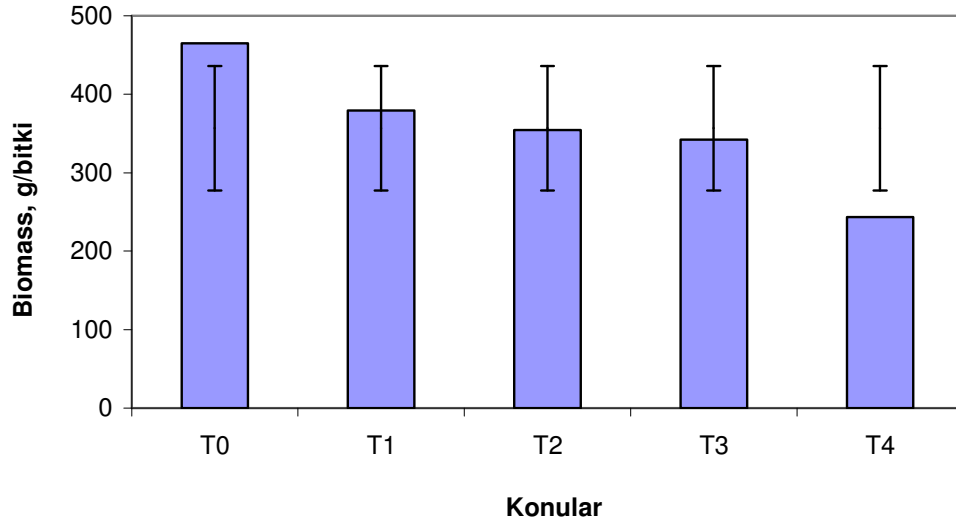
Şekil 4.28.’den de anlaşılacağı üzere tuzluluğun artışı ile biomass değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir. Özellikle tuzluluğun en yüksek olduğu T₄ konusunda kontrole kıyasla önemli derecede bir azalış belirlenmiştir.

Diğer konularda ise kontrole kıyasla bir azalma gözlemlenmesine rağmen birbirleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Konular arasındaki fark LSD testi ile de karşılaştırılmış ve Çizelge 4.29.’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Deneme konularından elde edilen ortalama Biomass değerlerinin (g/bitki) LSD testi ile karşılaştırılması

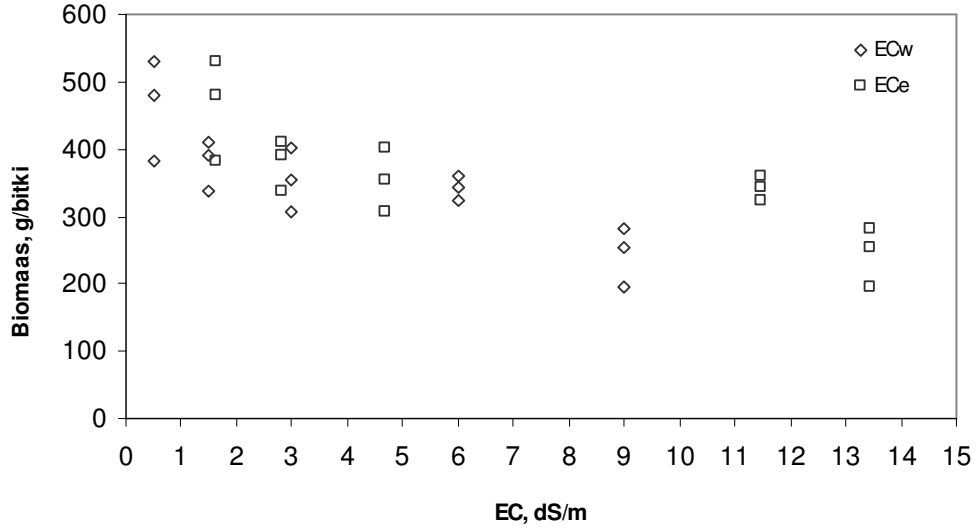
Konular	Ort. Biomaas Değerleri	Gruplar		
T ₀	464.83	A*		
T ₁	379.00	A	B	
T ₂	354.60		B	
T ₃	342.07		B	
T ₄	243.73			C

* Aynı harfleri taşıyan gruplar arasında 0.05 düzeyine göre fark yoktur



Şekil 4.28. Deneme sonunda elde edilen ortalama biomass değerleri

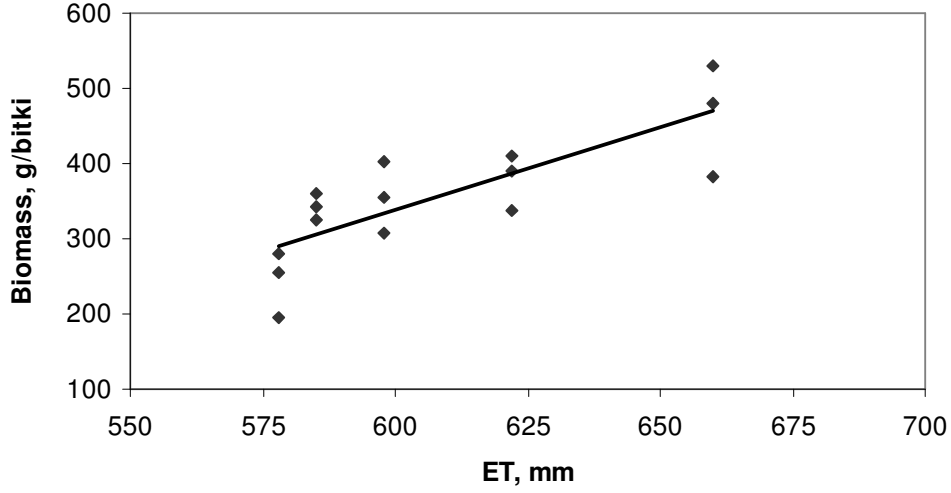
Ayrıca denemede sulama ve toprak tuzluluğuna bağlı olarak Biomaas değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.29.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Tuzluluk ile Biomass'ın değişimi

Deneme sonuçları, daha önce Leone ve ark. (2001)'nın yaptıkları çalışmadan elde edilen sonuçlar ile benzer bulunmuştur. Araştırmacılar biber bitkisinde biomass ve ECe arasında önemli bir ilişki ($R^2=0.68$) olduğunu belirlemişlerdir.

Ayrıca araştırmada bitki su tüketiminin bitki gelişimi üzerine etkisini incelemek için biomaas değerleri ile ET arasındaki ilişki de belirlenmiştir. ET ile biomass arasında $Y= 2.19ET- 974.02$ ($R^2=0.65$) eşitliği ile ifade edilen bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Bitki su tüketimi ile biomass arasındaki ilişki

Elde edilen eşitlikten de anlaşılacağı gibi, bitki su tüketiminin artışıyla biomass değerlerinde bir artış oluşmaktadır. Tuz içeriği yüksek topraklarda azalan bitki su tüketimi beraberinde bitki gelişimini de azaltmaktadır. Özellikle eşik değerinin yukarısındaki tuzluluklarda bu azalış daha belirgin olarak gözlemlenmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Damla sulama sisteminin kullanıldığı bu çalışma sonucunda, sulama suyu ile toprak tuzluluğunun biber verimi ve toprakta tuz birikimi üzerine etkileri saptanmış, ayrıca farklı tuz içeriklerine sahip suların kullanılmasının biberde verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Sulama suyunun tuz içeriğinin artmasına bağlı olarak toprakta da tuz birikimi artmıştır. Deneme sonunda, sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T₄ konusunda 13.44 dSm⁻¹ düzeylerine ulaşan toprak tuzluluğu, kontrol konusunda 1.64 dSm⁻¹ düzeyinde kalmıştır. Ayrıca tuz birikimi üst katmanlarda daha yüksek olmuştur. Sulama suyu tuzluluğu ile toprakta biriken tuz arasında $EC_e = 1.50EC_w + 0.82$, ($R^2 = 0.97$) eşitliği ile ifade edilen doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Mevsimlik su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Artan tuzluluk bitki su tüketiminin de azalmalara neden olmuştur. Kontrol konusunda bitki su tüketimi 660 mm iken, artan tuzlulukla giderek azalmış ve T₄ konusunda 578 mm dolaylarına düşmüştür. Bitki su tüketimi değerlerindeki azalış özellikle düşük EC_w'lerde daha belirgin olarak görülmüştür. Sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında $ET = 635.6EC_w^{-0.046}$ ($R^2 = 0.98$) eşitliği ile tanımlanabilen bir ilişki bulunmuştur. Toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında ise $ET = 667.04EC_e^{-0.057}$ ($R^2 = 0.92$) eşitliği ile ifade edilen bir ilişki elde edilmiştir.

En yüksek verim T₀ konusunda, 3334 kg/da, en düşük verim ise sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan T₄ konusunda, 2286 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Tuz uygulaması yapılmayan T₀ (3334 kg/da) konusu ile T₁ (3226 kg/da) ve T₂ (3187 kg/da) konularının verimlerinde farklılık görülmezken, T₃ konusundan itibaren verimde önemli azalmalar görülmüştür. Sulama suyu elektriksel iletkenliğinin 9.0 dSm⁻¹ olduğu T₄ konusunda verimde yaklaşık olarak %31'lik bir azalma olmuştur.

Sulama suyu tuz konsantrasyonu ile verim arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiş ve $Y = -150.06 EC_w + 3679.7$ ($R^2 = 0.67$) eşitliği elde edilmiştir. Anılan eşitlikten yararlanılarak Y₀ değeri 3679.7 olarak, ortalama

maksimum verim (Y_m) ise 3334 kg/da olarak hesaplanmıştır. Biber için verimin azalmaya başladığı eşik değer, $ct = (Y_0 - Y_m) s_1$ eşitliği yardımı ile bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre sulama suyu tuzluluğu eşik değerinin, $ct = 2.30 \text{ dSm}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

Hasat dönemi 90 cm derinliğindeki ortalama kök bölgesi tuzluluğu ile biber verimi arasındaki ilişki incelenmiş ve $Y = -88.547EC_e + 3652.4$ ($R^2 = 0.55$) eşitliği elde edilmiştir. Eşitliğe göre Y_0 değeri 3652.4 olarak kabul edilmiş ve biber için verimin azalmaya başladığı toprak suyu tuzluluk eşik değerinin $ct = 3.60 \text{ dSm}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

Damla sulama sistemi diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında bitkilerin tuza dayanımını arttırmaktadır. Tuzlu suyun zararını en aza indirerek, bu suların sulamada kullanılabilmesini sağlamaktadır. Nitekim çalışmada tuz eşik değerinin daha yüksek bulunmasının bir nedeninin de sulama yönteminden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Deneme sonunda belirlenen su kullanım randımanları sırasıyla, toplam su kullanım randımanı (WUE) en yüksek T_2 konusunda 5.19 kg/da/mm ve en düşük T_4 konusunda 3.96 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Yüksek ET düzeylerinde küçük su kullanım randımanları elde edilmesi, verim artışının bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmediğinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Kontrol konusuna kıyasla T_3 ve T_4 konularında WUE sırasıyla % 3 ve % 22 oranında azalmıştır.

Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), en yüksek T_0 konusunda 4.94 kg/da/mm ve en düşük T_4 konusunda 3.39 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı, sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak azalmaktadır.

Bitki boyları uygulanan sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Tuzluluğunun düşük olduğu konularda bitki boyunun daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Deneme sonu itibarıyla elde edilen bitki boy değerleri 49 ile 73 cm arasında değişmektedir. Ortalama bitki boyu açısından T_0 , T_1 ve T_2 konuları arasında fark görülmemiştir. Sulama suyu tuzluluğu en yüksek olduğu T_4 konusunda en kısa bitki boyu değerleri elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, sulama suyu ve toprak tuzluluğu arttıkça biber bitkisinin gelişimi azalmaktadır. Dolayısıyla tuzlu ortamda, verimdeki azalmanın bir nedeninin de bitki boylarının küçülmesi olduğu söylenilebilir.

Bitki gövde çaplarındaki değişim deneme sonu itibarıyla 12.95 ile 16.96 mm arasında değişmiştir. Söz konusu değer T_0 konusunda 16.96 mm ile en yüksek değer olurken en düşük T_4 konusunda 12.95 mm olarak gözlemlenmiştir. Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine etkisi, gövde çapına nazaran bitki boyunda daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. Bu durumun, özellikle yüksek EC değerlerinde turgor kaybının yapraklarda daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Meyve ağırlığı 22.27 ile 40.67 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama meyve ağırlığı T_0 konusunda 40.67 g olarak gerçekleşirken, en düşük ise 22.27 g ile T_4 konusunda gerçekleşmiştir. Meyve ağırlıkları açısından T_0 ve T_1 konuları arasında farklılık görülmemiştir.

Denemede elde edilen ortalama meyve çapı 37.80 ile 46.89 mm arasında değişmiştir. En yüksek meyve çapı değerleri kontrol konusunda gerçekleşmiş ve artan tuzluluğa paralel olarak azalmalar görülmüştür. En düşük ortalama meyve çapı ise sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T_4 konusunda gözlemlenmiştir.

Araştırmada en yüksek ortalama meyve uzunluğu T_0 konusundan 13.23 cm olarak elde edilirken, en düşük T_4 konusunda 9.95 cm olarak elde edilmiştir. Sonuçta tuzluluk bitki gelişimini ve dolayısıyla meyve gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle eşik değerinin yukarısındaki tuzluluklarda bu etkilenme çok daha fazla olmaktadır.

Ayrıca denemede tuzluluğun, bitkinin fizyolojik özellikleri üzerine olan etkileri de incelenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, genel olarak tuz düzeyinin artışının yaprak sıcaklığının artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Özellikle tuzluluğun en yüksek olduğu T_4 konusunda diğer konular kıyasla yaprak sıcaklığı daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Yaprak oransal su kapsamı, biberde sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek YOSK değeri T_0 konusunda %82.14 olarak gerçekleşirken, en düşük YOSK değeri T_4 konusunda %68.92 olarak gözlemlenmiştir. Konular arasında genel olarak tuzluluğun artışıyla YOSK değerinde bir azalma gözlemlenmesine rağmen, elde edilen YOSK değerleri istatistiksel analize tabi tutulmuş ve analiz sonucunda konular arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Bitkilerde artan tuzluluğun klorofil kaybına neden olduğunu belirlenmiştir. Denemede en yüksek duyarlılık 0-3 dSm^{-1} arasında görülmüştür. Sonuç olarak

klorofildeki değişimler, düşük EC'lerde büyük olurken, yüksek EC değerlerinde önemsiz bulunmuştur.

Bitkide biomass artan tuzlulukla azalmış ve en yüksek biomass değeri T₀ konusunda 464.8 g/bitki olarak gerçekleşirken, en düşük T₄ konusunda 243.7 g/bitki olarak gözlemlenmiştir. Diğer konularda ise kontrole kıyasla bir azalma gözlemlenmesine rağmen birbirleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Ayrıca araştırmada bitki su tüketiminin bitki gelişimi üzerine etkisini incelemek için biomaas değerleri ile ET arasındaki ilişki de belirlenmiştir. ET ile biomass arasında $Y = 2.19ET - 974.02$ ($R^2 = 0.65$) eşitliği ile ifade edilen bir ilişki bulunmuştur. Elde edilen eşitlikten de anlaşılacağı gibi bitki su tüketiminin artışıyla beraber biomass değerlerinde de bir artış oluşmaktadır. Tuz içeriği yüksek topraklarda azalan bitki su tüketimi beraberinde bitki gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle eşik değerinin yukarısındaki tuzluluklarda bu azalış daha belirgin olarak gözlemlenmiştir.

Yukarıda belirtilen sonuçlar doğrultusunda; Harran Ovasında damla sulama yöntemiyle tuzluluğu $EC_w = 2.30 \text{ dSm}^{-1}$ olan sulama suları ile biber bitkisi yetiştirilebilmekte ve tuzsuz koşullara göre verim kaybı olmamaktadır. Ancak tuzlu sular kullanılırken bir takım önlemlerinde alınması gerekmektedir. Özellikle sulama yöntemi ve sulama aralığı gibi seçilecek işletim biçimleri bitkinin tuza dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir.

Ayrıca diğer bir dikkat edilmesi gereken husus ise, tuzlu suların kullanılması durumunda toprakta oluşacak tuz birikimi, kısa dönemde önemli bir sorun oluşturmamasına karşın, uzun dönemde tuz birikimlerinin olacağı ve buna bağlı olarak ta üretim kayıplarının meydana geleceği göz önünde tutulmalıdır. Kış yağışlarının yıkama etkisi ile tuzluluğun düşmesine rağmen, kış yağışlarının yetersiz olduğu yörelerde verim azalmasını önlemek amacıyla ek yıkama suyunun verilmesi gerekmektedir.

Tuzluluk nedeniyle meyve kalitesinin bozulması, aynı zamanda pazar değerinin de düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle sulama suyu ve toprak tuzluluğunun ürün kaybına ek olarak ayrı bir gelir kaybına da neden olacağı dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABDEL GAWAD, G., ARSLAN, A., GAIHBE, A. and KADOURI, F., 2003. The Effects of Saline Irrigation Water Management and Salt Tolerant Tomato Varieties on Sustainable Production of Tomato in Syria (1999-2002). Sustainable Strategies for Irrigation in Salt Prone Mediterranean Region: A System Approach Proceedings of an International Workshop, Cairo, Egypt, 8-10 December pp. 33-47.
- ABU-SHARAR, T.M., 1998. Crop Salt Tolerance. Advanced Short Course on Sustainable Use of Non Conventional Water Resources in the Mediterranean Region, Aleppo-Syria, April 18-30. pp. 597-633.
- AHI, D. and POWERS, A., 1978. Seed Germination as Affected by Soil Moisture and Salinity. *Argon. J.* 68: 82-84.
- AKILAN, K., FARRELL, R.C.C., BELL, D.T. and MARSHALL, J.K., 1997. Response of Klonal River Red Gum to Water Logging by Fresh and Salt Water. *Aust. J. Exp. Agric.*, 37: 243-248.
- ALAM, S.M., 1994. Nutrient Uptake by Plants Under Stres Conditions. Ed. Mohammad Passaraklı, Handbook of Plant and Crop Stres. 616. New York.
- AMER, K.H. and HATFIELD, J.L., 2004. Canopy Resistance as Affected by Soil and Meteorological Factors in Potato. *Agronomy-Journal*; 96(4): 978-985
- ANONİM, 1958. Salts Problems in Irrigated Soils. *Agriculture Information Bulletin* No: 190: 3-12.
- ARMSTRONG, A.S.B., RYCROFT, D.W. and TANTON, T.W., 1995. Seasonal Movement of Salts in Naturally Structured Saline-Sodic Clay Soils. *Agric. Water Manag.* 32: 15-27.
- AYARS, J.E., HUTMACHER, R.B., SCHONEMAN, R.A., VAIL, S.S. and FELLEKE, D., 1986. Drip Irrigation of Cotton With Saline Drainage Water. *ASAE* 29 (6): 1668-1673.
- AYERS, R.S. and WESCOT, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation of the and Drainage Paper No: 29. 163 p., Rome.
- BAHÇECİ, İ., 1995. Tarla Fasulyesinde Tuz-Su ve Verim İlişkilerinin İrdelenmesi. Doktora Tezi. Ç. Ü. Fen Bil. Ens. Tar. Yap. ve Sulama Anabilim Dalı.
- BEEK, J.G. and LTIFI, A., 1991. Evidence for Salt Tolerance in Pepper Varieties in Tunisia. *Euphytica*; 57(1): 51-56.
- BEESE, F. and MOSHREFI, N., 1985. Physiological Reaction of Chile-Pepper to Water and Salt Stress. *Drip/Trickle Irrigation in Action Volume-II*; pp. 646-651.
- BERNSTEIN, L. and PEARSON, G.A., 1954. Influence of Integrated Moisture Stres Achieved by Varying The Osmotic Pressure of Culture Solution on Growth of Tomato and Pepper Plants. *Soil Sci.*, 77: 355-368.
- BERNSTEIN, L., 1963. Effects of Salinity on Mineral Composition and Growth of Plants. *Plant Analy. Fert. Probl.* IV, pp. 25-45.

- BERNSTEIN, L. and FRANCOIS, L. E., 1973. Leaching Requirement Studies Sensitivity of Alfalfa to Salinity of Irrigation and Drainage Waters. *Soil Sci.*, 37: 931-939.
- BERNSTEIN, L. and FRANCOIS, L. E., 1975. Effects of Frequency of Sprinkling with Saline Waters Compared with Daily Drip Irrigation. *Agronomy-Journal*. 67(2): 185-190
- BISCHOFF, J., 1999. Salt/Salinity Tolerance of Common Horticultural Crops in South Dakato. South Dakato Extension Fact Sheet 904, South Dakato State Univ. Water Resources Research Inst., USDA.
- BOUWER, H., 1994. Irrigation and Global Wateroutlook. *Agric. Water. Man.* 25: 221-231.
- BOUYOCOS, G.S., 1951. A Recalibration of the Hidrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Argon. J.* 43: 434-448.
- CHARTZOULAKIS, K. S. and KLAPAKI, G., 2000. Effects of NaCl Salinity on Growth and Yield of Two Pepper Cultivars. *Acta-Horticulturae*. 511: 143-149.
- CHAWLA, K.L., KHOSLA, B.K., and SHARMA, D.R., 1983. Hydraulic Properties of a Sandy Loam Soil as Influenced by Salinization and Desalinization. *Irrig. Sci.* 4: 47-254.
- CHILDS, S.W. and HANKS, R.J., 1975. Model of Soil Salinity Effects on Crop Growth. *Soil Sci., Soc. Am. Proc.*, 39: 617-622.
- CRAMER, G., R., LAUCLI, A. and EPSTEIN, E., 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on Ion Activities in Complex Nutrient Solutions and Root Growth of Cotton. *Plant Physiol.* 81: 792-797.
- COLLA, G; ROUPHAEL, Y., SACCARDO, F., REA, E., PIERANDREI, F. and SALERNO, A., 2003. Influence of Salinity and Irrigation Method on Zucchini Plants Grown in Closed-Soilless System. *Acta-Horticulturae*; 609: 429-433
- ÇAKIRLAR, H. ve TOPÇUOĞLU, S. F., 1985. Stress Terminology. Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araş. Merkezi.
- ÇİZİKÇİ, S., 1998. Değişik Tuzluluk, SAR ve Ca: Mg Oranlarına Sahip Sulama Sularının Ispanağın Çimlenme ve Verimine Olan Etkileri. *Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yay. No: 198*. Ankara.
- DEMİRER, G.N., DEMİRER, T., DURAN, M., ERTAN, B., ÖZDEMİR, F., TÜMAY, İ. ve TORUNOĞLU, E., 1997. Ve Kirlendi Dünya. Özgür Üniversite Kitaplığı:3 Öteki Yayınevi, Ankara, s: 520.
- DE-MALACH, Y., PASTERNAK,D., TWESKY, M. and BOROVİS, I., 1978. Irrigation of Sugarbeet with Brackish Waters. *Itasadeh*, 59: 418-424.
- DEĞİRMENCİ, V. ve SÖZBİLİCİ, Y., 1995. GAP Bölgesinde Harran Ovası Koşullarında Biberin Sulama Programı. *Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996*.
- DOORENBOS, J. and PRUITT W. O., 1992. Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper*, FAO, Roma, 24.
- DUTT, G.R., PENNINGTON, D.A. and TURNER, F.Jr., 1984. Irrigation as Solution to Salinity Problems of River Basin. Ed: French, F.R. *Salinity in Water Courses and Reservoirs*, pp. 465-472. Ann. Arbor Science, Michigan.
- DSİ., 1971. Güneydoğu Anadolu Projesi, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- DSİ., 1980. Güneydoğu Anadolu Projesi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- DSİ, 2001. Şanlıurfa Harran Ovası Drenaj ve Tuzluluk Sorunları İnceleme Raporu, DSİ XV. Bölge Müdürlüğü.
- DSİ, 2003. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü 2003 Takdim Raporu.
- ERÖZEL, Z., 1993. Sulama Suyu Kalitesinin Kuru Fasulye Verimine Etkisi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 1333, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: No: 738. 50 s.
- ERÖZEL, A.Z. ve ÖZTÜRK, A., 1996. Farklı Sulama Suyu Tuzluluk Düzeyleri ve Tabansuyu Derinliklerinin Havuç Verimine ve Toprak Tuzluluğuna Etkisi. Ankara Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. Cilt: 2(3): 91-97.
- EYLEN, M., KANBER, R. ve TOK, A., 1986. Çukurova koşullarında Karık ve Damla Sulama Yöntemleri ile Sulanan Çileğin Verim ve Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları 135. 39 s. Tarsus.
- FALKERMARK, M. and ROCKSTROM, J., 1993. Curbing Rural Exodus from Tropical Drylands. AMBIO-0122, No: 71993.
- FLOWERS, T.J., FLOWERS, S.A., YEO, A.R., CUARTERO, J., BOLARIN, M.C., PEREZ ALFOCEA, F., GHAIBEH, A., GILANI, A., ARSLAN, A., MALASH, N.M.R. and RAGAB, R., 2003. Saltmed: A Summary of the Project. Sustainable Strategies for Irrigation in Salt Prone Mediterranean Region: A System Approach Proceedings of an International Workshop, Cairo, Egypt, 8-10 December, pp. 9-18.
- FRENKEL, H. and SHAINBERG, I., 1975. Irrigation with Brackish Water: Chemical and Hydraulic Changes in Soils Irrigated with Brackish Water Under Cotton Production. Irrigation with Brackish Water Int. Sym. Beer Sheva, Isreal, Negev Univ. Press, Jerusalem, s: 175-183.
- GOMEZ, I., NAVARRO, P., MORAL, R., IBORRA, R., PALACIOS, G. and MATAIX, J., 1996. Salinity and Nitrogen Fertilization Affecting the Macronutrient Content and Yield of Sweet Pepper Plants. Journal of Plant Nutrition, 19 (2): 353-359.
- GUPTA, I.C. and YADAV, J.S.P., 1986. Crop Salt Tolerance to Saline Irrigation Water. Soil Sci. Soc. Indian j., 34: 379-386.
- HANKS, R.J., SLLIVAN, T.E. and HUNSAKER, V.E., 1977. Corn and Alfalfa Production as Influenced by Irrigation and Salinity. Soil Sci. Amer. Proc. 41: 607-611.
- HAMDY, A., 1988. Research Work at Bari Institute for Re-Use of Low Quality Water and Its Impact on Soil and Plants. International Seminar, pp. 16-21, January, Egypt
- HOFFMAN, G.J.,CATLIN, P.B., MEAD, R.M., JOHNSON, R.S., FRANCOIS, L.E. and GOLDHAMER, D., 1988. Yield and Foliar Injury Responses of Mature Plum Trees. Irr. Sci., 10: 215-229.
- HOFFMAN, G.J., LETEY, J.D. and SHENG, F., 1990. Salinity Management (Management of Farms Irrigation Systems. Edit by HOFFMAN, G.J. ve ark.), Monograph, pp. 666-710, St Joseph-Michigan.
- HOWELL, T.A., CUENCA, R.H. and SOLOMON, K.H., 1990. Crop Yield Response Management of Farm Irrigation Systems (Ed. Hoffman ve ark.). ASAE,312 p.

- JAMES, D.W., HANKS, R.J. and JURINAK, J.J., 1982. Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons, N.Y. pp. 235.
- JENNINGS, D.H., 1968. Halophytes Succulence and Sodium Plant a Unified Teory. *Physiol. Journal*, 67: 899-991.
- JENSEN, M.E., RANGLEY, W.R. and DIELEMAN, P.S., 1990. Irrigation Trends in World Agriculture in Irrigation of Agricultural Crops Am. Soc. of Agron. pp. 31-67, Madison, Wisconsin.
- KADAYIFÇI, A., TUYLU, G. İ. ve UÇAR, Y., 2004. Sulama Suyu Tuzluluğunun Soğan Bitkisinin Yumru Verimi, Bitki Su Tüketimi ve Toprak Profili Üzerine Etkileri. *Ankara Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*. Cilt: 10(1): 45-49, Ankara.
- KANBER, R., 1977. Çukurova Koşullarında Bazı Toprak Serilerinin Değişik Kullanılabilir Nem Düzeylerinde Yapılan Sulamaların Pamuğun Verim ve Su Tüketimine Etkileri Üzerinde Bir Lizimetre Araştırması (Doktora Tezi). TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları. Tarsus, 78 (33).
- KANBER, R., KIRDA, C. ve TEKİNEL, O., 1992. Sulama suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Zir. Fak. Gen. Yay. No: 21. Ders Kitapları Yay. No: 6 Adana. 277 s.
- KANBER, R., KÖKSAL, H., ÖNDER, S. ve EYLEN, M., 1994. Farklı sulama Yöntemlerinin Genç Portakal Ağaçlarında Verim, Su Tüketimi ve Kök Gelişimine Etkileri. *J. of Agriculture and Forestry* 20, s. 163-172.
- KARATA, H., 1991. Urfa-Harran Ovası Sulama Rehberi. KHGM Şanlıurfa Araş. Ens. Yayınları. Genel Yay. No: 10, Şanlıurfa.
- KEREN, R. and SHAINBERG, I., 1978. Irrigation with Sodic and Brackish Water and Effect on Soil and on Cotton Fields. *Hassade, Israel*. 58: 963-976.
- KIJNE, J.W. ,1998. Yield response to moderately saline irrigation water: implications for feasibility of management changes in irrigation systems for salinity control. *Journal of Applied Irrigation Science* 33: 249-277.
- KOVDA, V.A., BERG, C.V. and HAGAN, R.M., 1973. Irrigation Drainage and Salinity. An International Source Book. FAO/Unesco. pp.509.
- KREIJ, C., 1999. Production, Blossom-End Wet, and Cation Uptake of Sweet Pepper as Affected by Sodium, Cation Ratio, and EC of the Nutrient Solution. *Graterbauwissens Chaft*, 64 (4): 158-164.
- LECHNO, S., ZAMSKİ, E. and TEL-OR, E., 1997. Salt Stres Induced Responses in Cucumber Plants. *J. Plant Physiol.*, 150: 206-211.
- LEONE, A.P., MENENTI, M. and SORRENTINO, G., 2001. Reflectance Spektrometry of Study Crop Response to Soil Salinity. *Ital. J. Agron.* 4, (2): 75-85.
- LEVITT, J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume II, 2nd ed. Academic Press, New York. pp.607.
- LEVY, D., 2000. Aspects of Irrigation and Cultivar Resistance to Drought and Salinity in Israel. *World Potato Congress: Proceedings of the Fourth World Potato Congress, Amsterdam, The-Netherlands, 4-6-September, 2000*; pp. 242-244
- MAAS, E.V., CLARK, R.A. and FRANCOIS, L.E., 1982. Sprinkler Induced Foliar Injury to Pepper Plants: Effects of Irrigation Frequency, Duration and Water Composition. *Irrigation-Science*; 3(2): 101-109.
- MAAS, E.V., 1984. Crop Tolerance. *Calif. Agric.*, s:20-21.

- MAAS, E.V. and HOFFMAN, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance- Current Assessment. J. Irrig. and Drain Div. ASCE, 103 (IR2): 115-134.
- MAAS, E.V., 1990. Crop Salt Tolerance. Ed: K.K. Tanji, Agricultural Salinity Assessment. pp. 263-304.
- MALASH, N.M., FLOWERS, T.J. and RAGAB, R., 2003. Effect of Irrigation Systems and Water Management Practices Using Saline and Non Saline Water on Tomato Production. Sustainable Strategies for Irrigation in Salt Prone Mediterranean Region: A System Approach Proceedings of an International Workshop, Cairo, Egypt, 8-10 December, pp. 19-32.
- MEDEIROS, J. F., CRUCIANI, D.E., FOLEGATTI, M. V. and MIRANDA, N. O., 2002. Salinity Tolerance of Pepper Grown Under Protected Conditions. Engenharia-Agricola. 22(2): 200-210.
- MEIRI, A. and PLAUT, Z., 1985. Crop Production and Management Under Saline Conditions. Plant and Soil, 89: 253-271.
- MINHAS, P.S., SHARMA, D.R. and KHOSLA, B.K., 1990. Mungbean Response to Irrigation with Waters of Different Salinities. Irrig. Sci., 11: 57-62.
- MIYAMOTO, S., MOORE, J. and STICHLER, C., 1984. Overview of Saline Water Irrigation in Far West Texas In: Water Today and Tomorrow.
- MIZRAHI, Y. and PASTERNAK, D., 1985. Effect of Salinity on Quality of Various Agricultural Crops. Plant and Soil, 89: 301-307.
- MORENO, M.M., RIBAS, F., MORENO, A. and CABELLO, M.J., 2003. Physiological Response of a Pepper (*Capsicum annuum* L.) Crop to Different Trickle Irrigation Rates. Spanish Journal of Agricultural Research; 1(2): 65-74.
- NAVARRO, J.M., GARRIDO, C., MARTINEZ, V. and CARVAJAL, M., 2003. Water Relations and Xylem Transport of Nutrients in Pepper Plants Grown Under Two Different Salts Stress Regimes. Plant Growth Regulation; 41(3): 237-245
- NERSON, H. and PARIS, H. S., 1984. Effects of Salinity on Germination, Seedling Growth, and Yield of Melons Irrigation. Science- 5: 265-273.
- ÖDEMİŞ, B., 2001. Farklı Nitelikteki Sulama Sularının ve Yıkama Oranlarının Pamuk Bitkisinin Değişik Gelişme Dönemlerindeki Etkilerinin İrdelenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. Tar. Yap. Ve Sulama Anabilim Dalı. 131 s. Adana.
- ÖZKALDI, A., BOZ, B. ve YAZICI, V., 2004. GAP'ta Drenaj Sorunları ve Çözüm Önerileri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s: 97-106.
- ÖZTÜRK, A., 2002. Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Tuzlu ve Normal Suların Patlıcan Bitkisinin Bazı Özelliklerine ve Toprak Tuzluluğuna Etkisi. S. Ü. Zir. Fak. Dergisi- 16 (30): 14-20.
- ÖZTÜRK, A. ve ERÖZEL, A.Z., 1994. Sulama Suyu Kalitesi ve Tabansuyu Derinliğinin Bitki Verimlerine Etkisi. DSİ Teknik Bülteni, 81: 55-60, Ankara.
- PALI WAL, K.V. and YADAV, B.R., 1976. Effect of Different Qualities of Irrigation Water on the Yield of Wheat in Sandy Loam Soil. Indian Argon. Jour., 23: 334-336.
- PARK, C.S. and O'CONNOR, G.A., 1980. Salinity Effects on Hydraulic Properties of Soil. Soil Sci. 130 (3): 167-174.

- PASCALE, S., RUGGIERO, C., BARBIERI, G. and MAGGIO, A., 2003. Physiological Responses of Pepper to Salinity and Drought. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 128(1): 48-54
- PASCALE, S., MAGGIO, A. and BARBIERI, G., 2005. Soil Salinization Affects Growth, Yield and Mineral Composition of Cauliflower and Broccoli. *Europ. J. Agronomy* 23: 254–264
- PUNTAMKAR, S.S., KANT, K. and MATHUR, S.K., 1988. Effect of Saline Soil Water Irrigation on Soil Properties. *Transaction of Indian Society of Desert Technology*, No:2, pp. 69-72, India.
- RAVINA, I., 1989. Saline Soils. Ed; Finkel, H.J. *CRC Handbook of Irrigation Technology*. 1: pp. 79-91.
- RHOADES, J.D., 1972. Quality of Water for Irrigation. *Soil Science*, 113: 227-284.
- RHOADES, J.D., KANDIAH, A. and MASHALI, A.M., 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production. *FAO*, 48, pp: 133 Rome.
- RHOADES, J.D., 1993. Electrical Conductivity Methods for Measuring and Mapping Soil Salinity. *Adv. Argon.* 49: 201-251.
- ROBINSON, S.P., DOWNTON, W.J.S. and MYLLHOUSE, J. A., 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. *Agric. Biochem. Biology*. 228: 197-206.
- ROYO, A., ARAGUES, R., PLAYAN, E. and ORTIZ, R., 2000. Salinity Grain Yield Response Functions of Barley Cultivars Assessed with a Drip-Injection Irrigation System. *Soil Science Society of America-Journal*; 64(1): 359-365.
- RUSSO, D., 1987. Lettuce Yield Irrigation Water Quality and Quantity Relationships in a Gypsiferous Desert Soil. *Agronomy Journal*; 79(1): 8-14.
- RUSSO, D. and BAKKER, D., 1987. Crop Water Production Functions for Sweet Corn and Cotton Irrigated with Saline Waters. *Soil Science Society of America Journal*; 51(6): 1554-1562.
- SEEMAN, J.R. and CRITCHLEY, C., 1985. Effect of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt sensitive species. *Phaseolus vulgaris L. Planta*, 164: 151-162.
- SHAINBERG, M., 1975. Influence of Soil Salinity on Production of Dry Matter and Uptake and Distribution of Nutrient in Corn. *Argon. J.*, 5: 62, 43-45.
- SHALHEVET, J., 1994. Using Water of Marginal Quality for Crop Production: Major Issues. *Agric. Water Manag.* 25: 233-269.
- SHARMA, D. P., 1980. Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. *Curr. Agr.* 4, pp. 79-82.
- SHAW, R.J. and THORNBURN, P.J., 1986. Prediction of Leaching Fraction from Soils Properties, Irrigation Water and Rainfall. *Irrig. Sci.* 6: 73-83.
- SHINJYO, A., ARAGAKI, M. and KAJISA, T., 1994. Changing of Electric Conductivity in Tomato Culture Solution and Reciprocal Relationship between Concentration of Inorganic Components and Transpiration Rate. *Trans. Jpn. Soc. Irrig. Drain. Reclam. Eng.* 171, pp. 137–144 (C. F. Hort. Abstr. 65, 7102).
- SLEZAK, K., TERBE, I., KAPPEL, N. and TOTH, K., 2002. Salt Tolerance of Sweet Pepper Seedlings. *International Journal of Horticultural Science*. 8(2): 62-66.

- SMADEMA, L.K. and RYCRAFT, D.W., 1983. Salinisation due to Irrigation. Pp. 261-279, Land Drainage. Batsford Academic and Educational Ltd., London.
- SOMANI, L.L., 1991. Crop Production with Saline Water. pp.305 India.
- SÖNMEZ, B., 1995. Değişik Tuzluluk ve SAR Değerlerine Sahip Suların Toprak Tuzluluğu ve Sodyumluluğu ile Domates Bitkisinin Gelişimine ve Verimine Etkileri. Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yay. No: 202. Ankara.
- SPARKS, D.L., 1996. Environmental Soil Chemistry. A New Castle University Library. Academic Pres. pp. 259.
- STEWART, J.L., HAGAN, R.M. and PRUITT, W.O., 1976. Salinity Effects on Corn Yield Evapotranspiration Leaching Fraction and Irrigation Efficiency in Managing Saline Water for Irrigation. Proc. Int. Salinity Conf., Lubbock TX, pp. 316-332.
- ŞENER, S., 1993. Ege Bölgesinde Lizimetre Koşullarında Değişik Kalitedeki Sulama Sularının Pamuk Verimine ve Toprak Tuz Dengesine Etkileri. K. H. Menemen Araş. Ens. Yay. No: 192.
- TANNER, O.B. and SINCLAIR, T.R., 1983. Efficient Water Use in Crop Production; Research Limitation to Efficient Water Use in Crop Production. Ed. By H.M. Taylor ve Ark., ASA; CSSA, SSSA Pub., Madison, Wisconsin, pp. 1-25.
- TAŞ, İ., 2002. Şanlıurfa Biberinin Sulama Aralığı ve Su Tüketiminin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniv. Fen Bil. Enst. Tar. Yap. ve Sulama Anabilim Dalı. Şanlıurfa.
- TOPRAKSU, 1980. Türkiye Arazi Varlığı. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- USSLS, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60, USA, 160 p.
- VANDERBEEK, J.G. and LTIFI, A., 1991. Evidence for Salt Tolerance in Pepper Varieties in Tunisia. Euphytica, 57: 51-56.
- VAN GENUCHTEN, M. TH., 1983. Analysing Crop Salt Tolerance Data: Model Description and Users Manual Research Report No:120, 50p., United States, Dep. Of Agriculture Service, U.S. Salinity Laboratory, Riverside, California.
- VAN GENUCHTEN, M. TH. and HOFFMAN, G.J., 1983. Analysis of Crop Salt Tolerance Data. Ed: Shainberg, I., Shalhevet, J. Soil Salinity Under Irrigation, pp. 258-272.
- VAN HOORN, J.W. and VAN AART, R., 1980. The use of Saline Water for Irrigation, Land Reclamation and Water Mangement. pp. 148.
- VAN SCHILFGAERDE, J., BERNSTEIN, L., RHOADES, J.D. and VERAWLINS, S.L., 1974. Irrigation Management for Salt. J. Irrig. Drain. Div. ASCE, 100 (IR3): 321-338.
- VILLORA, G., MORENO, A., PULGAR, G. and ROMERO, L., 2000. Yield Improvement in Zucchini Under Salt Stres: Determining Micronutrient Balance. Scientia Horticulture 86: 175-183.
- WAKER, S.W. and SKOGERBOE, G.V., 1987. Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 375.
- WANG, D., POSS, J.A., DONOVAN, T.J., SHANNON, M.C. and LESCH, S.M., 2002. Biophysical Properties and Biomass Production of Elephant Grass Under Saline Conditions. Journal of Arid Environments; 52(4): 447-456.
- WIEN, H.C., 1997. The Physiology of Vegetable Crops. CAP International. The Cambridge Uni., in Pres, UK., pp. 259-293.

- WU, L., GUO, X. and HARIVANDI, A., 2001. Salt Tolerance and Salt Accumulation of Landscape Plants Irrigated by Sprinkler and Drip Irrigation Systems. *Journal of Plant Nutrition*; 24(9): 1473-1490.
- YEŞİLİSOY, M.Ş., 1992. Toprak Bitki Su İlişkileri. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Ders Kitabı No: 126. 144 p.
- YILMAZ, K, AKINCI, I. E. and AKINCI, S., 2004. Effect of Salt Stress on Growth and Na, K Contents of Pepper in Germination and Seedling Stages. *Pakistan Journal of Biological Sciences*.7(4): 606-610
- YUNUSA, I.A.M., WALKER, R.R. and BLACMORE, D.H., 1997. Characterization of Water Use by Sultana Grapevines on Their Own Roots or on Ramsey Rootstock Drip Irrigated with Water of Different Salinities. *Irrig. Sci.* 17: 77-86.
- YURTSEVEN, E. ve BARAN, H. Y., 1998. Sulama Suyu Tuzluluğu ve Su Miktarlarının Brokolide Verim ve Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. A. Ü. Fen Bil. Ens. Tar. Yap. ve Sulama Anabilim Dalı.
- YURTSEVEN, E., 2004. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Kavramı ve Prensipleri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s: 17-48.
- ZARTMAN, R.E. and GICHURU, M., 1984. Saline Irrigation Water: Effects on Soil Chemical and Physical Properties. *Soil Science*, 138 (6): 417-422.

ÖZGEÇMİŞ

Burdur ilinin Bucak ilçesinde 1981 yılında doğdu. Lise öğrenimini 1998 yılında Ankara Ev Ekonomisi Meslek Lisesinde tamamladı. Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde 2000 yılında teknisyen olarak göreve başladı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 2003 yılında mezun oldu. Daha sonra 2004–2005 yıllarında GAP Eğitim Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yaptı ve 2005'in Ekim ayından itibaren Isparta Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde görevine devam etmektedir.

ÖZET

Bu araştırmada, farklı nitelikteki sulama sularının biberde verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada bitkisel verimin, tuzluluktan etkilenmeye başladığı eşik değerin saptanması amaçlanmış ve sulama suyu tuzluluğunun toprakta tuz yığılmasını üzerine etkileri belirlenmiştir.

Deneme 2005 yılında GAP Eğitim Yayım ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü arazisinde yürütülmüştür. Deneme yeri toprakları yüksek kil bünyeli olup, tuzluluğu 0.30 dSm^{-1} dolayındadır.

Araştırmada yörede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve isot olarak adlandırılan Urfa yerli biber (*Capsicum annum* L.) kullanılmıştır. Sulamalar damla sulama sistemi ile yapılmış ve sulama suyu araştırma alanında bulunan derin kuyudan sağlanmıştır. Aynı zamanda kontrol konusunu oluşturan bu suyun tuzluluk değeri $0.55-0.57 \text{ dSm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Araştırmada kullanılan diğer tuzlu sulama sularının bileşimi, gübre tanklarına NaCl tuzu eklenerek sağlanmıştır. Deneme konularına uygun miktardaki tuz gübre tankı içerisinde eritilerek sisteme ilavesi yapılmış ve her sulamada aynı işlemler tekrarlanarak istenilen bileşimde sulama suları elde edilmiştir.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak düzenlenmiştir. Deneme konularını, sulama sularının farklı tuz düzeyleri oluşturmaktadır. Bunun için beş farklı tuz düzeyi ($0.5, 1.5, 3.0, 6.0, 9.0 \text{ dSm}^{-1}$) belirlenmiştir.

Dikimden sonra fide kök sistemi gelişinceye kadar, fidelerin tutmasında ortaya çıkabilecek sakıncaları önlemek için tüm konulara normal sulama suyu uygulanmıştır. Bitkilerin araziye uyumu sağlandıktan sonra deneme konularına göre sulamaya devam edilmiştir. Sulama suyu miktarı, araştırma alanı içindeki Class A Pan'dan oluşan buharlaşma değerinin $K_{pc} = 1.0$ katı olacak şekilde belirlenmiştir. Daha sonra bu değer bitki örtüsü yüzdeleri ile düzeltilmiştir. Deneme boyunca sulama aralığı sabit tutulmuş ve bitkiler haftada iki kez sulanmıştır.

Sulama suyunun tuz içeriğine bağlı olarak toprakta tuz birikimi de farklı olmuştur. Toprak tuzluluğu, sulama suyu tuzluluğunun en yüksek olduğu T₄ konusunda 13.44 dSm⁻¹'ye yükselmiştir. Tuz birikimi sulama suyunun tuzluluğu düştükçe azalmış ve kontrol konusunda 1.64 dSm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ayrıca üst toprakta daha fazla tuz birikimi oluşmuştur. Ortalama toprak tuzluluğu ile sulama suyu tuz değerleri arasında ise, $EC_e = 1.50EC_w + 0.82$, ($R^2 = 0.97$) eşitliği ile gösterilen bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Artan tuzluluk bitki su tüketiminin de azalmalara neden olmuştur. En yüksek su tüketimi 660 mm ile T₀ konusunda, en düşük ise 578 mm olarak T₄ konusunda gerçekleşmiştir. Diğer konular bunların arasında sıralanmışlardır. Ayrıca denemede sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında $ET = 635.6 EC_w^{-0.046}$ ($R^2 = 0.98$) eşitliği ile tanımlanabilen bir ilişki bulunmuştur. Toprak tuzluluğu ile bitki su tüketimi arasında ise $ET = 667.04 EC_e^{-0.057}$ ($R^2 = 0.92$) eşitliği ile ifade edilen bir ilişki elde edilmiştir.

Denemede elde edilen verim değerleri konulara göre değişiklik gösterirken, en yüksek verim T₀ konusunda, 3334 kg/da, en düşük verim ise sulama suyu tuzluluğu en yüksek olan T₄ konusunda, 2286 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Verimdeki düşmeler sulama suyu tuzluluğunun belli bir düzeyine kadar önemsizdir. Bu noktadan sonra tuz artışına bağlı olarak verimde azalışlar olmuştur. Tuz uygulaması yapılmayan T₀ (3334 kg/da) konusu ile T₁ (3226 kg/da) ve T₂ (3187 kg/da) konularının verimlerinde farklılık görülmezken, T₃ konusundan itibaren verimde önemli azalmalar görülmüştür. Sulama suyu elektriksel iletkenliğinin 9.0 dSm⁻¹ olduğu T₄ konusunda verimde yaklaşık olarak %31'lik bir azalma olmuştur.

Sulama suyu tuz konsantrasyonu ile verim arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiş ve $Y = -150.06 EC_w + 3679.7$ ($R^2 = 0.67$) eşitliği elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre sulama suyu tuzluluğu eşik değerinin, $ct = 2.30$ dSm⁻¹ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

Elde edilen verimlerle hasat dönemi toprak suyu tuzluluğu arasında; $Y = -88.547EC_e + 3652.4$ ($R^2 = 0.55$) eşitliği elde edilmiştir. Eşitliğe göre Y₀ değeri 3652.4 olarak kabul edilmiş ve ortalama maksimum verim de 3334 kg/da olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerden yararlanılarak biber için verimin

azalmaya başladığı toprak suyu tuzluluk eşik değerinin $ct= 3.60 \text{ dSm}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

Denemede elde edilen tuzluluk eşik değerlerinin daha yüksek olması, damla sulama sisteminin kullanılmasından ve sık sulama ile toprağın sürekli düşük bir ozmotik potansiyel düzeyinde tutulmasından ileri gelmiştir.

Toplam su kullanım randımanı (WUE) en yüksek T_2 konusunda 5.19 kg/da/mm ve en düşük T_4 konusunda 3.96 kg/da/mm olarak belirlenmiştir. Yüksek ET düzeylerinde küçük su kullanım randımanları elde edilmesi, verim artışının bitki su tüketimindeki artış oranında gerçekleşmediğinden kaynaklandığı söylenebilir. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), en yüksek T_0 konusunda 4.94 kg/da/mm ve en düşük T_4 konusunda 3.39 kg/da/mm olarak belirlenmiştir.

Deneme sonunda yapılan ölçümler, bitki boy değerlerinin 49 ile 73 cm, bitki gövde çaplarının ise 12.95 ile 16.96 mm arasında değiştiğini göstermiştir. Sulama suyu ve dolayısıyla toprak tuzluluğu arttıkça bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenmiştir.

Yine aynı şekilde sulama suyu tuzluluğunun düşük olduğu konularda meyve kalite özelliklerine ilişkin değerlerin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ortalama meyve ağırlığı 20.25 ile 40.89 g, ortalama meyve çapı 37.80 ile 46.89 mm ve ortalama meyve uzunluğu 9.95 ile 13.23 cm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Artan tuzluluk bitki gelişimini ve dolayısıyla meyve gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle tuzluluk eşik değerinin yukarıdaki tuzluluklarda bu etkilenme çok daha belirgin olmaktadır.

Denemede tuzluluğun, bitkinin fizyolojik özellikleri üzerine olan etkileri de incelenmiş ve genel olarak tuz düzeyinin artışının yaprak sıcaklığının artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Özellikle tuzluluğun en yüksek olduğu T_4 konusunda diğer konulara kıyasla, yaprak sıcaklığı daha yüksek olarak belirlenmiştir. Biberde yaprak oransal su kapsamı, sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak azalmıştır. En yüksek YOSK değeri T_0 konusunda %82.14 olarak gerçekleşirken, en düşük YOSK değeri T_4 konusunda %68.92 olarak gözlemlenmiştir.

Bitkilerde artan tuzluluğun klorofil kaybına da neden olduğunu belirlenmiştir. Denemede en yüksek duyarlılık $0-3 \text{ dSm}^{-1}$ arasında görülmüştür. Yine aynı şekilde biomass artan tuzlulukla azalmış ve en yüksek biomass değeri T_0 konusunda 464.8

g/bitki olarak gerçekleşirken, en düşük T_4 konusunda 243.7 g/bitki olarak gözlemlenmiştir.

Sonuçta, Harran Ovasında damla sulama yöntemiyle tuzluluğu $EC_w=2.30$ dSm^{-1} olan sulama suları ile belli bir dereceye kadar biber bitkisi yetiştirilebilmekte ve tuzsuz koşullara göre verim kaybı olmamaktadır. Ancak tuzlu sular kullanılırken bir takım önlemlerinde alınması gerekmektedir. Özellikle sulama yöntemi ve sulama aralığı gibi seçilecek işletim biçimleri bitkinin tuza dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir.

SUMMARY

In this study, the effects of the irrigation water with different qualities on pepper's yield and yield compounds were searched. On the other hand, determination of the threshold value which the herbal output began to be effected by saltiness was aimed and the effects of the irrigation water on the accumulation of salt in the soil profile were determined.

The experiment was carried out on the land belonging to GAP Training Extension and Research Center. The land on which the experiment was carried out had a clayey structure and its salinity was about 0.30 dSm^{-1} .

In this study Şanlıurfa domestic pepper which was called isot (*Capsicum annum* L.) and was widely cultivated in Harran Plain was used. Irrigation was fulfilled with drip irrigation system and the irrigation water was obtained from the deep well in the experiment area. And also, the salinity value of the water which constituted the control issue was measured as $0.55\text{-}0.57 \text{ dSm}^{-1}$. The composition of the other salty irrigation water used in the study was obtained by adding NaCl salt into the fertilizer tanks. The salt amount of which was proper for the experiment issues was added to the system by having been dissolved and irrigation water with an expected composition was obtained by applying the same processes to every water.

Randomized parcels for the experiment was arranged as 3 replications according to the experiment pattern. Experiment issues consisted of the different salt levels of irrigation water. Five different levels (0.5, 1.5, 3.0, 6.0, 9.0 dSm^{-1}) was determined for the process.

Until the root system of the seedling planted developed, irrigation water was applied to all subjects in order to prevent the deficiencies which would occur in the process of taking root of the seedlings. After the adaptation of the plants to the land was fulfilled, irrigation continued. Irrigation water amount was determined in the way that it would be $K_{pc} = 1.0$ multiple of the evaporation value occurring from Class A Pan in the experiment area. Later, this value was corrected by canopy cover

percentages. Throughout the experiment, the irrigation interval stabilized and the plants were watered two times a week.

Salt accumulation in the soil different related to the salt content of the irrigation water. Soil salinity increased to 13.44 dSm^{-1} at which the irrigation water salinity was at it, highest point on the T_4 subject. Salt accumulation diminished as the salinity of the irrigation water decreased and it was determined as 1.64 dSm^{-1} on the control subject. However, there more salt accumulation occurred in the top soil. It was determined that there was a relationship which was indicated by the equality of $ECe = 1.50ECw + 0.82$, ($R^2 = 0.97$) between the average salinity of soil and the salt value of the irrigation water.

The increasing salinity caused evapotranspiration decrease. The highest water consumption occurred with a level of 660 mm in T_0 subject and the lowest occurred with a level of 578 mm in T_4 subject. Other subject ranged between this two. Moreover, in the experiment, a relationship that could be identified by an equality of $ET = 635.6 ECw^{-0.046}$ ($R^2 = 0.98$) was found between irrigation water salinity and water consumption of the plant. But, between soil salinity and water consumption of plant, a relationship with an equality of $ET = 667.04 ECe^{-0.057}$ ($R^2 = 0.92$) was determined.

While the yield values obtained in the experiment different according to the subjects, the highest yield in T_0 subject occurred as 3334 kg/da and the lowest yield in T_4 subject irrigation water salinity of which was the highest occurred as 2286 kg/da. The decrease in the yield wasn't important until a certain level of the irrigation water salinity. After this point, according to the salt increase, the yield decreased. While there was no difference in the yields of the subject T_0 (3334 kg/da) to which salt wasn't applied and the subjects T_1 (3226 kg/da) and T_2 (3187 kg/da), important decreases were seen in the subject T_3 . On the subject where the electrical conductivity of irrigation water was 9.0 dSm^{-1} , there occurred an approximately decrease of 31% in the yield.

The relationships between salt content belonging to the irrigation water and yield was determined by regression analyses. And also a regression equation which was expressed in $Y = -150.06 ECw + 3679.7$ ($R^2 = 0.67$) was determined. The threshold value of the irrigation water was calculated as 2.30 dSm^{-1} .

A regression equation which was expressed in $Y = -88.547ECe + 3652.4$ ($R^2 = 0.55$) between salt content belonging to the soil water and yield was determined. According to the equation obtained the value of Y_0 as 3652.4 and also maximum average yield as 3334 kg/da. The threshold value of the soil water was calculated as 3.60 dSm⁻¹.

The salinity threshold value obtained in the experiment was higher because the drip irrigation system was used and with frequent irrigation the soil was made to remain at low osmotic potential level constantly.

The total water use efficiency was determined at its highest on T_2 subject as 5.16 kg/da/mm and at its lowest on T_4 subject as 3.96 kg/da/mm. It can be said that obtaining low water use efficiency at high ET levels could result from yield increase's not occurring in the same level as the water consumption increase. Irrigation water use efficiency (IWUE) was determined at its highest on T_0 subject as 4.94 kg/da/mm and at its lowest on T_4 subject as 3.39 kg/da/mm.

Measurements carried out at the end of the experiment showed that plants height values ranged between 49 and 73 cm, and plant's trunk diameter values ranged between 12.95 and 16.96 mm. As the salinity of irrigation water and soil increased, the development of the plant was affected badly.

In a similar way, on the subjects where the irrigation water salinity was low, it was determined that values related to fruit quality features were better. It was observed that average fruit weight ranged between 20.25 and 40.89 g, and average fruit diameter was between 37.80 and 46.89 mm and average fruit length was between 9.95 and 13.23 cm. The increasing salinity affected the plant and fruit maturing badly. This being affected was much more obvious at the salinity levels that were above the salinity threshold value.

In the experiment, the effects of the salinity on the plant's physiological characteristics were studied and generally, it was determined that the increase in the salt level caused an increase in the leaf's temperature. Especially in the T_4 subject on which the salinity was its highest, the leaf temperature was determined higher when compared to the other subjects. Leaf water potential in pepper diminished related to the increase of the salinity of the irrigation water. While the highest leaf water potential

value on the T₀ subject occurred as 82.14%, the lowest value on the T₄ subject occurred 68.92%.

It was also determined that in the plants the increasing salinity caused chlorophyll loss. In the experiment the highest sensitivity was seen as between 0-3 dSm⁻¹. And in the someway, biomass decreased with the increasing salinity, and while the highest biomass value on T₀ subject occurred as 464.8 g/plant, the lowest on T₄ subject was determined as 243.7 g/plant.

Consequently, pepper plant can be grown to a certain extent by using irrigation water salinity of which is EC_w= 2.30 dSm⁻¹ with the drip irrigation method in Harran Plain, and there occur no yield loss when compared to the conditions without salt. But while using the salty water, some precautions must be taken. Especially the management methods to be chosen such as irrigation method and irrigation interval affect the endurance of the plant to the salt.