

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Harun KAMAN

**GELENEKSEL KISINTILI VE YARI ISLATMALI SULAMA
UYGULAMALARINA BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM TEPKİLERİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL KISINTILI VE YARI ISLATMALI SULAMA
UYGULAMALARINA BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM TEPKİLERİ

Harun KAMAN

DOKTORA TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez, 23 / 01 / 2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

İmza.....	İmza.....	İmza.....
Prof. Dr. Cevat KIRDA	Doç. Dr. Sevilay TOPÇU	Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

İmza.....	İmza.....
Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN	Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
ÜYE	ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: ZF2004D2

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.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

GELENEKSEL KISINTILI VE YARI ISLATMALI SULAMA UYGULAMALARINA BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM TEPKİLERİ

Harun KAMAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Cevat KIRDA

Yıl: 2007, Sayfa: 127

Jüri : Prof. Dr. Cevat KIRDA

: Doç. Dr. Sevilay TOPÇU

: Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN

Bu araştırma, üç sulama programı altında beş mısır çeşidinin verim tepkilerini belirlemek amacıyla bir tarla çalışması olarak yapılmıştır. Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2004 ve 2005 yetiştirme mevsiminde yürütülmüştür. Araştırmada: (1) Tam sulama (TS), A-Sınıfı buharlaşma kabına göre hesaplanan, bitkinin gereksindiği sudan kısıntı yapılmaksızın uygulanan kontrol konusu; (2) Yarı ıslatmalı sulama (YIS), TS konusuna uygulanan su miktarının %65'inin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanan sulama konusu ve (3) Geleneksel kısıntılı sulama (KS), TS konusuna uygulanan su miktarının %65'inin bitki köklerinin her iki tarafına uygulandığı geleneksel kısıntılı sulama konusu olmak üzere üç sulama konusu ele alınmıştır. Bitki materyali olarak P.31.G.98, P.3394, Rx:9292, Tector ve Tietar mısır çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma dört yinelemeli olarak bölünmüş parseller deneme deseninde kurulmuş ve sulama uygulamaları damla sulama yöntemiyle yapılmıştır. Sulama uygulamaları haftada bir olacak şekilde planlanmıştır. Araştırmanın her iki yılında dokuz sulama uygulaması gerçekleşmiş ve toprak su içeriği değişimi nötronmetre ile izlenmiştir. Sulama mevsimi boyunca bitki boyu, yaprak alan indeksi, kuru madde üretimi, kök yoğunluğu, yaprak su potansiyeli ölçümleri vb. gözlemler yapılmıştır. Hasatta, verim ve verim parametreleri değerlendirilmiştir. Araştırma süresince gerçekleştirilen gözlem ve ölçümleri sonucunda, mısır çeşitlerinin sulama programlarına gösterdikleri tepkilerde farklılıklar saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; sulama suyunun kıt veya pahalı olduğu koşullarda mısır bitkisi için, kısıntılı sulama uygulamasının YIS tekniği ile yapılması ve Tector veya Tietar çeşitlerinden birinin kullanılmasıyla verim avantajının elde edilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, kısıntılı sulama, kök yoğunluğu, su kullanım randımanı, yaprak su potansiyeli

ABSTRACT

Ph. D. THESIS

YIELD RESPONSE OF MAIZE GENOTYPES TO CONVENTIONAL DEFICIT IRRIGATION AND PARTIAL ROOT DRYING

Harun KAMAN

**DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Prof. Dr. Cevat KIRDA

Year: 2007, Pages: 127

Jury : Prof. Dr. Cevat KIRDA

: Assoc. Prof. Dr. Sevilay TOPÇU

: Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER

: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN

In this work, yield response of five maize genotypes to three different irrigation treatments was investigated. The field study was carried out in Departmental Research Field of Agricultural Structures and Irrigation Department, at Cukurova University, Faculty of Agriculture, Adana, during 2004 to 2005. Three irrigation treatments were included: (1) FULL irrigation (TS), the control treatment where irrigation water equivalent to Class-A pan evaporation was applied; (2) Partial root-zone irrigation (YIS) where 65% of water applied to TS was applied in every other furrow and thus wetting only one half of the root-zone which will be alternated in subsequent irrigations; (3) Conventional deficit irrigation (KS) where again 65% of water applied to TS was applied in every furrow, as was the case for TS treatment. The maize genotypes tested were P.31.G.98, P.3394, Rx:9292, Tector and Tietar. Completely Randomized Block experimental design with four replicates was used. The irrigation treatments were implemented with drip irrigation method. During two years of the study, nine irrigations took place and soil water status in plant root zone was monitored with neutron water gauge. Plant height, leaf area index, dry matter production, plant root density, leaf water potential and other measurements were carried out during each growing season. Grain yield production and other yield attributes at harvest were recorded. Response of maize genotypes to different irrigation treatments were different as evaluated with yield data and other plant parameters. The results showed that the genotypes Tector and Tietar could give significant yield advantage among the tested genotypes if and when irrigated with partial root-zone irrigation technique in areas of water scarcity.

Key Words: Maize, deficit irrigation, root density, water use efficiency, leaf water potential,

TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde, çalışmalarımın yürütülmesinde, değerlendirilmesinde ve yazımında yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cevat KIRDA'ya sonsuz şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım süresince bölüm deneme alanı ve laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan Bölüm Başkanım Sayın Prof. Dr. Rıza KANBER'e teşekkür ederim. Çalışmalarım çeşitli aşamalarında gösterdiği destek ve katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Sevilay TOPÇU ve Sayın Prof. Dr. Ahmet Can ÜLGER'e en içten şükranlarımı sunarım. Diğer Bölüm öğretim üyesi Hocalarıma, Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma, bölüm yardımcı personeline, deneme alanı ve laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Araştırma için mısır tohumu katkılarında dolayı Monsanto, Syngenta, May Tohumculuk, Pioneer üretici firmaları ile Köseoğlu Tarım'a en içten şükranlarımı sunarım. Tarım ilacı katkısından dolayı Kaman Ziraat San. Tic.'den Zir. Müh. Hamdi KAMAN ve araştırma süresince zararlılarla mücadele için yakın destek ve ilgisini esirgemeyen Arş. Gör. D.Soner AKGÜL'e teşekkür ederim. Çalışmamın çeşitli aşamalarında desteklerini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Mahmut ÇETİN, Arş. Gör. Sertan SESVEREN ve Çevre Yük. Müh. Ahmet ATLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın her aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen eşim Serap, kızım Durdu Sena ve ağabeylerime çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
EKLER DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Genel	5
2.2. Mısır Bitkisi Gelişimi ve Çeşit Farklılıkları	7
2.3. Bitki Kök Dağılımı-Yoğunluğu	12
2.4. Su-Verim İlişkileri	17
2.5. Bitkilerde Görelî Kök Kuruluşu (Yarı Islatmalı Sulama)	20
3. MATERYAL VE METOD	34
3.1. Materyal	34
3.1.1. Araştırma Yeri	34
3.1.2. İklim Durumu	34
3.1.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri	36
3.1.4. Sulama Suyu Kaynağı	37
3.1.5. Araştırmada Kullanılan Mısır Çeşitleri	37
3.2. Metod	38
3.2.1. Denemenin Düzenlenmesi ve Sulama Konuları	38
3.2.2. Toprak Hazırlığı, Ekim ve Diğer Tarımsal İşlemler	40
3.2.3. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması	42
3.2.4. Araştırmada Kullanılan Sulama Suyu	45
3.2.5. Gübreleme	46
3.2.6. Tarımsal Mücadele	46
3.2.7. Bitki Üzerinde Yapılan Gözlem ve Ölçümler	46

3.2.7.1. Bitki Boyu Ölçümleri	46
3.2.7.2. Yaprak Alanı	47
3.2.7.3. Kuru Madde Üretimi	48
3.2.7.4. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri	48
3.2.7.5. Bitki Kök Gelişimi Ölçümleri	49
3.2.8. Hasat	51
3.2.8.1. Hasat İndeksi (HI)	52
3.2.9. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (SSKR)	53
3.2.10. Bitki Su Tüketimi	53
3.2.11. Mısır Çeşitlerinde Verim Tepki Etmeni	54
3.2.12. Verilerin İstatistiksel Analizi	55
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
4.1. Mısır Çeşitlerinde Dane Verimi	56
4.2. Verim Tepki Etmeni (Ky)	60
4.3. Araştırmada Mısır Çeşitlerine Uygulanan Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı	63
4.4. Toprak Su İçeriği	67
4.5. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri	71
4.6. Mısır Çeşitlerinde Kök Dağılımı	80
4.7. Bitki Verim Parametreleri	84
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	116
EKLER	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA NO

Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü yıllara ilişkin bazı iklim verileri ve uzun yıllar (1929–1990) aylık ortalama değerleri	35
Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ...	36
Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları	37
Çizelge 3.4. Araştırmada kullanılan mısır çeşitleri	38
Çizelge 3.5. Sulama konuları ve açıklamaları	40
Çizelge 4.1. Mısır çeşitlerinden elde edilen dane verim değerlerinin varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.2. Araştırma sonucunda elde edilen dane verim ($t\ ha^{-1}$) değerleri ¹ ...	57
Çizelge 4.3. Araştırma konusu mısır çeşitlerinin mevsimlik sulama suyu miktarları (I) ve su tüketimleri (ET)	63
Çizelge 4.4. Mısır çeşitlerinden elde edilen sulama suyu kullanım değerlerinin varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.5. Araştırma yıllarında sulama konuları altında mısır çeşitlerinin sulama suyu kullanım randımanı ($kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) değerleri ¹	65
Çizelge 4.6. Araştırma yıllarında sulama konularına bağlı olarak mısır çeşitlerinden elde edilen hasat indeksi (HI) değerlerinin varyans analiz sonuçları	84
Çizelge 4.7. Araştırma yıllarında sulama konuları altında mısır çeşitlerinden elde edilen hasat indeksi (HI) (%) değerleri ¹	85
Çizelge 5.1. Verim parametrelerinin YIS ve KS altında TS'ye kıyasla azalma- artma oranı (%) ¹	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 3.1. TS, YIS ve KS konuları ve beş mısır çeşidinin bölünmüş parseller deneme deseninde tesadüfî olarak dağıtılması	39
Şekil 3.2. Mısır çeşitleri ekimi için markör ile tohum yatağının oluşturulması	41
Şekil 3.3. Mısır tohumlarının el ile ekiminin yapılması	42
Şekil 3.4. Ekimden sonra yağmurlama sulama yöntemiyle can suyu uygulaması	43
Şekil 3.5. Sulama uygulamaları için damla sulama sisteminin hazırlanması	44
Şekil 3.6. Yaprak su potansiyeli ölçüm aleti	49
Şekil 3.7. Hasattan kök örnekleme için kepçe yardımıyla çukurların açılması	50
Şekil 3.8. Kök örneklemesinin şematik planı	51
Şekil 4.1. Araştırmanın ikinci yılında (2005), YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerinin verim tepki etmeni ilişkileri. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) ölçümleri göstermektedir ($n=4$). LSD değerleri ($P=0.05$) düşey çizgilerle gösterilmiştir	62
Şekil 4.2. Araştırmanın ilk yılında sulama konuları altında mısır çeşitleri için toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2004). (Oklar sulama zamanını göstermektedir).	69
Şekil 4.3. Araştırmanın ikinci yılında sulama konuları altında mısır çeşitleri için toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2005). (Oklar sulama zamanını göstermektedir).	70
Şekil 4.4. Mevsim boyunca gün ortası yaprak su potansiyeli değişimi (2004). Düşey çizgiler LSD ($P=0.05$) değerlerini göstermekte, oklar ise sulama zamanlarını belirlemektedir.	72
Şekil 4.5. Mevsim boyunca gün ortası yaprak su potansiyeli değişimi (2005). Düşey çizgiler LSD ($P=0.05$) değerlerini göstermekte, oklar ise sulama zamanlarını belirlemektedir.	73

Şekil 4.6. Araştırmanın ikinci yılında TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 ve Tector mısır çeşitlerinde gün ortası yaprak su potansiyeli ve toprak su içeriği arasındaki ilişki (2005)	77
Şekil 4.7. 2004 yılında ekimden sonra 62. günde sulama öncesi ve 63. günde sulama sonrası TS, YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerine göre şafak vakti yaprak su potansiyeli değişimi. Düşey çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.	78
Şekil 4.8. 2005 yılında ekimden sonra 49. günde sulama sonrası ve 55. günde sulama öncesi TS, YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerine göre şafak vakti yaprak su potansiyeli değişimi. Düşey çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.	79
Şekil 4.9. Hasatta kök dağılımı (2004). Yatay çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.	82
Şekil 4.10. Hasatta kök dağılımı (2005). Yatay çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.	83
Şekil 4.11. Yaprak alan indeksinin (YAI) 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	90
Şekil 4.12. Yaprak alan indeksinin (YAI) 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	91
Şekil 4.13. Kuru madde üretiminin 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	94
Şekil 4.14. Kuru madde üretiminin 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	95
Şekil 4.15. Bitki boyunun 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	97
Şekil 4.16. Bitki boyunun 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).	98

EKLER DİZİNİ**SAYFA NO**

Şekil Ek.1. Saksı denemesinde ele alınan 10 mısır çeşidinin Tam Sulama, Eksik Sulama ve Stres Sulama konuları altında yaprak alanı değişimi (2003)	118
Şekil Ek.2. Saksı denemesinde ele alınan 10 mısır çeşidinin Tam Sulama, Eksik Sulama ve Stres Sulama konuları altında kök kuru ağırlıkları (2003)	119
Çizelge Ek.1. Saksı denemesinde ele alınan 10 adet mısır çeşidinin isimleri ve üretici firma listesi (2003)	120
Çizelge Ek.2. Araştırma yıllarında sulama konularına her sulamada uygulanan sulama suyu miktarları	121
Çizelge Ek.3. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Rx:9292 mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2004)	122
Çizelge Ek.4. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Rx:9292 mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2005)	122
Çizelge Ek.5. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2004)	123
Çizelge Ek.6. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2005)	123
Çizelge Ek.7. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2004)	124
Çizelge Ek.8. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2005)	124
Çizelge Ek.9. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2004)	125
Çizelge Ek.10. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2005) ...	125

Çizelge Ek.11. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.3394 mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2004)	126
Çizelge Ek.12. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.3394 mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2005)	126
Çizelge Ek.13. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tietar mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2004)	127
Çizelge Ek.14. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tietar mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2005)	127

1. GİRİŞ

Türkiye’de tahıl üretiminde buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer alan mısır, üretim ve tüketim alanları son yıllarda artan önemli bir kültür bitkisi. Ülkemizin birçok bölgesinde yetişebilen mısır yüksek adaptasyon yeteneğine sahiptir. Özellikle sulama yapılabilen ve ikinci ürün tarımının yaygınlaştığı bölgeler, mısır üretiminin artışında etkili olmuştur. Sulama olanağı bulunan yerlerde mısır bitkisi ikinci ürün olarak yetiştirilebilmektedir.

Ülkemizde yaklaşık 14 milyon hektar alanda tahıl ekimi yapılmaktadır. Bu toplam tahıl ekim alanı içerisinde mısır 550 000 hektar ekim alanına, 4.2 t ha⁻¹ ortalama verime ve 2 300 000 ton üretime sahiptir (Anonim, 1999).

Ülkemiz ekonomisinin tarıma dayalı olması ve artan nüfusumuzun besin gereksiniminin karşılanması, daha fazla üretim yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Diğer taraftan gıda üretimi, her ülke için stratejik öneme sahiptir.

Günümüzün önemli sorunlarından biri, kısıtlı doğal kaynaklarla artan nüfusun beslenme ve giyinme gereksiniminin karşılanmasındaki güçlülüdür. Dünyada hızla artan nüfus ve buna paralel artış gösteren tarımsal ürün gereksinmesi, insanlığı birim alandan daha fazla verim alabilmek için arayışlara yöneltmiştir. Tarımsal üretim için tarım alanlarının artık artırılmayacağı gerçeği altında, üretimi artırabilmenin tek yolu mevcut kaynaklarla en yüksek düzeyde ürün elde etmektir. Tarımsal üretimin artırılmasında, diğer etkenlerin yanı sıra sulamanın payının çok büyük olduğu yadsınamaz.

Dünyada su kaynakları potansiyelinin değişmemesine karşın, hızlı nüfus artışı ve sanayileşme tarıma ayrılan suyun azaltılması zorunluluğunu birlikte getirmiştir. Tarımda, birim alandan daha fazla verim alma ve sulama randımanlarının artırılmasıyla ilgili çalışmalar, su tasarrufu ve dünya nüfusunun besin gereksinmesinin karşılanması bakımından önemlidir. Tarımsal üretimi artırmaya yönelik çalışmalar ve bu bağlamda farklı sulama teknolojilerine ilişkin gelişmeler günümüzde büyük önem kazanmıştır.

Tarımsal üretimde verimi artırmanın başlıca yollarından biri de yüksek verime sahip çeşitleri geliştirmektir. Tarımsal üretim için tarım alanlarının

artırılamayacağı gerçeğiyle karşı karşıya olan günümüz koşullarında, ekim alanlarını artırarak üretimi artırmak olası değildir. Üretimde kültürel önlemleri artırarak, birim alandan daha fazla verim almak olanaklı hale gelmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda, yeni melezlerin genetik potansiyelleri uygun sulama ve gübreleme teknikleriyle birleştirildiğinde yüksek verim elde edilebilmektedir.

Bitkilerin yetiştirme koşullarının iyileştirilmesiyle, bitkisel üretim artırılabilir. Toprak işlemenin zamanında yapılması, bitkiye besin sağlamak amacıyla gübreleme, drenaj sistemi ve bitki su gereksinmesinin tam ve zamanında karşılanmasıyla bitki yetiştirme ortamı iyileştirilebilir. Sulama zamanına, suyun gerektiği miktarda uygulanmasına önem verilmeli ve ayrıca sulama suyunun uygulama biçimi de dikkate alınmalıdır. Su kıtlığının yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulu tarıma ayrılan su miktarında kısıtlama bir zorunluluk haline gelmiştir. Diğer taraftan sanayi ve evsel su kullanımındaki artışlar da sulu tarıma ayrılan su payının azaltılmasını gündeme getirecektir.

Sulamalarda genel uygulama, sulama zamanı belirlendikten sonra, kök bölgesi su içeriğinin tarla kapasitesine gelinceye dek ıslatılmasıdır. Kısıntılı sulamada temel amaç, mevsim içi sulamalarda optimum ürünü sağlamak koşuluyla, gerekenden daha az su uygulayarak, mevcut su kaynağı ile daha fazla tarım alanını sulayabilmektir. Kısıntılı sulama uygulaması genel olarak bitkilerin su eksikliğine dayanıklı (dirençli) dönemlerinde yapılır. Kısıntılı sulama uygulaması altında su kullanımının azaltılması mümkün olabilmekte; ancak, meyve verimi ve kalitesinde önemli oranda düşmeler olmaktadır (Kırda ve ark., 1999).

Yeni geliştirilmekte olan diğer bir kısıntılı sulama uygulaması da yarı ıslatmalı sulama (YIS) uygulamasıdır. YIS uygulaması ile geleneksel sulamalarda uygulanan su miktarı belirli bir oranda azaltılarak bitki köklerinin yarısının ıslatılması ve takip eden sulamalarda ise diğer yarısına su verilmesidir. Böylece suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde geleneksel kısıntılı sulamaya benzer şekilde, daha az su uygulayarak, mevcut su kaynaklarından daha etkin şekilde yararlanılması amaçlanır (Kang ve ark., 1998).

Yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında bitki kök bölgesinin periyodik olarak yarısının ıslatılmasıyla, bilinen geleneksel eksik sulama yöntemine kıyasla su

kullanım randımanının daha yüksek olabileceği gösterilmiştir (ör., Chaffey, 2001). Yarı ıslatmalı sulama uygulamasında bitki köklerinin bir tarafı ıslatılırken, köklerin diğer tarafı görece kuru bırakılır. Son yıllarda sulu tarımın gündeminde oldukça önemli bir yer tutan söz konusu sulama tekniği ingilizcede “**Partial Root-Zone Drying**” olarak isimlendirilmiştir.

Yarı ıslatmalı sulama uygulamasına yönelik ilk çalışmalar, seralarda saksı denemeleriyle yapılmıştır. Bitkiler, kökleri ikiye ayrılarak iki farklı saksıda yetiştirilmekte; köklerinin yarısının bulunduğu saksılar ardışık olarak sulanır ve kuru bırakılırken gelişimlerini devam ettirebilmektedirler. Bu durumda yetiştirilen bitkilerin yapraklarında su kaybı daha az olmakta ve stomaları görece olarak kapanmaktadır. Anılan denemelerde bitkilerdeki stoma kontrolünün, köklerin bir yarısının periyodik olarak kuru bırakılmasıyla köklerden yapraklara gönderilen kimyasal sinyallerle sağlandığı ileri sürülmüştür. Bu sinyaller bitkide vegetatif gelişmeyi azaltırken, generatif gelişmeyi teşvik etmektedir. Köklerin bir yarısının kuru bırakılırken, diğer yarısının ıslatılması sonucu ksilem elementleri içinde absisik asit konsantrasyonunun artarak stomaların kapanmasını tetikledikleri gösterilmiştir (Stoll ve ark., 2000). Kök içi su potansiyelinin değişimi, ksilem suyu pH'sının artması gibi diğer nedenler de yapraklarda stoma açıklığının kontrolünde etkili olduğu gösterilmiştir (Wilkinson ve Davies, 1997).

Mevcut su ve toprak kaynaklarının sınırlı olması ve bu kaynakların artırılması mümkün olmadığından, tarımsal üretimin arttırılabilmesi için su kullanım randımanı yüksek olabilecek yeni sulama teknikleri üzerindeki araştırmalar değerlendirilmelidir. Yeni bir sulama tekniği bitkisel üretimi artırmak için çok önemli olmakla birlikte, her bitki türü ve diğer toprak, iklim vs. gibi koşullar altında tek başına yeterli olmayabilir. Bu nedenle her hangi bir bitki türünde diğer sulama tekniklerine oranla daha yüksek verim ve kaliteli ürün sağlayabileceği iddia edilen YIS tekniği altında suyun topraktaki hareketi, bitki kök davranışları, aynı bitki türünün değişik çeşitlerinin farklı iklim ve toprak koşullarındaki gelişme durumları ayrıntılı irdelenmelidir. YIS tekniği sıraya ekimi yapılabilen her bitki türü için uygulanabilmektedir.

Araştırmada, geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama (**Partial Root-Zone Drying**) gibi farklı kısıntılı sulama teknikleriyle, buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak yetiştirilen beş değişik mısır çeşidinin tepkileri değerlendirilmiştir. Dolayısıyla araştırmanın amacı, farklı kısıntılı sulama teknikleri altında mısır çeşitleri arasındaki verim farklılıklarını, bitki verim parametreleri, kök yoğunluk dağılımı, yaprak su potansiyeli vb. ölçümlerle irdelemektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde sulama, mısır bitkisi, bitki kök yoğunluğu ve yarı ıslatmalı sulama uygulamasına ilişkin kaynak taraması yapılmıştır. **Genel** alt başlığı altında sulama ile ilgili olarak kısaca yapılmış çalışmalar gözden geçirilmiştir. Daha sonra **Mısır Bitkisi Gelişimi ve Çeşit Farklılıkları, Bitki Kök Dağılımı-Yoğunluğu, Su-Verim İlişkileri** alt başlıkları altında ilgili çalışmalar incelenmiştir. Son olarak **Bitkilerde Göreli Kök Kuruluşu (Yarı Islatmalı Sulama)** alt başlığı altında, sulama suyundan önemli oranda su tasarrufu sağlamaya yönelik bir uygulama olan yarı ıslatmalı sulama ile ilgili araştırmalar irdelenmiştir.

2.1. Genel

English ve Raja (1996) tarafından Columbia havzasında buğday, California'da pamuk ve Zimbabwe'da mısır bitkilerinin sulama suyunda kısıntıya gidilerek verim ve maliyet ilişkisi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Arazi şartlarına göre eksik sulamayla önemli oranda (%15–16) su tasarrufu sağlanmıştır. Toplam olarak %44 ile %68 arasında değişen çiftlik gelirine bağlı olarak sudan sağlanan tasarrufun %28 ile %59 arasında olduğu bildirilmiştir.

Erdem ve ark. (1997) tarafından yapılan bir araştırmada, damla sulama yöntemiyle domates bitkisine iki ve dört gün arayla A-Sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarının %50, %100 ve %150'sinin uygulandığı sulama sularının verim değerleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda, sulama aralığı ve sulama suyu miktarının verim üzerine önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek verim iki gün ara ile sulanan ve sulama suyunun A-Sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarının %50'sinin uygulandığı parsellerden alınmıştır.

Xie ve ark. (1999) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, kırmızıbiber bitkisinde phytophthora kök çürüme hastalığı ve verimleri üzerine günlük ve üç günlük arayla damla sulama ve nöbetleşe değişimli karık sulama yöntemlerinin etkileri araştırılmıştır. Günlük ve üç günlük damla sulama ile sulanan alanlarda verim

bakımından istatistiksel olarak fark bulunamazken; karık sulamaya oranla damla sulamanın uygulandığı alanlardan daha yüksek verim elde edilmiştir. Phytophthora kök çürüme hastalığının meydana geldiği veya hastalığın olmadığı her iki alanda da damla sulama yöntemiyle daha yüksek verim alınmıştır.

Cetin ve Bilgel (2002) pamuk bitkisinde karık, yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin tohum verimi, yaprak dökme oranı ve diğer bazı verim öğeleri üzerine etkilerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. En yüksek verim 4 380, 3 630 ve 3 380 kg ha⁻¹ olarak sırasıyla damla, karık ve yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan alanlardan alınmıştır. Su kullanım randımanları ise 4.87, 3.87 ve 2.36 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak sırasıyla damla, karık ve yağmurlama sulama metotlarıyla sağlanmıştır. Böylece damla sulama metodunun karık ve yağmurlama sulama metotlarına kıyasla, su kullanım randımanı yönünden, en iyi sonuçlara sahip bir sulama metodu olduğu belirtilmiştir.

Kang ve ark. (2004) tarafından, patates bitkisinde evapotranspirasyon (ET), verim ve su kullanım randımanı üzerine farklı sulama sıklığı ve toprak matriks potansiyel değerlerini karşılaştıran bir tarla denemesi yürütülmüştür. Araştırmada, beş toprak matriks potansiyel: (1) -15 kPa, (2) -25 kPa, (3) -35 kPa, (4) -45 kPa, (5) -5 kPa ve altı sulama sıklığı: (1) günde bir kez, (2) iki günde bir kez, (3) üç günde bir kez, (4) dört günde bir kez, (5) altı günde bir kez, (6) sekiz günde bir kez sulama olmak üzere toplam 11 konu ele alınmıştır. Toprak matriks potansiyeli ve damla sulama sıklığının her ikisi patates evapotranspirasyon, verim ve su kullanım randımanını etkilemiştir. Evapotranspirasyon, sulama sıklığı ve toprak matriks potansiyeli artışı ile artmıştır. Toprak su potansiyeli değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek evapotranspirasyon en düşük değerden 63.4 mm (%32.1) daha fazla bulunmuştur. Sulama sıklığı konuları temel alındığında ise en yüksek evapotranspirasyonun en düşük değerden 36.7 mm (%19.2) daha fazla olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda, patates verim ve su kullanım randımanı daha sık sulama ile artış göstermiştir. En yüksek verim ve su kullanım randımanı değerleri, günde bir kez sulama ile toprak matriks potansiyel değeri -25 kPa altında elde edilmiştir.

2.2. Mısır Bitkisi Gelişimi ve Çeşit Farklılıkları

Cesurer ve ark. (1999a) tarafından Kahramanmaraş koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen TTM 815, Tambre, Rx 770 ve P. 3394 hibrid mısır çeşitlerinde verim ve verim parametreleri üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Anılan araştırmada tepe püskülü çıkış süresi, ilk koçan yüksekliği, bitki boyu, bitkide koçan sayısı, tek koçan ağırlığı, dane oranı (%), bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve dane verim parametreleri irdelenmiştir. Araştırma sonucunda bin dane ağırlığı, bitkideki koçan sayısı ve tek koçan ağırlığının dane verimine önemli etkide bulunduğu bildirilmiştir. Cesurer ve ark. (1999b) tarafından yapılan başka bir araştırmada, dokuz adet hibrid mısır çeşidinde erkenci ve yüksek verimli mısır çeşitlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Araştırmada ele alınan hibrid mısır çeşitleri: Px 74, Dracma, Mazlır, Frassino, N. 7515, Tambre, Alimax, DK626 ve Rx 770'tir. Rx 770, Tambre ve DK 626 hibrid mısır çeşitleri, diğer çeşitlerden daha erkenci olmuştur. Frassino, Dracma, Tambre ve N 7515 çeşitlerinin ise diğer çeşitlerden daha yüksek verim değerlerine ulaştıkları bildirilmiştir.

Turgut ve ark. (1999) tarafından Bursa ve çevresine uyabilen yüksek verimli mısır çeşitlerini belirlemeye yönelik 13 melez mısır çeşidinin kullanıldığı bir araştırma yürütülmüştür. Ayrıca araştırmada, verim ve diğer karakterler arasındaki ilişkiler ile varyans komponentlerinin tahminini yaparak kalıtım derecelerini belirlemek amaçlanmıştır. Kalıtım derecesi koçan çapı, koçanda dane sayısı ve koçan boyunda daha yüksek bulunmuştur. Dane veriminde kalıtım derecesi 0.146 olmuştur. Araştırmanın yapıldığı yöre koşulları için elde edilen yüksek verimden dolayı P-3394, Elianthea, P-3223 ve Rx-899 mısır çeşitlerinin diğer çeşitlere oranla daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Tesadüf blokları deneme deseninde üç yinelemeli kurulan ve bitki materyali olarak toplam 16 adet mısır çeşidinin kullanıldığı bir başka araştırma Sezer ve Gülümser (1999) tarafından yürütülmüştür. Anılan araştırmada Çarşamba Ovası'nda ana ürün olarak yetiştirilen yerli, kompozit ve melez mısır çeşitlerinde verim ve verim parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Fenolojik özelliklerden tepe püskülü çıkış süresi ve olgunlaşma süresi ile morfolojik karakterlerden bitki boyu, ilk

koçan yüksekliği, koçan uzunluğu, koçanda dane sayısı ve bin dane ağırlıkları arasında istatistiksel anlamda çok önemli ($P<0.01$) farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Mısır çeşitleri arasında dane verimi yönünden çok önemli ($P<0.01$) seviyede farklılık görülmüş olup, özellikle vejetasyon süresi uzun olan çeşitlerin, erkenci çeşitlere oranla daha yüksek verim değerlerine sahip oldukları bildirilmiştir.

Beş farklı mısır çeşidinin değişik azot dozlarına tepkilerini araştırmak amacıyla bir saksı denemesi yürütülmüştür. Araştırma sonucunda azot dozlarının artmasıyla mısır çeşitlerinde kuru madde, yaprak sayısı, bitki boyu ve kök gelişiminde önemli düzeyde artış kaydedildiği, ancak çeşitlerin azot kullanım randımanlarında düşme meydana geldiği saptanmıştır (Çullu ve ark., 1999).

Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı yerlerde yapılan çalışmalarda verimle ilgili olarak genotipik farklılıkların bulunduğu saptanmıştır. Nitekim Kahramanmaraş'ta ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerine farklı azot dozları uygulanmış ve bitki boyu, gövde çapı, yaprak alan indeksi, dane verimi uygulanan azotlu gübre miktarı ile arttığı, en yüksek değerlerin 35 kg N da⁻¹ uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir (Uslu ve Karaaltın, 1999). Tokat-Kazova'da 24 çeşit hibrit cinmısı yetiştirilme olanakları üzerine yapılan bir araştırmada da genotipler arasında verim yönünden önemli farklılıkların bulunduğunu Gökmen ve ark. (1999) bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada 15 melez mısır çeşidinde bitkilerin kök sökölme dirençleri ölçülmüş ve kök sökölme dirençleri arasında önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır (Güzel ve ark., 1999).

Taban ve ark. (1999) tarafından ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen, 8 mısır çeşidinin tuz stresine tepkileri araştırılmıştır. Tuz ilave edilen ve tuz ilave edilmeyen topraklarda yetiştirilen mısır çeşitlerinin, tuz stresine tepkileri çeşitli parametrelerle karşılaştırılmıştır. Tuzlu koşullarda toprakta ozmotik potansiyelin düşmesiyle, bitkinin mevcut suyu yeteri kadar kullanamaması ve bitkilerin iyon dengesindeki bozulmalardan dolayı mısır çeşitlerinin kuru madde miktarında azalma olabileceği saptanmıştır. Araştırma sonucunda, bazı mısır çeşitlerinin diğer çeşitlere göre tuzluluğa daha dayanıklı olduğu ve bu nedenle tuzlu alanlarda yetiştirilebileceği bildirilmiştir.

Dört yinelemeli olarak bölünmüş parseller deneme deseninde kurulan bir araştırmada, I. ürün olarak 3 farklı mısır çeşidi (Pioneer 3163, TTM 815, Cargill 955) ile 4 değişik gübre dozu (0, 15, 25, 35 kg N da⁻¹) ele alınmıştır (Tüfekçi ve Karaaltın, 1999). Anılan araştırmada incelenen özellikler yönünden çeşitler arasında farklılıkların olduğu ifade edilmiştir. Artan azot dozlarının dane verimi, bitki boyu, yaprak alan indeksi, gövde çapı ve net asimilasyon oranına etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Mısır çeşitleri içerisinde Cargill 955 çeşidinin, 35 kg N da⁻¹ azot uygulamasıyla en yüksek verim değerine (10.703 t ha⁻¹) sahip olduğu bildirilmiştir.

Pandey ve ark. (2000a) tarafından mısır bitkisinin gelişimi üzerinde, kısıntılı sulamanın farklı azot düzeylerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla iki yıllık bir araştırma yürütülmüştür. Tüm azot konularındaki farklı kısıntılı sulama düzeyleri dane verimini doğrusal olarak etkilemiştir. Dane verimindeki azalmanın, kısıntılı sulamanın uygulandığı farklı gelişme dönemlerine bağlı olarak temelde metre karede dane sayısındaki azalış ve ikinci etkinin de dane ağırlığıyla ilgili olduğu bildirilmiştir. Yine benzer şekilde, tüm sulama konularında azot düzeylerindeki artış ile birlikte su kullanım randımanı artış göstermiştir. Kısıntılı sulamayla toprakta su stresinin artışı bitkinin ilk gelişme dönemlerinde yaprak alanı, bitki gelişimi, bitki boyu, azot alımı ve toplam biyo-kütle üretiminde daha yavaş bir azalmaya neden olurken; bitkinin son gelişme dönemlerinde, anılan parametrelerde daha önemli bir azalmaya neden olduğu görülmüştür (Pandey ve ark., 2000b).

Gözübenli ve ark. (2001) tarafından, Hatay koşullarında ikinci ürün olarak değişik 15 ticari melez mısır çeşidinde verim ve verime etki eden bitkisel özellikleri saptamaya yönelik iki yıllık bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada bitki boyu, sap kalınlığı, koçan uzunluğu, koçan kalınlığı, tepe püskülü çiçeklenme süresi, ilk koçan yüksekliği vb. özellikler üzerinde gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Ortalama dane verimi 8.42 t ha⁻¹ olurken; en yüksek dane veriminin Dracma mısır çeşidinden (9.66 t ha⁻¹), en düşük dane veriminin ise DK 626 çeşidinden (6.59 t ha⁻¹) elde edildiği bildirilmiştir.

İkinci ürün mısır yetiştirme sezonunda yapılan bir araştırmada, RX 788 hibrit mısır çeşidi 20, 25, 30, ve 35 kg N da⁻¹ olmak üzere dört farklı azot dozu ile sıra

üzeri 15, 20 ve 25 cm aralıklardaki ekimi değerlendirilmeye alınmıştır (Çokkızgın, 2001). Araştırma sonucunda sıra üzeri mesafe artıkça ilk koçan yüksekliği ve dane veriminde azalma görülmüştür. Ancak koçanda sıra sayısı, koçanda dane sayısı, gövde çapı vb. sıra üzeri mesafenin artışına paralel olarak artış gösterdiği bildirilmiştir. İncelenen özelliklere ele alınan azot dozlarının olumlu yönde etki gösterdiği ifade edilmiştir. Araştırmada en uygun azot dozunun 25 kg N da⁻¹ ve optimum sıra üzeri aralıkların ise 15 ve 20 cm olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatür incelemesi sonucunda, özellikle mısır bitkisinde çeşit farklılıklarının sulama uygulamalarından daha çok N'lu (azot) gübre uygulamaları altında yapılan araştırmalarla irdelendiği gözlenmiştir. Bu bağlamda Costa ve ark. (2002) mısır çeşitlerinin verim ve verim parametreleri üzerine azotun etkisini araştırmışlardır. Araştırmada ana parseller 4 değişik azot dozu ve alt parseller ise 6 mısır çeşidinden oluşturulmuştur. Koçan kuru madde, toplam kuru madde verimi, dane verimi ve hasat indeksi değerlerinde çeşitlerden kaynaklanan farklılıkların meydana geldiği gözlenmiştir. Benzer bulguların koçan boyu, koçan çapı vb. verim parametrelerinde de ortaya çıktığı bildirilmiştir.

Sener ve ark. (2004) tarafından, mısır bitkilerinin optimum bitki yoğunluğu ile sıra üzeri ekim aralığını belirlemeye yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada ele alınan beş farklı mısır çeşidinin sıra üzeri 10, 12.5, 15, 17.5 ve 20 cm aralıklarla ekim işlemi yapılmıştır. Ekim işlemi el ile yapılmış ve araştırmada sıralar arası uzaklık 70 cm olacak şekilde planlanmıştır. Araştırma bulguları LSD testi ile kıyaslanmıştır. Sıra üzeri aralıkların mısır çeşitlerinde dane verimi ve bazı agronomik özellikler üzerine etkilerinin istatistiksel anlamda önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek dane verimi, sıra üzeri 15 cm aralıklarla ekim işlemi yapılmış Pioneer 3223 (11.72 t ha⁻¹) ve Dracma (11.18 t ha⁻¹) mısır çeşitlerinden elde edilmiştir. Diğer taraftan Dekalb 626 mısır çeşidi için en yüksek verim değerleri ekim işleminin sıra üzeri aralığı 17.5 cm (10.68 t ha⁻¹) ve 20.0 cm (10.75 t ha⁻¹) olan parsellerden elde edilmiştir. En düşük dane verimi ise ekim işleminin sıra üzeri 10 cm aralıklarla yapılan parsellerde görülmüştür. Bununla birlikte bitki yoğunluğunun 59 000 bitki ha⁻¹'dan 89 000 bitki ha⁻¹'a artmasıyla verim değerinin 10.10 t ha⁻¹'dan 10.80 t ha⁻¹'a artış gösterdiği bildirilmiştir.

Ali ve ark. (2004) tarafından, sulama sıklığı ve değişik potasyum düzeylerinde mısır çeşitlerinin tepkilerini araştırmak için bir tarla denemesi yürütülmüştür. Dane verimi, bin dane ağırlığı, bir koçandaki dane ağırlığı, püskül oluşum günleri 60.6 kg ha^{-1} potasyum uygulaması altında artış göstermiş. Mısır çeşitleri, gözlem ve ölçümü yapılan tüm parametreler için önemli derecede farklı tepki vermiştir. Haftada bir sulamanın yapıldığı parsellerde püskül oluşumu maksimum 52 gün, bir koçandaki dane ağırlığı 152.9 g, bin dane ağırlığı 321.2 g ve dane verimi 1.13 t ha^{-1} olarak gözlenmiştir. Bununla birlikte metre karede tohum çimlenme yüzdesi ve çıkışı sulamalar tarafından anlamlı derecede etkilenmemiştir. Monsanto 922 mısır çeşidi Pioneer 3025, Pioneer 3062 ve Azam çeşitlerinden daha iyi tepki vermiştir. Monsanto 922 çeşidi $60.6 \text{ kg potasyum ha}^{-1}$ uygulandığında $1485.1 \text{ kg ha}^{-1}$ ile maksimum verimi vermiştir.

Değişik bitki yoğunluğu ve sıra ekim düzeninde mısır bitkisinin olası tepkilerinin de farklı olması beklenilmektedir. Bu bağlamda tek ve çift sıra ekim durumunda mısır bitkisinin verim ve verim parametrelerini belirlemeye yönelik iki yıllık bir araştırma yürütülmüştür (Gozubenli ve ark., 2004). Araştırmada bitki yoğunluğu; 6 000, 7 500, 9 000, 10 500, 12 000 ve 13 500 bitki ha^{-1} olarak ana parseller oluşturulmuştur. Alt parseller ise tek ve çift sıra ekim düzeni şeklinde planlanmıştır. Tek sıra ekim düzeninde bitki sıra arası 80 cm'dir. Çift sıra ekimde ise 20 cm aralıklı paralel çift sıra ekim düzeni oluşturulmuş ve çiftler arasında 60 cm aralıklar bırakılmıştır. Bitki yoğunluğu ve ekim biçiminin dane verimi üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Bitki yoğunluğu 9 000 bitki ha^{-1} 'a kadar olan ekim düzenindeki bitki yoğunluğu artışı ile birlikte dane verim değerinde de artış görülmüştür. Ancak 9 000 bitki ha^{-1} 'dan daha yüksek yoğunlukta ekim yapılan parsellerde dane verim değerlerinde azalma kaydedilmiştir. Bununla birlikte tek ve çift sıra ekimden elde edilen dane verim değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ortalama danem verimi çift sıra ekimde 10.398 t ha^{-1} ve tek sıra ekimde 9.986 t ha^{-1} olarak gerçekleşmiştir.

On bir adet mısır çeşidinin (C-955, DK-626, Antbey, LG-60, Flash, LG-55, TTM-819, Vero, TTM-813, Ant-90 ve Akpınar) kullanıldığı bir başka çeşit araştırması da Keskin ve ark. (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Tesadüf blokları

deneme deseninde kurulan araştırmada, tüm girdi parametreleri (gübreleme, parsel boyutu, ekim sıklığı vs.) mısır çeşitlerinin tamamına aynı uygulanmıştır. Dane verimi, bitki boyu, bin dane ağırlığı, ham protein oranı vb. ölçüm ve gözlemler sonucunda mısır çeşitleri arasında önemli derecede değişimler tespit edilmiştir. Ortalama dane verim değerlerinin 7.112 t ha^{-1} ile 10.625 t ha^{-1} arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Sulama bitkilerin verimini sınırlayıcı faktörlerin başında gelmektedir. Mısır bitkisinin vegetatif gelişme döneminde oluşabilecek su eksikliğinin verim için en büyük risk olduğu yapılan bir araştırma ile bildirilmiştir (Moser ve ark., 2006). Sulanmış mısırın kuru bırakılmış mısıra oranla N (azot) uygulamasıyla birlikte maksimum verime ulaştığı da ifade edilmiştir. Anılan araştırma sonucunda değişik sulama programlarına mısır çeşitlerinin tepkilerinin de farklı olduğu belirlenmiştir.

“Mısır Bitkisi Gelişimi ve Çeşit Farklılıkları” alt başlığı içerisinde yapılan kaynak taramasından anlaşılabacağı üzere, mısır bitkisinin farklı çeşitleri su kısıntısı altında ele alınarak olası tepkileri irdelenmemiştir. Su-verim ilişkileri bakımından bir bitkinin farklı çeşitleri üzerinde durulmamıştır. Bu nedenle ele alınan araştırmada, farklı kısıntılı sulama uygulamaları altında beş mısır çeşidi test edilmiştir. Mısır çeşitlerinin kısıntılı sulama uygulamalarına karşı gösterdiği tepkiler üzerinde çalışılmış ve varsa farklı davranışların çeşitlerin genetik özelliklerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmıştır.

2.3. Bitki Kök Dağılımı-Yoğunluğu

Bu bölümde, mısır bitkisinde kök yoğunluğu üzerine yapılan araştırmalar verilmiştir. Ancak bitki köklerinin toprak altında ve çok karmaşık bir yapı göstermeleri nedeniyle, bu bağlamda yapılmış çok kısıtlı araştırma vardır. Benzer şekilde mısır kök dağılımına ilişkin araştırmalar da son derece azdır. Bu nedenle ve gözden geçirilen makaleler ışığında, bu bölüm içerisinde hem kök yoğunluğu ölçüm tekniği hem de diğer bazı bitkilerde kök yoğunluğu gözlem ve ölçüm sonuçları sunulmuştur.

Bitkilerin kök gelişimi ve dağılımlarının bilinmesi ile sulama yöntemlerinin seçimi ve bitkilerin sulama uygulamalarına verdikleri tepkilerin irdelenmesi daha doğru bir yaklaşımla gerçekleştirilebilecektir. Bitki kök gelişiminin belirlenmesinde özellikle damla sulama yöntemi daha uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Phene ve ark. (1991) mısır bitkisinin damla sulama yöntemiyle kök dağılımının belirlenmesi üzerinde bir araştırma yürütmüşlerdir. Anılan çalışmada toprak yüzeyi ve toprak altına yerleştirilen damla sulama lateralleri ile iki sulama konusu ele alınmıştır. Yüzey damla lateralleri ekimden sonra bitki sıra arasının 74 cm olduğu karık ortasına yerleştirilmiştir. Toprak altına yerleştirilen damla lateralleri ise 1.62 m aralıklarla toprak yüzeyinden 45 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Kök dağılımını saptayabilmek için her biri 15 cm uzunluğunda ve 7.5 cm çapında örnek silindirleri kullanılmıştır. Kökleri topraktan ayırtırmak için yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminde %5 asetik asit çözeltisi kullanılmıştır. Yetiştirme mevsimi sonundaki kök örnekleme: 1) kök uzunluklarının yüzey ve yüzey altı damla sulama yönteminin her ikisinde 2 m derinliğe ulaştığı; 2) yüzey ve yüzey altı damla sulama konuları arasındaki en büyük farkın toprak yüzeyinden itibaren 45 cm derinlik içerisinde gerçekleştiği; 3) yüzey damla sulama parsellerinde toprak yüzeyinden itibaren 30 cm toprak derinliği içerisinde daha uzun kök yoğunluğu gözlemlenirken, 30 cm'nin altındaki derinliklerde yüzey altı damla sulama parsellerinde daha büyük kök yoğunluğunun olduğu ortaya konulmuştur.

Gençoğlu (1996) tarafından I. ürün mısır bitkisinde su-verim ilişkileri, su kısıntısının verim ve verim unsurları ile kök dağılımına etkilerini belirlemek amacıyla bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada sulama konuları her 10 günde bir 120 cm toprak profili içerisinde kullanılan suyun %100, %80, %60, %40, %20 ve %0 uygulamaları şeklinde ele alınmıştır. Sulama konuları için sulama suyu kullanım randımanı 1.0–2.43 kg da⁻¹ mm⁻¹ ve su kullanım randımanı 0.22–1.25 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Aynı zamanda sulama suyundan yapılan kısıntı düzeylerine göre verim parametrelerinde de düşüşler meydana gelmiştir. Mısır köklerinin su stresi artışıyla toprak profilinde daha derinlere doğru gittiği gözlenmiştir. Mısır köklerinin daha çok toprak yüzeyinden itibaren 40 cm derinlik içerisinde yoğunlaştığı saptanmıştır.

Eser ve ark. (1998) tarafından yapılan araştırmada kuru tarım alanlarında toprak verimliliğinin artırılması ve nadas alanlarından daha fazla yararlanmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda bitki verimliliğini doğrudan etkileyen kök sistemi de incelenmiştir. Kök örnekleme çalışması hasattan hemen önce profil duvar yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Kazıcı kepçe yardımıyla 1.5 m derinliğinde 1–1.5 m uzunluğunda ve 0.5 m genişliğinde çukurlar açılmış. Toprak yüzeyinden itibaren 1.0 m derinliğe kadar 20 cm katmanlar içinde ortalama kök yoğunluğu (cm kök cm^{-3}) bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre kazık köklü bir bitki olan mercimeğin özellikle 0–20 cm ve 20–40 cm’lik katmanlarda daha fazla kök yoğunluğu olduğu saptanmıştır. Daha derinlere inildikçe kök uzunluğu yoğunluğunda azalmalar olmuştur. Bu azalmalar buğday bitkisinde daha fazla olmuştur.

Topraktan besin elementi ve su alımı bakımından bitki köklerinin çapları, dağılımları ve uzunlukları çok önemlidir. Mısır bitkisinin kök gelişimi ve dağılımı üzerine Oikeh ve ark. (1999) tarafından iki yıllık iki tarla denemesi yürütülmüştür. Burada kök yoğunluk bulgularıyla birlikte kök örnekleme için kullanılan yöntem hakkında da bilgi verilmiştir. Kök örnekleme çalışması mısır püskül çıkış ortasında (ekimden sonra 64–69 gün) de yapılmıştır. Kök örnekleri 15 cm’lik katmanlar halinde uzunluğu 15 cm ve çapı 8 cm olan bir kök burgusuyla alınmıştır. Tarla denemesinin birinde toprak yüzeyinden itibaren 60 cm derinlik, diğerinde konular itibarıyla 45 ve 90 cm toprak derinliği dikkate alınmıştır. Kök örneklerinin alındığı silindirler köklerle birlikte yıkanmadan önce polietilen soğuk (4 °C) bir kutu içerisinde maksimum 6 gün muhafaza edilmiştir. Kökler topraktan su gücü ile 0.5 mm’lik elekten geçirilerek yıkanmıştır. Renkli ışıktaki görülebilir canlı kökler esas alınarak, yıkama sırasında yıkıntı-döküntü, yabancı ot ve ölü kökler canlı köklerden ayrıştırılmıştır. Kök örneklerinin uzunlukları belirleninceye değin dondurulmuştur. Araştırmada kök uzunlukları: 1) ilk yıl, kare gridli (0.5 cm × 0.5 cm) çizgi kesişme; 2) ikinci yıl, örnek sayısının çok olmasında dolayı görüntü çözümleme (Delta-T Area Meter Type AMB2; Delta-T Devices, Cambridge, UK) yöntemleriyle belirlenmiştir. Kök uzunluğu yoğunlukları, kök uzunluğunun toprak silindir hacmine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Kök uzunluğu belirlendikten hemen sonra, kökler en az üç gün 80 °C’de fırında kurutulmuş ve tartılmıştır. Araştırmada bitki materyali olarak ta beş

mısır çeşidi ele alınmıştır. Mısır bitkileri için sulama uygulamaları yapılmamış, sadece bitkiler yağmur suları ile beslenmiştir. Mısır püskülü döneminde yapılan örnekleme sonuçları, araştırmanın ilk yılında toprak yüzeyinden itibaren 35 cm ve ikinci yılında 45 cm derinlik içerisinde kök uzunluğu yoğunluklarının, çeşitler arasında farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur. Ortalama kök kuru yoğunlukları da, ilk yıl ekimden sonra 35. gün (yüzeyden itibaren 45–60 cm toprak derinliği) ve ikinci yıl çiçeklenme döneminde (yüzeyden itibaren 75–90 cm toprak derinliği) yapılan örnekleme sonuçları, çeşitler arasında farklılıkların olduğunu göstermiştir.

Ogola ve ark. (2002) mısır bitkisinin iki farklı azot dozu uygulaması altında sulanan ve sulanmayan (yağmurla beslenen) koşullar için su kullanım randımanını geliştirme olanakları üzerine bir araştırma yürütmüştür. Ayrıca araştırmada mısır bitkisinin kök dağılımının belirlenmesiyle ilgili olarak gözlem ve ölçümler de yapılmıştır. Kök dağılım ölçümleri için 7 cm çapında bozulmamış toprak örneği alma silindirleri kullanılmış. Kök örnekleme çalışması, toprak yüzeyinden itibaren 40 cm derinliğe kadar yapılmıştır. 10 cm aralıklarla, 40 ile 80 cm derinlikteki katman içinde 20 cm aralıklarla yapılmıştır. Kök sayım (hem 40 cm hem de 80 cm derinliklerde) sonuçları ele alınan konular itibarıyla farklılığın olmadığını göstermiştir. Genel olarak kök sayımının toprak yüzeyinden itibaren 40 cm derinlik içerisinde, 40 cm'nin altındaki derinliklere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte sulanan parsellerde dane verimi, sulanmayan parsellere oranla anlamlı derecede %59'luk bir artış göstermiştir. Mısır bitkisinin su kullanım randımanı da azotlu gübre uygulamasıyla daha yüksek olmuştur.

Diğer gözlem ve ölçümlerin yanı sıra kök dağılımının da incelendiği bir başka araştırma da Li ve ark. (2004) tarafından yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak mısır bitkisi kullanılmış ve 5 cm çapındaki burgu aracılığıyla kök uzunluğu yoğunluğunu belirlemek için hasattan önce kök örnekleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Kök örnekleme 5–35, 35–50 ve 50–65 cm derinlikler olmak üzere üç katmanda yapılmıştır. Kök örnekleri yıkandıktan sonra bilgisayarlı tarayıcıda (Delta-T Scan, Delta T, UK) değerlendirilerek kök uzunlukları saptanmıştır. Özellikle kök uzunluğu yoğunluğunun 5–35 cm'lik katmanda daha

fazla olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte üst katmandan daha derinleri doğru kök uzunluğu yoğunluğunda azalmalar gözlenmiştir.

Bitki kök morfolojik karakterleri topraktan mineral besin elementlerinin alımında önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda Yang ve ark. (2004) çeltik bitkisinin kök gelişimini belirlemeye yönelik bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada kök çapı, kök yoğunluğu ve kök etkinliği ölçümleri ile kök gelişimine farklı su programları altındaki tepkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Kök örnekleri 15–30 cm derinliklerden, çapı 8 cm ve boyu 15 cm olan silindirler yardımıyla alınmıştır. Daha sonra kökler yıkanmış ve 65 °C’de kurutulduktan sonra tartılmıştır. Kurutulmadan önce kök örnekleri üzerinde çizgi kesişme yöntemiyle kök uzunlukları saptanmış ve kök çapı, kök uzunluğu yoğunluğu ve kök ağırlığı yoğunluğunu içeren kök morfolojik parametreleri hesaplanmıştır. Ayrıca araştırmada sürekli göllendirme ve hasada değin iki hafta aralıklarla ıslak-kuru koşulları sağlayacak aralıklı göllendirme sulama konuları ele alınmıştır. Aralıklı göllendirme altında sürekli göllendirmeye kıyasla çeltik kök gelişimi belirgin derecede azalma göstermiştir. Bitki köklerinin topraktan besin elementi alımının aralıklı ıslak-kuru koşullarda, daha yüksek oranlarda olabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte kök örnekleme sonuçları 0–15 cm derinlik içerisinde bulunan kök uzunluk yoğunluğu ve kuru kök yoğunluğunun 15–30 cm derinliğe kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Diğer bir deyişle birçok bitkide olduğu gibi toprak yüzeyinden itibaren derinlere doğru inildikçe kök yoğunluğunda azalma gözlenmiştir.

Su stresi altında dört patates çeşidinin diğer özellikleri yanı sıra kök kütlesi ve derinliği üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir (Lahlou ve Ledent, 2005). Araştırmada tam sulama ve susuz (stres) olmak üzere iki sulama konusu ele alınmıştır. Araziden alınan kök örneklerini içeren topraklar laboratuarda 1 sa kadar suyun içinde bekletilmiş ve sonra kökler topraktan ayrıştırılmıştır. Daha sonra kökler 24 sa süre ile su emici kâğıtlar üzerinde kurutulmaya bırakılmıştır. Son olarak kök kuru madde değerleri, 48 sa süresince 70 °C’de fırında bekletildikten sonra tartılmasıyla belirlenmiştir. Patates kök kuru madde ve kök derinliği değerleri susuz koşullar altında azalma eğilimini göstermiştir. Buna paralel olarak patates bitkisinin tüm fizyolojik ve agronomik özelliklerinin de kuraklığa karşı duyarlı olduğu

gözlenmiştir. Ayrıca diğer gözlem ve ölçümü yapılan birçok parametrenin, değişik patates çeşitlerine göre farklı olabileceği tespit edilmiştir.

2.4. Su-Verim İlişkileri

Tekirdağ yöresinde yapılan iki yıllık bir araştırmada mısır bitkisinin su tüketimi ölçülmüştür (Orta ve ark., 1997). Anılan araştırmada, sulama uygulamaları için bitki kök derinliğinin 90 cm'lik bölümü dikkate alınmış ve elverişli su içeriğinin %65'i tüketildiğinde sulama uygulamaları yapılmıştır. Araştırmada, ilk yıl mevsimlik toplam uygulanan sulama suyu miktarı 306 mm ve su tüketimi 599 mm, ikinci yıl mevsimlik toplam uygulanan sulama suyu miktarı 285 mm ve su tüketimi 573 mm olarak gerçekleşmiş. Elde edilen ortalama dane verimi ilk yıl 10.69 t ha⁻¹ ve ikinci yıl ise 9.15 t ha⁻¹ olmuştur. Ayrıca mısırın mevsimlik su tüketimi iklime bağlı olarak 500–800 mm arasında değiştiği ve sulama uygulamaları için mısır bitkisinin etkili kök derinliği olarak 90 cm alınabileceği bildirilmiştir. Yine en yüksek düzeyde verim değerlerine ulaşabilmek için etkili kök derinliğindeki elverişli su içeriğinin %55-65'i kullanıldığında sulama uygulamalarına başlanması önerilmiştir.

Mısır bitkisinin sulama zamanı, mevsimsel evapotranspirasyon, su kullanım randımanı ve verim tepkilerini belirlemeye yönelik Istanbuluoglu ve ark. (2002) tarafından bir araştırma yapılmıştır. Sulama uygulamaları mısır bitkisinin farklı gelişme dönemleri esas alınarak planlanmıştır. En yüksek mevsimlik evapotranspirasyon, en düşük su stresiyle sulama uygulamalarının vejetatif, püskül ve koçan döneminde yapıldığı kontrol konusu altında 586 mm olarak hesaplanmıştır. En yüksek aylık evapotranspirasyon temmuz ayında 217 mm olmuştur. Kontrol konusu altında 9.92 t ha⁻¹ ile en yüksek verim değerine ulaşılmıştır. Mevsimsel verim tepki etmeni $K_y=0.76$ ve püskül dönemi su stresi için en duyarlı dönem olarak ortaya çıkmıştır. Kontrol konusunda en yüksek verim değerine ulaşılmasına karşın, püskül ve koçan döneminde sulama uygulamalarının yapılmasıyla sulama suyundan %26.3 kısıntı yapılmış ve verimdeki azalma %2.7 olarak gerçekleşmiştir.

Su, bitkisel üretim için temel girdilerden birisidir. Bu nedenle bitki su-verim ilişkileri, bitkisel üretimin artırılmasına yönelik çalışmalarda önemlidir. Bu bağlamda

Wanjura ve Upchurch (2002) bitki su stresiyile ilişkili olarak mısır ve pamuk üzerinde bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada her bitki türü için, potansiyel evapotranspirasyonun (PET) tamamı ve PET'nun %66'sının uygulamasıyla oluşan iki sulama konusu ele alınmıştır. Mısır ve pamuk bitkilerinde, yaprak su potansiyeli ve taç sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Yaprak su potansiyeli her iki bitki için sulama oranındaki azalma ile birlikte düşüş göstermiştir. Bu durum yaprak su potansiyelinin sulama oranındaki değişime duyarlı olduğunu göstermiştir. Buna karşın sadece pamuk bitkisinde, taç sıcaklık değerlerinin sulama oranındaki değişime karşı hassas olduğu bildirilmiştir.

Kuraklık stresinin fotosentez, ışık kullanım randımanı ve hasat indeksindeki azalmalara neden olması sonucu diğer daneli bitkilerde olduğu gibi mısır bitkisinde de verimi düşürdüğü bildirilmiştir (Earl ve Davis, 2003).

Çakır (2004) tarafından, mısır bitkisinin vegetatif gelişimi, dane verimi ve diğer verim parametreleri üzerine farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulama ve su stresinin etkilerini belirlemeye yönelik üç yıl süreli bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada mısır bitkisinin bilinen dört gelişme: (1) vegetatif; (2) püskül; (3) koçan başağı oluşumu ve (4) süt olum dönemleri ele alınmıştır. Tüm konular için 0–90 cm toprak derinliği tarla kapasitesine gelecek şekilde sulama uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Püskül ve koçan oluşum dönemlerinde sulama yapılmaması sonucu toprakta oluşan su eksikliği, vegetatif gelişimi ve verim parametrelerini önemli oranda etkilemiştir. Vegetatif ve püskül dönemlerinde oluşan su stresi yaprak alanı gelişimini ve bitki boyunu azaltmıştır. En yüksek verim değeri dört gelişme döneminde de sulama uygulamalarını yapıldığı kontrol konusundan elde edilmiştir. Kontrol konusuna ortalama 495.3 mm sulama suyu uygulaması yapılmıştır. Sulama uygulamalarının püskül, koçan başağı oluşumu ve süt olum dönemlerinde yapıldığı konusundan elde edilen verim değerleri de, istatistiksel olarak kontrol konusundan elde edilen verim değerlerinden farklı bulunmamıştır. Anılan konuya uygulanan sulama suyu miktarı ortalama 410.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Üç yıllık araştırmada, su eksikliğine karşı verim kaybını ifade eden verim tepki faktörü (Ky) değerinin sırasıyla 1.22, 1.36 ve 0.81 olduğu saptanmıştır.

Dağdelen ve ark. (2006) tarafından bitki verimi, su kullanım randımanı, kuru madde üretimi ve yaprak alan indeksi ile birlikte su stresinin etkisini değerlendirmeye yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Tıkalı karık sulama yönteminin kullanıldığı araştırmada, bitki materyali olarak pamuk ve mısır kullanılmıştır. Pamuk için etkili kök derinliği 1.20 m ve mısır için etkili kök derinliğinin ise 0.90 m olduğu kabul edilmiştir. Kontrol konusunda, kök bölgesinde elverişli toprak su içeriğinin yaklaşık olarak %50'sinin tüketilmesiyle sulama uygulamalarına başlanmıştır. Kontrol konusu ile birlikte, kontrol konusuna verilen sulama suyu miktarının %70, %50, %30 ve %0 verildiği toplam beş sulama konusu ele alınmış ve tüm konular için sulama uygulamaları aynı gün yapılmıştır. Yetiştirme mevsimi boyunca ele alınan sulama konuları için ortalama su kullanım değerleri mısır bitkisinde 174 mm ile 558 mm arasında değişmiştir. Buna paralel mısır dane verimleri 2.88 t ha^{-1} ile 11.34 t ha^{-1} arasında değişim göstermiştir. Beklenildiği gibi en yüksek verim tam sulamanın yapıldığı kontrol konusundan elde edilmiştir. Su kullanım randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı değerleri sulama suyu miktarındaki artış ile birlikte azalma göstermiştir. Yaprak alan indeksi ve kuru madde verimi su kullanımının artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Su stresi altında yaprak büyüklüğünün azalması sonucu yaprak alan indeksi değerinin azaldığı ifade edilmiştir. Ayrıca %16 verim azalmasına karşın, sulama suyu miktarının %70'nin uygulandığı konu özellikle suyun sınırlı olduğu yarı kurak bölgeler için önerilmiştir.

Bitki su kullanım randımanı, gereksinilen su miktarı ile bitki üretimi arasındaki ilişkiyi tanımlayan nicel bir terimdir. Bitki su verimliliği, sulama yönetiminde etkin bir sulama programının uygulanıp uygulanmadığının değerlendirildiği bir göstergedir. Bu bağlamda Igbadun ve ark. (2006), üç tarla denemesi ile mısır bitkisinde bitki su verimliliğini belirlemeye yönelik bir araştırma yürütmüşlerdir. Sulama konuları, mısır bitkisinin bazı gelişme dönemleri ve haftalık sulama sıklıkları şeklinde oluşturulmuştur. Birinci ve ikinci tarla denemesi için 8 ve üçüncü tarla denemesi için 5 sulama konusu ele alınmıştır. Bitki su verimliliği bitki su kullanımı, uygulanan su ve ekonomik kazanımlara göre hesaplanmıştır. Bitki su kullanımı olarak verimlilik değerleri tüm sulama konuları için 0.40 ile 0.70 kg m^{-3} arasında değişim göstermiştir. Uygulanan suyun verimlilik değerleri 0.40 ile

0.55 kg m⁻³ arasında olmuştur. Ekonomik açıdan bitki su verimlilik değerleri ise 0.025 ile 0.033 \$ m⁻³ arasında değişmiştir. Bitkinin farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulama suyu miktarının, bitki su kullanım randımanını etkilediği bildirilmiştir. Mısır dane verimi uygulanan su miktarı, gelişme dönemlerinde meydana gelen sulama azalması ve sulama sıklığına göre değişmiştir. Birçok gelişme döneminde sulama uygulaması yapılmayarak elde edilen en büyük bitki su kullanım randımanı değerine karşın, verimde önemli azalmaların olduğu bildirilmiştir.

Sulamaya ayrılan su miktarı dünyanın birçok ülkesinde azalmaktadır. Bu durumda çiftçiler daha az su, diğer bir anlatımla kısıntılı sulama teknikleri kullanarak üretim yapmak zorundadır. Anılan duruma bir çözüm olması amacıyla Payero ve ark. (2006) mısır bitkisi için, kısıntılı sulama altında verim miktarını ve yarı kurak bölgelerde en iyi mısır verimini sağlayacak mevsimsel su değişimlerini belirlemeye yönelik bir araştırma yürütmüşlerdir. İki yıllık araştırmanın ilk yılında 8 ve ikinci yılında 9 kısıntılı sulama konusu irdelenmiştir. Farklı sulama konuları için FAO-56 kullanılarak gerçek mevsimsel evapotranspirasyon (ETa) hesaplanmıştır. ETa su sınırlaması olmaksızın ölçülen mevsimsel evapotranspirasyon (ETp) ile karşılaştırıldığında sulama konuları için araştırmanın ilk yılında %37–79 ve ikinci yıl %63–91 arasında değişim göstermiştir. Araştırmanın her iki yılında, mevsimlik kullanılan suyun artmasıyla verim artışı olmuştur. Ayrıca bitki su verimliliğinin (birim ETa karşılığında elde edilen verim) ETa/ETp oranıyla birlikte doğrusal bir şekilde arttığı bildirilmiştir.

2.5. Bitkilerde Göreli Kök Kuruluğu (Yarı Islatmalı Sulama)

Tardieu ve Davies (1992) arazi ve laboratuarda yürüttükleri araştırmalarda bitkilerde yaprak su potansiyelinin azalmasıyla absisik asit konsantrasyonunun arttığını saptamışlardır. Bitkilerde su stresine bir tepki olarak ksilem absisik asit konsantrasyonunun artarak stoma açıklığının kapandığı bildirilmiştir.

Kurak koşullarda ve tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde, ksilem absisik asit konsantrasyonu artmaktadır. Bitkide, ksilem elementleri su potansiyeli düştüğünde

absisik asit konsantrasyonunun artması yaprak ve kök gelişimini etkilemektedir (Munns ve Cramer, 1996).

Wilkinson ve Davies (1997) tarafından yapılan bir araştırmada bitki köklerinin bir bölümünün kuru kalmasıyla meydana gelen susuzluğun, ksilem özsuyu pH'sını arttırdığı saptanmıştır. Su stresi sonucu köklerden yapraklara giden sinyaller, örneğin ksilem özsuyu pH'sının artması gibi, stoma açıklıklarını kapatmış ve böylece yapraklardaki su tüketiminin azaldığı belirtilmiştir. Stoma davranışında gözlenen değişiklikler, ksilem ile taşınan absisik asit konsantrasyonunun değişmesiyle tetiklendiğine ilişkin veriler elde edilmiştir.

Sepaskhah ve Kamgar-Haghighi (1997) farklı sulama aralıklarıyla iki sulama tekniği altında şekerpancarı bitkisinin verim ve su kullanım randımanını saptamaya yönelik bir araştırma yürütmüşlerdir. Ele alınan sulama teknikleri; birincisi geleneksel sulama olarak adlandırılabilen her karığın sulanması, ikincisi ise yarı ıslatmalı sulama olarak adlandırılan her iki karıktan birinin sulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırmada yarı ıslatmalı sulama uygulaması: (1) sulama suyu yetiştirme mevsimi boyunca sabit bir şekilde iki karıktan birine uygulanmış; (2) sulama suyu birbirini izleyen sulamalarda ıslak ve kuru karıkların yer değişimi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sulama sıklığı 6, 10 ve 14 gün olarak ele alınmıştır. Genel olarak sulama sıklığı 6 gün olan parsellerden daha yüksek kök ve üst verim değerleri elde edilmiştir. Ayrıca sabit olmayan yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında elde edilen kök ve üst verim değerleri ile her karığın sulandığı konudan elde edilen verim değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında sulanan ve kuru bırakılan karıklarda, toprak su içeriği tarla kapasitesinden %32.7 daha düşük olmuştur. Bu nedenle anılan konuda derine sızmanın ihmal edilebileceği bildirilmiştir. Buna karşın özellikle sulama sıklığının 6 gün olduğu ve her karığın sulandığı konuda, toprak profilinin belirli bir bölümünün toprak su içeriği tarla kapasitesinden fazla olduğu için derine sızma kayıplarının olabileceği ifade edilmiştir.

Kang ve ark. (1998) tarafından yapılan bir araştırmada, mısır bitkisi kökleri iki ve üçe ayrılarak saksılarda yetiştirilmiş ve köklerin bir bölümünün kuru bırakılmasının bitki gelişmesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Sulanan ve kuru

bırakılan saksıların ardışık olarak değiştirildiği araştırmada bitkilerin su kullanım randımanının arttığı, kök gelişiminin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bunun sonucunda, bitki köklerinin yarısının kontrollü olarak ardışık sulanmasıyla arazide su tasarrufu sağlayabilecek bir yöntem geliştirilebileceği bildirilmiştir.

Bacon ve ark. (1998) yaptıkları araştırmada toprak su içeriğinin azalmasına bağlı olarak, ksilem özsuyu pH'sı artışıyla arpa yapraklarının uzama oranında değişiklik saptamışlardır. Toprağın kurumasıyla artan özsuyu pH'sı ile yaprak uzama oranının azalması arasında karşılıklı etkileşim olduğunu gözlemişlerdir. Yaprak uzama oranını azaltan ksilem özsuyu pH'sı artışının, susuzluk sinyali olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Lu ve Neumann (1998) yaptıkları araştırmada su stresi altında arpa ve mısır bitkilerinde oluşan ilk yapraklarda, gelişmenin ve hücre büyümesinin yavaşladığını saptamışlardır. Ayrıca mısır ve arpa bitkilerinin, yapraklarında hücre duvarı uzunluğunun azalması, yaprak gelişimini yavaşlatan su stresine bağlı olabileceğini ifade etmişlerdir. Lu ve Neumann (1999) tarafından yapılan bir başka araştırmada ise su stresi altında çeltik bitkisinin ilk yapraklarının gelişme oranının yavaşladığı ve kök-yaprak arası hidrolik iletkenlikte azalmaların meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca anılan azalmalar, su stresi altında yaprak gelişiminin sürekli yavaşlamasını düzenleyen birincil mekanizma olarak değerlendirilmiştir.

Ali ve ark. (1999) yaptıkları lizimetre çalışmasıyla kumlu topraklarda yetiştirilen buğdayda dane verimi, yaprak ozmotik basınç değişimi, yaprak gelişimi, yaprak gaz değişimi, hidrolik ve hidrolik olmayan kök sinyalleri üzerine aralıklı kuru bırakılan toprağın etkilerini araştırmışlardır. Katmanlara ayrılmış toprak tabakalarında susuz bırakılmış bitkilerin tamamen sulanmış bitkilere kıyasla ksilem ve yaprak absisik asit içeriğinin her ikisinde de azalma gözlenmiş; yaprak gelişimi ve stoma iletkenliği de azalmıştır. Ozmotik ayarlama, turgor korunumunu sağlayarak, su stresi altında verim oluşum sürecinin duraksamasını engellemiştir.

Kang ve ark. (2000) tarafından yapılan bir araştırmada mısırın verim ve su kullanım etkinliğini belirlemek için kurak bir bölgede tarla denemesi yürütülmüştür. Araştırmada sulamalar: (1) nöbetleşe değişimli karık sulama (her sulamada dönüşümlü olarak iki komşu karıktan biri sulanmış); (2) sabit karık sulama (her

sulamada sabit olarak iki komşu karıktan biri sulanmış) ve (3) geleneksel sulama (her karık her sulamada sulanmış) şeklinde uygulanmıştır. Kök gelişimi, toplam kök kuru ağırlığı ve kök yoğunluğu nöbetleşe değişimli sulanan karıklarda, diğer uygulamalara oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla kurak alanlarda su tasarrufu sağlamak için nöbetleşe değişimli karık sulamasının, mısır üretiminde bir çözüm olabileceği önerilmiştir.

Avustralya’da, üzüm bağlarında verimi azaltmaksızın görelî kök kuruluğu (partial root-zone drying) uygulamasıyla yeni bir sulama tekniğinin test edildiği bir araştırma yapılmıştır (Stoll ve ark., 2000). Araştırmada bitki kök sisteminin yarısının ıslak ve diğer yarısının kuru bırakılma işleminin 10–14 günlük aralıklarla nöbetleşe değişimiyle, ıslak kök bölgesinden kuru kök bölgesine doğru geceleyin su akışı ile oluşan görelî kök kuruluğunun, kimyasal sinyal yayınımına neden olabileceği ileri sürülmüştür.

Davies ve ark. (2000) tarafından sera koşullarında yapılan domates denemesiyle görelî kök kuruluğunun etkisi irdelenmiştir. Anılan araştırmada hem kökten yapraklara giden sinyallerde, hemde meyve kalitesinde artışın olabileceğine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Hem kimyasal hemde hidrolik sinyallerin görelî kök kuruluğunun etkisi sonucu oluştuğu ifade edilmiştir. Toprak kuruluğunun bir belirleyici özelliği olarak ksilem absisik asit konsantrasyonunun artışı, ksilem suyunun pH’sındaki bir değişim sonucu meydana gelebileceği ileri sürülmüştür. Ayrıca pH’ya birçok iklimsel faktörlerin de etkide bulunabileceği bildirilmiştir.

Chaffey (2001) bitkilerin bazı köklerinin kuru kalmasıyla verimin azalmayacağını göstermiştir. Yarı ıslatmalı sulama, diğer kısıntılı sulama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bitkilerin su eksikliği nedeniyle zarar görmediği ve meyve tadında bile gelişme olduğu bildirilmiştir. Yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında stomaların kapanması ve yaprak oluşumunun duraksaması absisik asit üretimine dayandırılmaktadır.

Kang ve ark. (2001) tarafından yapılan bir başka araştırmada acı biber bitkisinin kökleri ikiye ayrılıp ayrı saksılara konularak damla sulama yöntemiyle üç ayrı sulama uygulamasının etkileri araştırılmıştır. Tarla kapasitesinin %65 ve %55’inde su uygulamaları yapılmıştır. Tarla kapasitesinin %65’inde köklerin

yarısının ardışık değiştirilerek yapılan sulamada, diğer konuya kıyasla en yüksek verim ve en iyi su kullanım etkinliğinin elde edildiği gözlenmiştir.

Yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında pamuk ve domates bitkilerinin kök bölgesinde tuz yığılmasının irdelendiği bir araştırma yürütülmüştür (Kaman ve ark., 2006). YIS uygulamasının her iki bitkide gelişimi olumsuz etkileyecek düzeyde tuz birikimine neden olmadığı saptanmıştır. Aynı çalışmada, YIS uygulamasının domates veriminde önemli düşmeye neden olmadan su tasarrufu sağlayabileceği Ekici (2002) tarafından da rapor edilmiştir.

İki-üç yaşındaki bazı fidan köklerinin iki saksıya bölümlendirilmesiyle yapılan diğer bir çalışmada (Augé ve Moore, 2002), yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında kökten filize giden hidrolik olmayan sinyallerin etkileri araştırılmıştır. Kök sisteminin yarısının kuru bırakılmasıyla stoma iletkenliğinde azalmalar olduğu görülmüş ve bazı fidan çeşitlerinde, stomaların daha fazla duyarlılık gösterdiği bildirilmiştir.

Kang ve ark. (2002) tarafından armut bahçesinde toprak su dağılımı, su tutma ve su kullanım verimliliğine ilişkin bir araştırma yürütülmüştür. Anılan çalışmada: (1) geleneksel sulama; (2) sabit yarı kök bölgesi sulaması ve (3) nöbetleşe değişen yarı kök bölgesi sulaması (YIS) olmak üzere üç konu irdelenmiştir. Çin’de yapılan çalışmada armut bahçesinin maksimum su kullanımı yaz ortasında 7 mm gün⁻¹’ü aşmış ve sonbahar ortasına doğru yaklaşık olarak 3.5 mm gün⁻¹’e düştüğü görülmüştür. YIS tekniğinin, meyve verimini azaltmaksızın su kullanımında önemli tasarruf sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Stikic ve ark. (2003) tarafından görelî kök kuruluğu olarak ta adlandırılabilen YIS’nın bitkiler üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla bitki materyali olarak domatesin kullanıldığı bir araştırma yürütülmüştür. Araştırma süresince bitki gelişimi, verim, şeker içeriği vb. parametrelerin gözlem ve ölçümü yapılmıştır. Meyve çapı, kuru ağırlık, toplam mineraller, fotosentez, transpirasyon ve su kullanım randımanı değerleri YIS ile kontrol konu arasında önemli farklılık göstermemiştir. Bitki boyu ve yaprak alanı değerleri kontrol konusu altında daha yüksek olmuştur. Ancak kontrol konuya oranla YIS konusu altında, bitki su kullanım randımanında ile birlikte, şeker içeriğinin artmasının daha anlamlı bir kazanç olduğu ifade edilmiştir.

Tam ve yarı ıslatmalı sulama uygulamasıyla armut ağaçları üzerinde su tüketimi, kök ve gövde özsuyu iletimi, toprak su dağılımları araştırılmıştır (Kang ve ark., 2003). Anılan çalışmada yarı ıslatmalı sulama uygulaması, her sulamada bitki köklerinin bir tarafı ıslatılacak şekilde yer değiştirilmek ve deneme sezonu boyunca sadece bitki köklerinin bir tarafı ıslatılarak diğer tarafının sürekli kuru bırakılması suretiyle iki farklı şekilde uygulanmıştır. Her iki yarı ıslatmalı sulama uygulamasının sulanan taraflarında, köklerde özsuyu iletimi tam sulamadan daha yüksek gerçekleşmiştir. Buna karşın bitki gövdesindeki özsuyu iletimi tam sulama konusundan daha düşük olmuştur. Ayrıca taban suyundan kapılar yolla sağlanan destek, yarı ıslatmalı sulama konularında tam sulama konusu ile karşılaştırıldığında artış kaydedilmiştir. Bu durumda sulama ve yağışlar sonucu toprakta depolanan suyun drenaj ile kaybolmasının azaltılacağı bildirilmiştir. Buna ek olarak sulama mevsimi sonrasında yağmur sularının depolanması için toprakta daha büyük bir hacmin olacağı, yarı ıslatmalı sulama uygulamasının diğer bir üstünlüğü olarak ifade edilmiştir.

Domates bitkisinin geleneksel ve yarı ıslatmalı sulama gibi farklı kısıntılı sulama uygulamaları altında azot kullanım randımanının belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada tam ve yarı ıslatmalı sulama konularında azot kullanım randımanları arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmazken, geleneksel kısıntılı sulama konusundan elde edilen azot verimi istatistiksel olarak tam sulama konusundan daha düşük olduğu bildirilmiştir (Topçu ve ark., 2003).

Kısıntılı sulama ile yarı ıslatmalı sulamanın domateste verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışma Zegbe-Dominguez ve ark. (2003) tarafından yapılmıştır. Sulama konuları arasında, meyvede kuru madde içeriği yönünden farklılık önemli bulunmamış, meyve sayısı ve meyve su içeriği kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı konularında tam sulama konusuna oranla azalmıştır. YIS konularında meyve olgunluğu diğer konulardan bir hafta daha önce gerçekleşmiştir.

Kırda ve ark. (2004) sulama suyundan tasarruf sağlamaya yönelik yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında serada domates bitkisiyle iki yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmada: 1) TS, sulama suyu bitki köklerinin her iki tarafına uygulanan ve sulama suyu miktarı A-Sınıfı buharlaşma kazanından elde edilen

verilerle hesaplan kontrol konusu; 2) 1YIS30, sulama suyu miktarı TS konusundan %30 eksik ve her sulamada bitki köklerini bir yarısı ardışık olarak ıslak ve kuru bırakılan konu; 3) 1YIS50, sulama suyu miktarı TS konudan %50 eksik ve her sulamada bitki köklerini bir yarısı ardışık olarak ıslak ve kuru bırakılan konu; 4) 2YIS50, sulama suyu miktarı 1YIS50 konusu ile aynı ancak her iki sulamada bir bitki köklerini bir yarısı ardışık olarak ıslak ve kuru bırakılan konu; 5) KS30, sulama suyu miktarı 1YIS30 konusu ile aynı ancak her sulamada bitki köklerini her iki tarafı ıslatılan konu; 6) KS50, sulama suyu miktarı 1YIS50 konusu ile aynı ancak her sulamada bitki köklerini her iki tarafı ıslatılan konu olmak üzere toplam altı sulama konusu ele alınmıştır. Araştırmanın ilk yılında TS konusu sulama suyu miktarının yarısına sahip olan 1YIS50 konusundan elde edilen verim değeri ile TS konusundan elde edilen verim değeri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli görülmemiştir. En düşük verim 2YIS50 konusundan elde edilmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanı ise 1YIS50 ile 2YIS50 konularında gerçekleşmiştir. 1YIS50 konusu için benzer sonuçlar araştırmanın ikinci yılında da gerçekleşmiştir. Ek olarak YIS uygulamasının meyve kalitesini de artırdığı gözlenmiştir.

Zegbe ve ark. (2004) tarafından, karık ve damla sulama yöntemleri ile yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında domateste bitki su ilişkileri, ürün ve meyve kalitesi üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada: (1) Karık-tam sulama, bitkilerin her iki tarafında bulunan karıkların tamamı karık sulama yöntemiyle aynı anda sulanmış; (2) Karık-yarı ıslatmalı sulama, yine karık sulama yöntemiyle bitkilerin her iki tarafında bulunan karıklardan bir tanesi sulanırken diğeri kuru bırakılmış ve bir sonraki sulamada kuru bırakılan karık sulanmış; (3) Damla-tam sulama, bitkilerin her iki yanında bulunan karıklar aynı anda damla sulama yöntemiyle sulanmış; (4) Damla-yarı ıslatmalı sulama, her bir sulamada karıkların biri yine damla sulama yöntemiyle sulanırken diğeri karık kuru bırakılmış ve sonraki sulamada kuru bırakılan karığın sulanması şeklinde 4 farklı sulama konusu ele alınmıştır. Karık-yarı ıslatmalı sulama dışında diğeri üç sulama konusu altında yaprak su potansiyeli değerleri hemen hemen aynı olmuştur. Karık-yarı ıslatmalı sulama altında yapılan 4 ayrı örnekleme dışında sadece bir örneklemede yaprak su potansiyeli gün ortası değeri en düşük olarak gerçekleşmiştir. Damla-yarı ıslatmalı

sulama altında meyveler daha kırmızı renk alırken, toplam çözülebilir kuru madde konsantrasyonu daha yüksek olmuştur. Meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, toplam meyve kuru ve yaş ağırlığı ve hasat indeksi değerleri tüm uygulamalarda aynı olurken, tam sulama ile karşılaştırıldığında yarı ıslatmalı sulama bitkilerinin su kullanım randımanında artış meydana gelmiştir. Tam sulama konularına oranla yarı ıslatmalı sulama uygulamaları altında, %50 su tasarrufu ile su kullanım randımanı ortalama %70 artış göstermiştir.

Nakajima ve ark. (2004) asma, zeytin, elma ve domates bitkilerinde geleneksel sulama, kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı sulama uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Geleneksel sulama altında, beklenildiği gibi toprak su içeriği kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulamalara oranla daha yüksek olmuştur. Buna karşın, her üç sulama konusu altında yaprak ve meyvede besin konsantrasyonu değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte, geleneksel sulamaya oranla kısıntılı sulama altında, asma yaprağı ve zeytin meyve konsantrasyonunda potasyum elementinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bu duruma transpirasyon oranındaki azalmanın neden olabileceği ifade edilmiştir. Asma bitkisinde şafak vakti yaprak su potansiyeli geleneksel ve kısıntılı sulama konuları için -0.23 MPa civarında bulunmuştur. Bu durum kısıntılı sulama altında daha düşük olan toprak su içeriğinin asma bitkisinde yaprak su potansiyelini olumsuz etkilemediğini göstermektedir. Elma ve domates bitkilerinde ise gün ortası-öğle vakti ölçümü yapılan yaprak su potansiyeli, yarı ıslatmalı sulama konusuna (elma için -0.65 MPa, domates için -0.48 MPa) oranla geleneksel sulama altında (elma için -0.56 MPa, domates için -0.38 MPa) daha yüksek gerçekleşmiştir. Araştırmada üzüm, zeytin, elma ve domates bitkileri için sırasıyla %40, %66, %50 ve %50 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Bu nedenle meyve mineral besin elementleri üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmaksızın kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulamaların, geleneksel sulamaya kıyasla daha yararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Mısır bitkisinin geleneksel kısıntılı (KS) ve yarı ıslatmalı sulama uygulamalarına (YIS) verdiği tepkilerin araştırıldığı bir başka araştırma yine Kırdı ve ark. (2005) tarafından yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak tek bir mısır çeşidi (*Sele*) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda daha önce Kang ve ark.

(2000) tarafından yapılan araştırma sonucunun aksine KS konusuna oranla YIS konusunun üstünlükleri görülmemiştir. Diğer bir deyişle YIS ve KS konusundan elde edilen verim değerleri istatistiksel anlamda farklı olmamış ve aynı gruba girmiştir. YIS verimleri, TS konusundan elde edilen verim değerine kıyasla daha düşük bulunmuştur. TS konusuna oranla sulama suyu miktarından %50 oranında kısıntı yapılan YIS ve KS konularındaki verim, TS konusu ile karşılaştırıldığında %10–23 oranında az olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, N (azot) kullanım randımanı KS konusuna oranla YIS uygulaması altında daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, YIS ve KS konularında benzer miktarda su tasarrufu sağlanmasına karşın, N (azot) kullanım randımanının YIS altında daha yüksek gerçekleşmesi, YIS uygulamasının su tasarrufu sağlanmasına ek olarak çevre dostu özelliği de gözlenmiştir.

Dorji ve ark. (2005) tarafından biber bitkisinin gelişim ve kalitesi üzerine geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama uygulamaları karşılaştırılmıştır. Araştırmada ele alınan konular: (1) Kontrol konusu; (2) Kontrol konuya uygulanan su miktarının yarısının uygulandığı geleneksel kısıntılı (KS50) ve (3) yine kontrol konuya uygulanan su miktarının yarısı ile her sulamada bitki köklerinin bir yarısı ıslatılması (YIS50) şeklinde oluşturulmuştur. Şafak vakti yaprak su potansiyeli değerleri en yüksek Kontrol konusunda görülmüş ve bunu YIS50 konusu izlemiştir. En düşük yaprak su potansiyeli değerleri ise KS50 konusu altında gerçekleşmiştir. Gün ortası yaprak su potansiyeli değerleri şafak vakti ölçülen değerlerden daha düşük gerçekleşmekle birlikte, sulama konuları için sıralama Kontrol > YIS50 > KS50 şeklinde oluşmuştur. Toplam taze meyve verimleri Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında YIS50 konusu altında %19 ve KS50 konusu altında %34.7 azalma meydana gelmiştir. Beklenildiği gibi Kontrol konusu altında kök bölgesi toprak su içeriği en yüksek değerde seyretmiştir. YIS50 konusunun ıslak tarafı ile ıslak-kuru ortalama toprak su içeriği değerleri Kontrol konusundan daha düşük ve KS50 konusuna oranla daha yüksek gerçekleşmiştir. Bununla birlikte YIS50 konusunun kuru tarafı KS50 konusu altında meydana gelen toprak su içeriği değerlerine benzer bir davranış sergilemiştir. Kök, toprak üstü ve meyve kuru madde yüzde değerleri arasındaki farklılık her üç sulama konusu için istatistiksel anlamda

önemli olmamıştır. Su kullanım randımanı en yüksek YIS50 konusu altında gerçekleşmiştir. YIS50 konusunu sırasıyla KS50 ve Kontrol konuları izlemiştir.

Wakrim ve ark. (2005) tarafından yarı ıslatmalı sulama (YIS) ile geleneksel kısıntılı sulamanın (KS) etkilerini karşılaştırılmak amacıyla suyun kısıtlandığı bitkilerde yarı ıslatmalı sulama sonucu oluşan hormonal sinyallerle bitkide meydana gelebilecek olası tepkileri irdelemeye yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Anılan çalışmada bitki materyali olarak fasulye kullanılmış ve bitki gelişimi, su ilişkileri, yaprak absisik asit konsantrasyonu ile ksilem özsuğu pH'sı gibi parametreler değerlendirilmiştir. Bununla birlikte çalışmada: (1) bitkide meydana gelen terlemeyi %100 karşılayan Kontrol konusu; (2) Kontrol konusuna uygulanan sulama suğunun %50'sinin uygulandığı ve bitki köklerinin bir yarısının ıslatılıp diğer yarısının kuru bırakılmasıyla meydana gelen yarı ıslatmalı sulama (YIS50); (3) yarı ıslatmalı sulama konusuna uygulanan sulama suyu ile aynı miktarda olmasına karşın bitki köklerinin tamamının ıslatıldığı geleneksel kısıntılı sulama (KS50) konuları olmak üzere üç sulama konusu ele alınmıştır. Yaprak su potansiyeli ölçümleri sonucunda Kontrol konusuna oranla YIS50 ve KS50 sulama konularının her ikisinde anlamlı bir azalma oluşmasına karşın, YIS50 ve KS50 arasındaki farkın önemli olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca Kontrol konusuna oranla YIS50 ve KS50 konularında fasulye filizi ve fasulye meyvesi kuru madde değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bununla birlikte transpirasyonla tüketilen toplam su miktarı, her iki kısıntılı sulama konusu altında Kontrol konusuna göre anlamlı olarak azalmıştır. Ancak su kullanım randımanı, Kontrol konusuna oranla önemli oranda artmıştır. Ek olarak, fasulye bitkisinin toprak kuruluşuna karşı gösterdiği fizyolojik tepkiler bakımından, YIS50 ve KS50 konuları altında oluşan değişimin önemli olmadığı ifade edilmiştir.

De Souza ve ark. (2005) tarafından asmada su kullanım randımanı, verim ve asma kalitesini artırmaya yönelik bir kısıntılı sulama tekniğı olan yarı ıslatmalı sulama (YIS) üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Çalışmada: (1) bitki su tüketiminin tam olarak karşılandığı Kontrol konusu; (2) yağış koşullu hiç sulanmayan Susuz konu; (3) Kontrol konusuna uygulanan su miktarının %50'si periyodik olarak bitki köklerinin bir yanına verildiğı YIS (YIS50) ve (4) Kontrol konusuna uygulanan su miktarının %50'si bitki köklerinin her iki yanına uygulandığı

kısıntılı sulama (KS50) konuları olmak üzere dört sulama konusu irdelenmiştir. Bitki materyali olarak ta iki asma çeşidi (*Moscatel* ve *Castelão*) ele alınmıştır. Kontrol, YIS50 ve KS50 sulama konuları için sezon içerisinde asma çeşitleri üzerinde yapılan ölçümlerden fotosentez ve flörörens (fluorescence) parametrelerinde görülen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Yetiştirme mevsimi boyunca her iki asma çeşidinin şafak yaprak su potansiyelleri, Kontrol konusu altında -0.2 MPa ve YIS50 ve KS50 konuları altında -0.4 MPa olarak gerçekleşmiştir. Hiç sulanmayan konuda ise yaprak su potansiyeli değerleri *Moscatel* çeşidinde -0.6 MPa ve *Castelão* çeşidinde -0.8 MPa'a ulaşmıştır. Özellikle gün ortası yaprak su potansiyeli, KS50 konusuna oranla YIS50 konusu altında Kontrol konusuna daha yakın olduğu gözlenmiştir. YIS50 ve KS50 konularına aynı miktarda sulama suyu uygulanmasına karşın, YIS50 konusunda gün ortası yaprak su potansiyeli değerinin yüksek olması, YIS50'nin stoma iletimini kısıtlayabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Çeşitler arasındaki farklılığın, stoma duyarlılığı, filiz gelişimi ya da elverişli su kök-çeşit etkileşimindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Fas'ta kurak koşullar altında zeytin ağaçları için verim, su kullanım randımanı ve bitki gelişimi üzerine yarı ıslatmalı sulama uygulaması (YIS) etkilerinin belirlenmesine (Wahbi ve ark., 2005) yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Diğer birçok yarı ıslatmalı sulama araştırmalarında olduğu gibi: (1) bitki su ihtiyacının tamamen karşılandığı (%100) ve bitki köklerinin her tarafının ıslatıldığı Kontrol konusu; (2) Kontrol konusuna uygulanan sulama suyu miktarından %50 kısıntı yapılarak ve her iki haftada bir bitki kök sisteminin bir yarısının dönüşümlü olarak ıslatılıp kuru bırakıldığı 1YIS50 konusu; (3) 1YIS50 konusu ile aynı miktarda sulama suyu miktarına sahip ancak her dört haftada bir bitki kök sisteminin bir yarısının dönüşümlü olarak ıslatılıp kuru bırakıldığı 2YIS50 konusu; (4) Kontrol konuya uygulanan sulama suyu miktarına eşit, ancak her iki haftada bir bitki kök sisteminin bir yarısının dönüşümlü olarak ıslatılıp kuru bırakıldığı 1YIS100 konusu olmak üzere dört sulama konusu ele alınmıştır. YIS konuları stoma direnci ve sonradan yaprak su potansiyelinde bir artışın başlamasıyla zeytin su ilişkilerini anlamlı olarak etkilemiştir. 1YIS50 ve 2YIS50 konuları altında verim azalışının esasen meyve sayılarındaki azalma nedeniyle meydana geldiği bildirilmiştir. Bununla

birlikte, Kontrol konusuna oranla 1YIS50 ve 2YIS50 konularında ortalama zeytin meyve çaplarının biraz daha büyük olduğu gözlenmiştir. Kontrol ve tüm YIS konuları altında zeytin meyvesinin yağ yüzdesi ve yağ asidinde meydana gelen farklılığın anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca; Kontrol konusu ile karşılaştırıldığında, sulama suyundaki %50 azalmaya karşın verimde meydana gelen %15–20’lik azalmanın YIS konuları için bir kazanım olduğu belirtilmiştir. 1YIS50 ve 2YIS50 konuları altında, Kontrol ve 1YIS100 konularına oranla su kullanım randımanının %60–70 oranında artış gösterdiği bildirilmiştir.

Gelecek on yıllarda özellikle kısıtlı su kaynağına sahip olan ülkelerde, daha az su kullanımı ile tarımda verim artışına yönelik araştırmalar giderek önemini artıracaktır. Bu bağlamda Centritto ve ark. (2005) tarafından, sulama suyundan büyük oranda tasarruf sağlayan, YIS uygulamasına yönelik bir araştırma yürütülmüştür. Fas’ta yapılan araştırma yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında zeytin bitkisinin tepkilerini belirlemeye yönelik olmuştur. Araştırmada: (1) bitki su tüketiminin tamamen karşılandığı kontrol; (2) Kontrol konuya uygulanan sulama suyu miktarının %50’si ile bitki köklerinin her sulamada bir yarısını ıslatılacak şekilde yapılan yarı ıslatmalı sulama (YIS50) ve (3) Kontrol konuya uygulanan sulama suyu miktarıyla aynı olmakla birlikte yine bitki kök bölgesinin her sulamada bir yarısının ıslak kalan diğer yarısının kuru bırakıldığı yarı ıslatmalı sulama (YIS100) olmak üzere üç konu ele alınmıştır. Kontrol ve YIS100 konuları için günlük yaprak su potansiyeli değerleri arasında önemli bir değişim bulunmamıştır. Ancak; Kontrol konudan anlamlı derecede düşük olmakla birlikte, YIS50 konusu altında ölçülen günlük yaprak su potansiyeli değerleri ile YIS100 konusu altında ölçülen değerler arasındaki değişim de önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte YIS50 ile Kontrol konu altında meydana gelen yaprak oransal su içeriği arasındaki değişimin benzer olduğu bildirilmiştir.

Gençoğlu ve ark. (2006) iki damla sulama tekniği ve dört sulama düzeyi altında fasulye bitkisinin su kullanımı, verim, su kullanım randımanı, sulama suyu kullanım randımanı, bitki su ilişkileri ve bitki kuru ağırlığının etkilerini araştırmışlardır. İki damla sulama tekniğini, geleneksel sulama ve yarı ıslatmalı sulama uygulamaları teşkil etmektedir. Sulama programlarına başladıktan sonra

uygulanan sulama suyu göz önüne alındığında, yarı ıslatmalı sulama konuları için sulama suyundan %50 oranında tasarruf edildiği bildirilmiştir. Kuru bitki ağırlığı geleneksel sulama altında yarı ıslatmalı sulamaya oranla yüksek, ancak önemli bulunmamıştır. Yarı ıslatmalı sulama konularında su kullanım randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı değerlerinin arttığı ifade edilmiştir.

Kırda ve ark. (2006), yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında bazı bitki türlerinin verim tepkilerini irdelemek amacıyla üç yıl süreli araştırmalar yürütmüşlerdir. Araştırmada bitki materyali olarak; domates, biber, mısır, pamuk ve mandalina olmak üzere beş bitki türü ele alınmıştır. Ele alınan bitki türleri içerisinde domates Kırda ve ark. (2004), mısıra ilişkin bulgular yine Kırda ve ark. (2005) tarafından ayrıca irdelenmiştir. Anılan araştırmalarda biber bitkisi için sulama konuları TS, 1YIS50 ve 2YIS50 şeklinde oluşturulmuştur. Sulama suyundaki azalma ile orantılı olarak YIS konuları altında meyve verimi düşmüştür. Pamukta ise TS, 1YIS50 ve KS50 konularından elde edilen verimler arasında istatistiksel anlamda farklılık bulunmamıştır. Buna karşın su kullanım randımanının TS konusuna oranla 1YIS50 ve KS50 konularında önemli olarak arttığı kaydedilmiştir. Mandalina bitkisinde 1YIS30 ve 1YIS50 konuları altında elde edilen verim değerleri ile TS konusu altındaki verim değeri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. 1YIS50 ile KS50 konularına aynı miktarda sulama suyu verilmesine karşın, KS50 konusundan elde edilen verim değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha düşük olduğu bildirilmiştir.

“Bitkilerde Göreli Kök Kuruluşu (Yarı Islatmalı Sulama)” alt başlığı içerisinde yapılan kaynak taramasından, YIS tekniği üzerine yaklaşık son on yıldır yoğun bir şekilde araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Ancak anılan araştırmalarda bitki materyali olarak tek bir bitki türü kullanılmıştır. Anılan araştırmalardan da anlaşılabileceği üzere, farklı kısıntılı sulama uygulamaları altında bir bitkinin farklı çeşitleri ele alınarak meydana gelebilecek olası farklılıklar üzerinde durulmamıştır. Aynı bitki türünün ele alındığı ve farklı iklim ve toprak özelliklerinde yapılan araştırmalardan (ör., Kang ve ark., 2000; Kırda ve ark., 2005) elde edilen bulgular birbirinden farklı olmuştur. Kang ve ark. (2000) ile Kırda ve ark. (2005) ele aldıkları mısır bitkisinde, YIS tekniği altında farklı verim elde etmişlerdir. Bu nedenle ele

alınan araştırmada, yarı ıslatmalı ve geleneksel kısıntılı sulama uygulamaları altında beş farklı mısır çeşidi üzerinde çalışmıştır. Araştırma süresince kontrol konu ile birlikte YIS ve KS uygulamaları altında mısır çeşitlerinin farklı tepkilerini irdelemek amacıyla dane verimine ek olarak verim parametreleri, kök gelişimi, yaprak alan indeksi vb. gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Çalışmada, YIS ve KS konuları altında gözlenen mısır dane verim farklılıklarının çeşide bağlı bir davranış olup olmadığının irdelenmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırmada, damla sulama yöntemi altında kontrol TS, geleneksel KS ve YIS olmak üzere üç farklı sulama uygulaması altında beş farklı mısır çeşidinin verim tepkilerinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2004 – 2005 yılları arasında 2 yıl süre yürütülmüştür. Araştırma alanı 36° 59' kuzey enlemi ve 35° 18' doğu boylamındadır. Araştırma alanının denizden yüksekliği ise 20 m'dir.

3.1.2. İklim Durumu

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Araştırmanın yapıldığı yıllara ait iklim verileri araştırma alanında bulunan iklim gözlem istasyonundan, uzun yıllar gözlem sonuçları ise Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. Araştırmanın yapıldığı yıllara ilişkin bazı iklimsel veriler ve uzun yıllar ortalamalar Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılabileceği gibi araştırmanın yapıldığı 2004 ve 2005 yılları ile uzun yıllık iklimsel verilerden, yörede uzun yıllar ortalama sıcaklığın 18.8 °C olduğu görülmektedir. Ağustos ayı 28.1 °C ile en sıcak ay iken, 9.9 °C ile ocak ayı en soğuk aydır. Yağışların tamamına yakını kış aylarında düşmektedir. Yıllık ortalama yağış 649.5 mm'dir. Ancak yağışların yıl içerisinde dağılımı türdeş değildir. Oransal nem genellikle yaz aylarında sıcaklığın artması ve tarım arazilerinde sulama mevsiminin başlamasıyla yüksek değerlere çıkmaktadır. Kış aylarında ise oransal nem düşüş göstermektedir. Uzun yıllar ortalama oransal nem yaklaşık olarak %66'dır. Rüzgar hızının uzun yıllar ortalaması 1.7 m s⁻¹'dir.

Çizelge 3.1. Denemenin yürütüldüğü yıllara ilişkin bazı iklim verileri ve uzun yıllar (1929–1990) aylık ortalama değerleri

Aylar	Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	Rüzgar hızı, m s ⁻¹	Yağış, mm	Güneşlenme süresi, h	Buharlaşıma (Epan), mm	Buhar basıncı açığı, mb
Uzun Yıllar (1929 – 1990) Aylık Ortalamalar							
Ocak	9.9	66.0	1.7	111.1	4.5	47.3	4.1
Şubat	10.4	66.0	1.7	92.8	5.3	56.1	4.3
Mart	13.1	66.0	1.8	67.9	6.1	84.9	5.1
Nisan	17.1	69.0	1.8	51.4	7.5	119.7	6.0
Mayıs	21.4	67.0	1.8	46.7	9.3	170.5	8.4
Haziran	25.2	66.0	1.9	22.4	11.0	210.1	10.9
Temmuz	27.7	68.0	2.0	5.4	11.2	243.4	11.9
Ağustos	28.1	67.0	1.9	5.1	11.1	224.6	12.5
Eylül	25.4	63.0	1.6	14.8	9.3	181.0	12.0
Ekim	21.0	60.0	1.3	43.6	7.4	120.8	9.9
Kasım	15.1	63.0	1.3	67.2	6.1	66.3	6.3
Aralık	11.1	66.0	1.5	118.1	4.4	47.0	4.5
Yıllık Ortalama	18.8	65.6	1.7	649.5	93.2	1571.7	8.0
2004							
Haziran	25.6	69.6	1.3	-	11.0	205.8	22.7
Temmuz	28.6	70.4	1.3	1.5	11.2	234.2	27.4
Ağustos	28.4	75.1	1.2	10.0	9.9	211.3	28.9
Eylül	26.4	63.9	1.1	-	9.4	171.8	21.2
Ekim	23.4	58.4	1.1	2.0	7.9	134.0	16.0
Kasım	15.7	63.6	1.3	141.1	5.3	69.0	11.4
2005							
Haziran	25.7	72.4	1.4	16.1	10.2	199.1	23.7
Temmuz	28.7	79.3	1.5	7.6	9.7	192.0	31.4
Ağustos	29.2	76.4	1.5	24.4	10.6	188.3	30.7
Eylül	26.0	69.2	1.3	28.1	8.6	147.9	22.7
Ekim	19.8	60.6	1.0	37.9	7.9	100.2	13.2
Kasım	13.9	66.6	0.9	64.6	5.0	50.8	10.1

Ekim ve kasım aylarında en düşük rüzgar hızı 1.3 m s^{-1} ve en yüksek rüzgar hızı da 2.0 m s^{-1} ile temmuz ayında ölçülmüştür. Buhar basıncı açığı uzun yıllar ortalama değeri 8.0 mb 'dır. Buhar basıncı açığının en düşük olduğu ay 4.1 mb ile ocak ayı ve en yüksek olduğu ay 12.5 mb ile ağustos ayıdır. Buhar basıncı açığı değerlerinin yıl içerisindeki değişimi oransal nem ve sıcaklık ile bir paralellik göstermektedir. Uzun yıllar ortalama açık su yüzeyi buharlaşması 1572 mm 'dir. Açık su yüzeyi buharlaşmasının en düşük olduğu ay 47 mm ile aralık ayı ve en yüksek olduğu ay ise 243 mm ile temmuz ayıdır.

3.1.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri

Araştırma alanı toprakları Mutlu serisi içindedir. Deneme alanı topografyası düz ve düze yakındır. Topraklar kireç bakımından orta derecede zengin ve hakim rengi koyu kırmızımsı kahverengidir (Özbek ve ark., 1974). Toprak profili yüksek oranda şişme özelliği taşıyan kil tipi içermektedir.

Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi deneme toprağı pH'sı $7.7\text{--}8.0$; elektriksel iletkenlik (ECe) $0.16\text{--}0.25 \text{ dS m}^{-1}$; hacim ağırlığı (ρ) $1.16\text{--}1.25 \text{ g cm}^{-3}$; tarla kapasitesi (TK) su içeriği $0.40\text{--}0.41 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ve solma noktası (SN) ise $0.26\text{--}0.28 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ arasında değişmektedir. Araştırma alanı topraklarının tuzluluk yönünden herhangi bir sorunu bulunmamaktadır.

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katman	TK	SN	ρ	pH	ECe	Organik Toplam	Bünye	
Derinliği (cm)	($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)	(g cm^{-3})		(dS m^{-1})	Madde (%)	Azot (%)	Sınıfı
0–30	0.40	0.26	1.19	7.8	0.25	0.80	0.075	C
30–60	0.40	0.26	1.19	7.7	0.18	0.55	0.045	C
60–90	0.41	0.28	1.16	7.7	0.19	0.30	0.025	C
90–120	0.41	0.28	1.25	8.0	0.16	0.06	0.004	C

3.1.4. Sulama Suyu Kaynağı

Araştırma için sulama suyu Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden geçen Kuzey Yüreğir Sulama Birliğine ait YS1 ana sulama kanalından sağlanmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSS (1954)'te ayrıntısı verilen yöntemler kullanarak analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir. Sulama suyu analizi sonucunda araştırmada kullanılacak sulama suyunun bitki gelişmesini duraksatacak bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Sulama suyu sınıfı	EC _w (dS m ⁻¹)	pH	Kasyonlar (me L ⁻¹)				Anyonlar (me L ⁻¹)			% Na
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	HCO ⁻³	Cl ⁻	SO ⁻⁴	
C ₂ S ₁	0.358	7.1	0.45	0.07	1.54	1.54	1.6	0.94	1.06	12.5

3.1.5. Araştırmada Kullanılan Mısır Çeşitleri

Araştırmaya başlamadan önce Çukurova koşullarında yetişebilen on farklı mısır çeşidi sera koşullarında değerlendirilmiştir. Sera koşullarında saksı denemesinde ele alınan 10 adet mısır çeşidi ve üretici firma isimleri Çizelge Ek.1'de listelenmiştir. Sera koşullarında saksı denemesinde: (1) Kontrol konu, her sulamada eksilen su miktarının tarla kapasitesine getirildiği; (2) Eksik sulama, tarla kapasitenin üçte ikisi oranında ve (3) Stres sulama, tarla kapasitenin üçte biri oranında uygulandığı üç sulama konusu ele alınmıştır. Sekiz yinelemeli olarak üç değişik sulama düzeyi altında toplam 240 adet saksıda sulamaya karşı on adet mısır çeşidinin tepkileri irdelenmiştir. Saksılarda yapılan araştırmada bitki boyu, yaprak alanı (Şekil Ek.1), kök gelişimi (Şekil Ek.2), kuru madde üretimi vb. gözlem ve ölçümler yapılarak mısır çeşitleri arasındaki olası farklılıklar saptanmıştır. Arazi koşullarında araştırma olanakları dikkate alınarak anılan on adet mısır çeşidinden gelişme yönünden ekstrem farklılıklar gösteren 5 çeşit araştırmada bitki materyali olarak

kullanılmıştır. Geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama uygulamalarına karşı verim tepkilerini irdelemek amacıyla seçilen 5 farklı mısır çeşidi Çizelge 3.4’de listelenmiştir.

Çizelge 3.4. Araştırmada kullanılan mısır çeşitleri

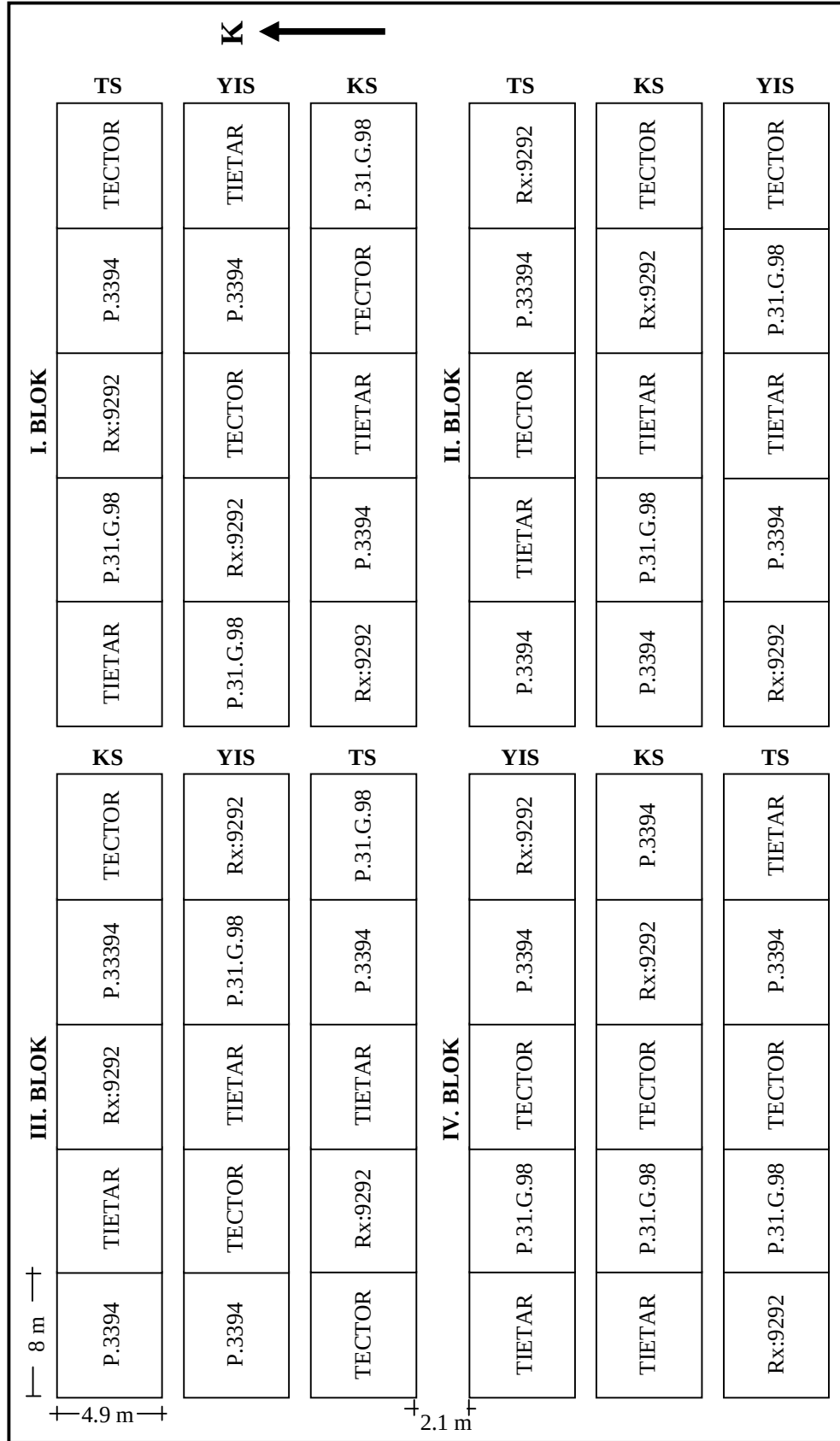
Çeşit No	Çeşit Adı	Üretici Firma
1	P.31.G.98	PIONEER
2	P.3394	PIONEER
3	Rx:9292	MAY TOHUMCULUK
4	TECTOR	SYNGENTA
5	TIETAR	MONSANTO

3.2. Metod

3.2.1. Denemenin Düzenlenmesi ve Sulama Konuları

Konulara göre farklı miktarlardaki sulama suyu, damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Araştırmada sulama konuları ve mısır çeşitleri bölünmüş parseller deneme deseninde 4 yinelemeli olarak yerleştirmiştir (Şekil 3.1).

Her bir konu 8 m uzunluğunda ve 4.9 m eninde 7 sıradan oluşmuştur. Araştırmada sulama konusu olarak TS, YIS ve KS konuları ele alınmıştır (Çizelge 3.5).



Şekil 3.1. TS, YIS ve KS konuları ve beş mısır çeşidinin bölünmüş parseller deneme deseninde tesadüfî olarak dağıtılması

Çizelge 3.5. Sulama konuları ve açıklamaları

Sulama Konuları	Açıklama
TS	A-Sınıfı buharlaşma kabına göre hesaplanan, bitkinin gereksindiği sudan kısıntı yapılmaksızın uygulanan kontrol konusu.
YIS	Tam sulama (TS) konusuna uygulanan su miktarının %65'inin her sulamada ardışık olarak köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanan sulama konusu.
KS	Kontrol konusu olan tam sulama (TS) konusuna uygulanan su miktarının %65'inin bitki köklerinin her iki tarafına uygulandığı geleneksel kısıntılı sulama konusu.

3.2.2. Toprak Hazırlığı, Ekim ve Diğer Tarımsal İşlemler

Araştırmanın yapılacağı alanda toprak hazırlığı işlemleri yöredeki çiftçi uygulamalarına benzer bir şekilde yapılmıştır. İlk olarak buğdayın biçerdöver ile hasat işlemi yapılmış, sonra anız yeri yakılmadan iki kez diskaro ile sürülmüştür. Daha sonra fırır aleti yardımıyla taban gübresi uygulaması gerçekleştirilmiş ve üzeri üçüncü kez diskaro ile sürülmüştür. Traktör ile tapan işlemi de yapılarak araştırma alanı ekime hazır hale getirilmiştir.

Her bir konunun sıra uzunluğu 8 m olduğundan ekim işlemi el ile yapılmıştır. Ekim işleminin el ile yapılabilmesi için tapan işleminden sonra arazi üzerinde sıra arası 70 cm'ye ayarlı, traktörün üç nokta askı sistemine monte edilmiş markör aracılığıyla tohum yatağı açılmıştır (Şekil 3.2). Tohum yatağı oluşturulduktan sonra, sulama konuları ve mısır çeşidi isimlerinin bulunduğu levhalar araştırma planına (Şekil 3.1) uygun olarak yerleştirilmiştir. Ekim işlemi sırasında 8 m uzunluğunda ve üzeri 18 cm aralıklarla işaretlenmiş ince galvanizli borular ekim noktalarının işaretlenmesinde kullanılmıştır. Hazırlanan araştırma parsellerine el ile 5 cm derinliğe, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 18 cm olacak şekilde ekim işlemi yapılmıştır (Şekil 3.3). Araştırmanın ilk yılında 24 Haziran 2004 (yılın 176. günü) ve ikinci

yılında 22 Haziran 2005 (yılın 173. günü) tarihinde mısır tohumlarının ekim işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın birinci ve ikinci yıllarında ekim işleminden 6 gün sonra mısır bitkilerinin çıkışı görülmüştür. İlk yıl iki kez traktör ve bir kez de işçi aracılığıyla el çapa işlemi yapılmıştır. Araştırmanın ikinci yılında ise ilaçla yabancı ot mücadelesi yapıldığından el çapasına gereksinim duyulmamıştır. Ancak bitki kök bölgesinin havalanması amacıyla iki kez traktör çapası yapılmıştır. Ayrıca ikinci traktör çapasından sonra yine traktör ile lister işlemi yapılarak bitki kök boğazı toprak ile desteklenmiştir.



Şekil 3.2. Mısır çeşitleri ekimi için markör ile tohum yatağının oluşturulması



Şekil 3.3. Mısır tohumlarının el ile ekiminin yapılması

3.2.3. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması

Araştırmada sulama uygulamaları damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Ancak mısır tohumlarının ekim işleminden sonra daha iyi çimlenme ve çıkışı sağlamak amacıyla yağmurlama sulama yöntemiyle, araştırmanın tamamına 3 kez can suyu uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.4). Can suyu uygulamaları arazi koşulları da dikkate alınarak, araştırmanın ilk yılında birincisi ekimden hemen bir gün, ikincisi 5 gün ve üçüncüsü 13 gün sonra gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında ise ilk can suyu ekimden hemen bir gün, ikincisi 6 gün ve üçüncüsü ise 10 gün sonra gerçekleştirilmiştir. Verilen su miktarları toplama kapları ile ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Ekimden sonra yağmurlama sulama yöntemiyle can suyu uygulaması

Damla sulama lateralleri iki bitki sırasının tam orta noktasına, diğer bir ifade ile mısır bitkilerinin gövdesinden yaklaşık 35 cm uzaklığa yerleştirilmiştir. Damlatıcılar arası mesafe 33 cm ve damlatıcı debisi 4 L sa⁻¹'dir (Şekil 3.5).

Damla sulama sisteminin hazırlanması ile birlikte elverişli toprak su içeriğinin %50'si kullanıldığında (Kırda ve ark., 2005) sulama konularının uygulanmasına başlanmıştır.

Damla sulama yönteminin kullanıldığı sulama uygulamaları haftada bir olacak şekilde planlanmıştır.



Şekil 3.5. Sulama uygulamaları için damla sulama sisteminin hazırlanması

Birinci sulamayı takip eden sulamalarda, parsellere uygulanan su miktarları A–Sınıfı buharlaşma kabından alınan buharlaşma ölçümleriyle aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I = K \times Ep \times A$$

Eşitlikte,

I : Sulama suyu (L),

K : Buhar kabı ve bitki katsayısı (K=1 olarak alınmıştır),

Ep: Sulama aralığı süresince A–Sınıfı buharlaşma kabından gerçekleşen toplam buharlaşma (mm),

A : Sulanacak alan (m²).

A-Sınıfı buharlaşma kabından ölçümler günlük olarak yapılmıştır. Buharlaşma kabı, araştırmanın yapıldığı arazinin hemen yanındaki pamuk ekili alanın ortasına yerleştirilmiştir.

Araştırmada kök bölgesi toprak su içeriği yetiştirme mevsimi süresince sulama öncesi, sonrası ve sulamalar arasında izlenmiştir. Toprak su içeriği ölçümleri 20, 40, 60, 80, 100 ve 110 cm derinliklerden nötron metre ile yapılmıştır. Nötron metre tüpleri bitki gövdesinden yaklaşık 17.5 cm uzağa yerleştirilmiştir. Böylece toprak su içeriği değerleri bitki gövdesi ile damlatıcı arasında tam orta noktadan alınmıştır. Ayrıca ET hesaplamaları için ekim başı ve hasat sonu toprak su içeriği 0–30, 30–60, 60–90 ve 90–120 cm derinliklerden alınan gravimetrik toprak örnekleri ile ölçülmüştür.

3.2.4.Araştırmada Kullanılan Sulama Suyu

Mısır bitkilerinin ekim işleminden sonra 3 kez yağmurlama sulama yöntemiyle can suyu uygulamaları yapılmıştır. Yağmurlama sulama yöntemiyle üç can suyu uygulamasında verilen su miktarları ilk yıl 40.1, 40.6 ve 37.0 mm, ikinci yıl 46.0, 41.3 ve 28.6 mm'dir. Can suyu, araştırmanın tamamına herhangi bir sulama konusu ve mısır çeşidi gözetilmeksizin uygulanmıştır. Bu koşul altında araştırmanın tamamında iyi bir çıkış sağlamak amacıyla eşit su uygulaması gerçekleştirilmiştir. Böylelikle bitki çıkışlarının daha homojen olması sağlanmıştır.

Elverişli toprak su içeriğinin %50'si tüketildiğinde farklı sulama konularının uygulanmasına başlanmıştır. Sulama uygulamasına araştırmanın ilk yılında 22 Temmuz 2004 (ekimden 28 gün sonra), ikinci yıl ise 18 Temmuz 2005 (ekimden 26 gün sonra) tarihinde başlanmıştır. Her iki yılda toplam 9 kez sulama yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılında TS konusu için toplam 309 mm, YIS ve KS konularına ise 201 mm sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge Ek. 2). İkinci yılda sulama suyu miktarları TS konusu için toplam 401 mm, YIS ve KS konularında da 260 mm olmuştur (Çizelge Ek. 2).

3.2.5. Gübreleme

Araştırmada, kullanılan gübre oranları ve uygulaması yöredeki çiftçi uygulamalarına benzer bir şekilde yapılmıştır. Dekara saf olarak toplam 30 kg N (azot), 13 kg P (fosfor) ve 11 kg K (potasyum) gübresi uygulanmıştır. Azot gübresi için üre (%46 N), fosfor gübresi için triple süper fosfat (P_2O_5) (%46) ve potasyum gübresi için potasyum sülfat (K_2O) (%50) kullanılmıştır. Fosfor ile potasyum gübrelerinin tamamı ile azot gübresinin 10 kg da⁻¹'lık bölümü taban gübresi olarak toprağa verilmiştir. Azot gübresinin geriye kalan 20 kg da⁻¹'lık bölümü ise iki eşit parça halinde birinci ve ikinci sulama öncesi uygulanmıştır.

3.2.6. Tarımsal Mücadele

Özellikle araştırmanın ilk yılında, yöredeki çiftçilerin de en büyük sorunlarından biri haline gelen koçan kurdu (*Sesamia* sp.) için yoğun bir ilaçlı mücadele yapılmış ve mevsim boyunca toplam dört kez ilaçlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında ilk olarak yabancı ot ile mücadele için çıkış sonrası ilaçlaması yapılmıştır. Yine koçan kurdu (*Sesamia* sp.) zararını önlemek amacıyla yapılan ilaçlama sayısı mevsim boyunca beş olarak gerçekleşmiştir.

3.2.7. Bitki Üzerinde Yapılan Gözlem ve Ölçümler

3.2.7.1. Bitki Boyu Ölçümleri

Araştırmada farklı sulama uygulamalarına karşı mısır çeşitlerinin farklı tepkisini belirlemek amacıyla bitki boyu ölçümleri yapılmıştır. Sulama uygulamaları başlamadan önce, her bir konudan ve o konuyu temsil edebilecek dördüncü sıradan altışar bitki işaretlenmiştir. Tepe püskülü çıktıktan sonra, bitki boyu ölçümlerinde tepe püskülü uzunluğu dikkate alınmamıştır. Bitki boyu ölçümleri işaretli bitkilerde yetiştirme sezonu boyunca sürdürülmüştür.

3.2.7.2. Yaprak Alanı

Yaprak alanı gelişimine ilişkin ölçümler sezon boyunca üç yinelemeli olarak yapılmıştır. Örnekleme yapılan bitki sayısının çok olması ve laboratuardaki yaprak alan ölçer aletinin çok sık bozulması nedeniyle, araştırmanın her iki yılında farklı yaprak alan ölçme yöntemleri kullanılmıştır.

İlk yıl, yaprak alanlarının belirlenmesinde bitki yapraklarının yaş ağırlıkları kullanılmıştır. Bitki gövdesinden ayrılan yaprakların hemen yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bir bitkiye ait yapraklar içerisinde örnek bir yaprak alınarak yaş ağırlığı ve alanı belirlenmiştir. Örnek olarak seçilen yaprağın yaş ağırlığı ve alanından yararlanarak yaş ağırlıkları önceden tartılmış diğer yaprakların alanı hesaplanmıştır.

Araştırmanın ikinci yılında ise ayrıntısı Stewart ve Dwyer (1999) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak yaprak alanları ölçülmüştür.

$$\text{Yaprak Alanı (cm}^2\text{)} = Wm \times L \times 0.743$$

Eşitlikte,

Wm: Yaprak maksimum eni (cm),

L : Yaprak boyu (cm).

Yaprak alan indeksi (YAI) ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$YAI = \frac{YA}{BA}$$

Eşitlikte,

YAI: Yaprak alan indeksi,

YA : Yaprak alanı (cm²),

BA : Bitki alanı (cm²).

3.2.7.3. Kuru Madde Üretimi

Toprak üstü kuru madde üretimi yine boy ve yaprak alan gelişiminde olduğu gibi sezon boyunca izlenmiştir. Her bir sulama konusu ve mısır çeşitlerinden 3 yinelemeli olarak alınan bitki örnekleri, kuru madde gelişiminin izlenmesi amacıyla 65 °C’de yaklaşık üç gün sabit ağırlığa erişinceye dek etüvde kurutulmuştur. Etüvde üç gün bekletilen kurumuş bitki örneklerinin ağırlıkları tartılmış ve böylece kuru madde gelişimine ilişkin veri toplanmıştır.

3.2.7.4. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri

Mısır çeşitlerinin farklı sulama programlarına verdiği olası tepkileri irdelemek amacıyla yaprak su potansiyeli ölçümleri de yapılmıştır. Yaprak su potansiyeli ölçümleri sulama öncesi ve sonrasında haftada iki kez olmak üzere öğle saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Yaprak su potansiyeli ölçümleri için Scholander kabı (PMS, Corvallis, USA) kullanılmıştır. Jilet yardımıyla kesilen yaprak örnekleri ıslatılmış bir peçete içeren bir poşet içerisinde hızlı bir şekilde arazinin hemen yakınında bulunan ölçüm istasyonuna taşınmıştır. Örnek yaprak, yaprak su potansiyeli ölçüm kabının içine yerleştirilerek basınç uygulanmıştır (Şekil 3.6). Uygulanan basınç sonucunda, örnek yaprak sapından bitki özsuyunun çıktığı an gözlenmiş ve o andaki basınç değeri kaydedilerek ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.6. Yaprak su potansiyeli ölçüm aleti

3.2.7.5. Bitki Kök Gelişimi Ölçümleri

Farklı sulama uygulaması altında mısır çeşitlerinin toprak üstü aksamının yanı sıra toprak altı-kök sistemine olası değişimi saptayabilmek amacıyla kök örnekleme yapılmıştır.

Kök örnekleme işlemi hasatta çukurlar açılarak üç yinelemeli olarak gerçekleştirilmiştir. Çukurlar yaklaşık eni 0.90 m, boyu 2.0 m ve derinliği ise 0.90 m olarak kepçe yardımıyla açılmıştır (Şekil 3.7). Mısır bitkisi kök örnekleri 0–15, 15–30, 30–45 ve 45–60 cm derinlikteki katmanlardan alınmıştır. Kök örnekleme için çapı ve yüksekliği 13.5 cm olan bozulmamış örnek alma silindirleri kullanılmıştır (Şekil 3.8).

Kök örnekleme işleminde yaş ağırlıklar esas alınmıştır. İlk olarak, araştırma alanından alınan kök örnekleri toprak ve diğer yabancı maddelerden ayrıştırılmıştır. Bunun için örnekler, içi su dolu bir kova içine konarak köklerin topraktan ayrışması

sağlanmıştır. Daha sonra 2 mm'lik elek kullanılarak kökler tamamen topraktan ayrıştırılmıştır. Köklerin hassas terazide yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Birim hacimdeki kök yoğunluğu değerleri aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$KY = \frac{KYA}{SH}$$

Eşitlikte,

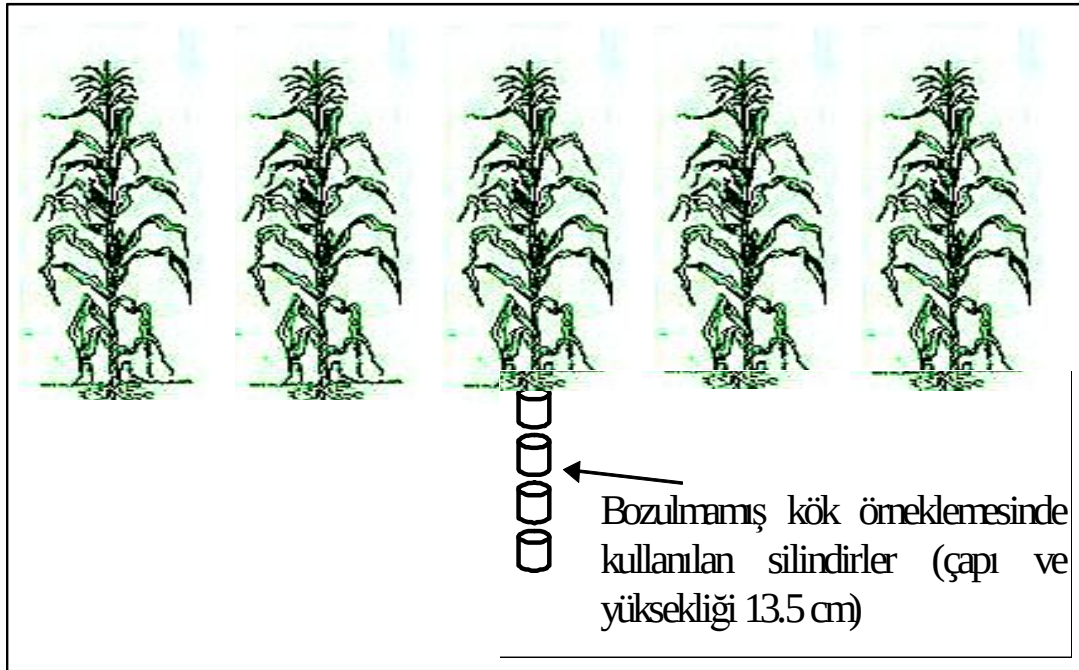
KY : Kök yoğunluğu (mg cm^{-3}),

KYA: Kök yaş ağırlığı (mg),

SH : Bozulmamış örnek alma silindir hacmi (cm^3).



Şekil 3.7. Hasatta kök örnekleme için kepçe yardımıyla çukurların açılması



Şekil 3.8. Kök örneklemesinin şematik planı

3.2.8. Hasat

Araştırmanın ilk yılında hasat işlemi 01 Kasım 2004, ikinci yılında ise 10 Kasım 2005 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Hasat, genel olarak mısır danelerinin ortalama nem içeriği %15 civarında olduğunda yapılmıştır. Ancak beklenildiği gibi araştırmanın tüm parsellerinde hasat işlemi sırasında mısır dane nem içeriğinin %15 olması olası değildir. Bu durumda daneleme işleminden hemen sonra tüm konulardan örnek alınarak nem düzeyi ölçülmüştür.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı-Mısır (2001)'de ayrıntısı verilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak %15 nem düzeyine göre dane verimi düzeltilerek hesaplanmıştır.

$$V = PKA \times \frac{(100 - N)}{85} \times TKO$$

Eşitlikte,

V : Dane verimi (kg da⁻¹) ,

PKA: Parsel koçan ağırlığı (kg),

N : Dane nem yüzdesi (%),

TKO: Parselden elde edilen dane ağırlığının aynı parselde ait daneli koçan ağırlığına oranıdır (Dane Koçan Oranı).

3.2.8.1. Hasat İndeksi (HI)

Hasat indeksi (HI), birim alandan elde edilen dane veriminin toprak üstü kuru maddeye oranı olarak tanımlanmaktadır. Hasat işlemi ile birlikte mısır koçanından daneler ayrıştırıldıktan sonra %15 nem düzeyine göre verim değerleri kaydedilmiştir. Yine hasat sırasında tüm sulama konuları ve mısır çeşitlerinin bulunduğu parsellerden örnek bitkiler alınarak 65 °C’de etüvde yaklaşık üç gün sabit ağırlığa erişinceye dek bekletilmiştir. Böylece araştırmada hasat aşamasında kuru madde verimi ölçülmüştür. Hasat indeksi için hesaplama yöntemi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$HI = \frac{V}{KM} \times 100$$

Eşitlikte,

HI : Hasat indeksi (%),

V : Birim alandan elde edilen dane verimi (kg),

KM: Hasat sırasında birim alandan elde edilen toprak üstü kuru madde ağırlığı (kg).

3.2.9. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (SSKR)

Mevsim boyunca sulama suyu ve hasatta verim değerlerinin kaydedilmesiyle birlikte her bir sulama konusu altında mısır çeşitleri için sulama suyu kullanım randımanları (SSKR) hesaplanmıştır. Sulama suyu kullanım randımanı (SSKR) için hesaplama yöntemi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$SSKR = \frac{V}{SS}$$

Eşitlikte,

SSKR: Sulama suyu kullanım randımanı ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$),

SS : Mevsim boyunca uygulanan sulama suyu (mm),

V : Dane verimi (kg ha^{-1}).

3.2.10. Bitki Su Tüketimi

İki yıl süreli araştırmada, mısır çeşitlerine uygulanan sulama suyu ve yağışlar kaydedilmiştir. Böylece TS, YIS ve KS konuları altında mısır çeşitlerinin bitki su tüketim-evapotranspirasyon (ET) değerleri aşağıdaki verilen su bütçesi eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ET = I + P - D - R \pm \Delta S$$

Eşitlikte,

ET : Bitki su tüketimi (mm),

I : Sulama suyu (mm),

P : Yağış (mm),

D : Derine süzülme (mm),

R : Yüzey akış (mm),

ΔS : Ekim başı hasat sonu arasındaki depolama farkı (mm).

Araştırmada sulama uygulamaları damla sulama yöntemiyle yapılmış ve toprak su içeriği nötron metre ile izlenerek derine süzülme gözlenmemiştir. Bu nedenle derine süzülme sıfır ($D=0$) alınmıştır. Benzer bir şekilde yüzey akış da sıfır ($R=0$) alınmıştır.

3.2.11. Mısır Çeşitlerinde Verim Tepki Etmeni

Sulama uygulamalarının planlanmasında verim tepki etmeni (K_y) önemli bir parametredir. Su eksikliğinin bitki verimine etkisinin bir göstergesi olan K_y , Stewart ve ark. (1977) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$1 - Y \times Y_m^{-1} = K_y (1 - ET \times ET_m^{-1})$$

Eşitlikte,

Y : Bitkinin yetiştirildiği koşullarda gerçek bitki su tüketimine karşılık elde edilen gerçek dane verimi ($t \text{ ha}^{-1}$),

Y_m : Yetişme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı maksimum su tüketimine karşılık elde edilen dane verimi ($t \text{ ha}^{-1}$),

K_y : Evapotranspirasyondaki birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim tepki etmeni,

ET : Bitkinin yetiştirildiği koşullarda gerçek bitki su tüketimi (mm),

ET_m : Bitkinin yetişme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı maksimum su tüketimi (mm).

K_y değerlerinin hesaplanabilmesi için sadece iki su seviyesi olsa da, anılan değerler uygulanan su kısıtlılığının verim üzerine olası etkisinin sulama tekniğine bağlı olarak değişip değişmeyeceğini gösterecektir.

3.2.12. Verilerin İstatistiksel Analizi

Araştırma süresince elde edilen verilerin istatistiksel analizleri yapılmıştır. İstatistiksel analizler için “Statistix® for Windows¹” programı kullanılmıştır. Anılan program yardımıyla konu ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD ($P=0.05$) değerleri ile kıyaslanmıştır.

Grafikler üzerinde, istatistiksel olarak farklı bulunan değerler/veriler kritik LSD ($P=0.05$) çizgileri konularak belirtilmiştir. Çizelgelerde ise istatistiksel olarak farklı bulunan veriler için harfler kullanılmış, ancak herhangi bir fark yok ise önemli değil (Ö.D.) şeklinde bir ifade ile belirtilmiştir.

¹ Statistix® for Windows. Analytical Software
P.O. Box 12185
Tallahassee FL, USA.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mısır Çeşitlerinde Dane Verimi

Araştırmada ele alınan 3 sulama konusu ile 5 mısır çeşidi arasında verim değerlerinin istatistiksel analizi için varyans analiz tablosu Çizelge 4.1’de görülebilir. Dane verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları iki yıl süreli araştırmada, hem sulama hem de mısır çeşitleri arasındaki farklılığın anlamlı olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın yapıldığı yıllar için sulama konuları ile birlikte mısır çeşitlerinden elde edilen dane verim değerlerinin istatistiksel analizi yapılmış ve %5 önem düzeyinde LSD sınıflandırması Çizelge 4.2’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mısır çeşitlerinden elde edilen dane verim değerlerinin varyans analiz sonuçları

	SD	2004			2005		
		KO	F	P	KO	F	P
Çeşit (A)	4	22.8135	15.30	0.0001	9.82762	7.34	0.0031
Blok (B)	3	2.11634	1.42	0.2854	4.63281	3.46	0.0511
A × B	12	1.49104			1.33831		
Sulama (C)	2	50.0593	51.40	0.0002	48.4498	23.12	0.0015
B × C	6	0.97388			2.09573		
A × C	8	4.63926	9.13	0.0000	1.28141	1.74	0.1399
A × B × C	24	0.50796			0.73591		
Toplam	59						

Çizelge 4.2. Araştırma sonucunda elde edilen dane verim ($t\ ha^{-1}$) değerleri ¹

Çeşitler	Sulama Konuları				Çeşit Ortalaması
	TS	YIS	KS	LSD _{0,05}	
2004					
P.31.G.98	B7.44a	B5.69b	AB5.11b	0.6220	B6.08
P.3394	AB8.62a	A7.41a	A5.67b	1.2384	A7.23
Rx:9292	C4.31	B4.80	BC3.56	Ö.D.	C4.22
TECTOR	C5.35a	B4.67a	D1.78b	1.7082	C3.93
TIETAR	A9.12a	B5.63b	CD2.99c	1.4946	B5.91
LSD _{0,05}	1.1951	1.4365	1.5680	-	1.0861
Sulama Konusu Ortalaması	6.97a	5.64b	3.82c	0.7636	-
2005					
P.31.G.98	C9.41a	B7.68b	AB7.07b	1.6020	BC8.05
P.3394	A11.39a	B8.22b	A8.05b	0.7652	A9.22
Rx:9292	BC9.62a	B7.66ab	B5.61b	2.1824	C7.63
TECTOR	ABC10.42a	B8.79b	A7.50b	1.3987	AB8.91
TIETAR	AB11.08a	A10.37ab	A8.22b	2.2836	A9.89
LSD _{0,05}	1.5390	1.2299	1.6700	-	1.0290
Sulama Konusu Ortalaması	10.39a	8.54b	7.29c	1.1202	-

¹ Farklı harflerle verilen satır ve sütunlardaki veriler %5 düzeyinde LSD testine göre birbirinden önemli derecede farklıdır (sütun içinde büyük harfler çeşit, satır içinde küçük harfler sulama konuları için kullanılmıştır).
Ö.D.: Önemli Değil

Her iki yıl için araştırmanın tamamında sulama konuları ve mısır çeşitleri dane verimi yönünden kendi arasında %5 önem düzeyinde farklılık göstermiştir. Sulama ve mısır çeşitlerinden elde edilen dane verim değerleri araştırmanın her iki yılında, çeşide bağlı olarak, çok geniş sınırlar içinde (1.78 t ha^{-1} ile 11.39 t ha^{-1}) değişim göstermiştir. Benzer şekilde, Gençdoğan (1996) tarafından aynı yörede yürütülen daha önceki bir çalışmada da mısır bitkisinin ele alınan çeşidi, sulama konularına bağlı olarak, 1.05 t ha^{-1} ile 10.34 t ha^{-1} gibi çok geniş sınırlar arasında değişen dane verimi vermiştir. Ülkemizde yapılan diğer bir çalışmada, yine uygulanan farklı sulama miktarlarına bağlı olarak, mısır dane veriminin 2.88 t ha^{-1} ile 11.34 t ha^{-1} arasında değiştiği gözlenmiştir (Dağdelen ve ark., 2006). Mısır su verim ilişkisinin irdelendiği farklı iklim koşullarında da mısır dane verimi, uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak büyük farklılıklar göstermiştir. Örneğin, İngiltere’de yapılan bir çalışmada mısır dane verimi 3.70 t ha^{-1} ile 6.70 t ha^{-1} arasında değişmiştir (Ogola ve ark., 2002). Başka bir çalışmada 1.58 t ha^{-1} ile 3.78 t ha^{-1} arasında değişen dane verimi elde edilmiştir (Igbadun ve ark., 2006). Türkiye’de mısır bitkisi ortalama dane verimi 4.18 t ha^{-1} ’dır (Şahin, 2001).

Ele alınan çalışmada, sulama konuları için ortalama en yüksek dane verimi TS konusu (2004 yılında 6.97 t ha^{-1} , 2005 yılında 10.39 t ha^{-1}) altında gerçekleşmiştir. Araştırmanın her iki yılında verim değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda üç grup oluşmuştur. Mısır dane verimleri uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak $TS > YIS > KS$ sırasını izlemiştir. Bununla birlikte, araştırmanın ikinci yılında birinci yıla kıyasla dane verimleri daha yüksek olmuştur. Bu durum, ikinci yılda birinci yıla oranla, araştırmanın yapıldığı aylarda yağmur miktarındaki artıştan kaynaklanmaktadır (Çizelge 3.1).

Çeşit ortalama değerleri incelendiğinde %5 önem düzeyinde LSD sınıflaması sonuçları mısır çeşitleri arasındaki farklılıkların anlamlı olduğunu göstermiştir. Diğer bir deyişle, su kısıtlılığına mısır dane verim tepkisi, mısır çeşidine bağlı olarak değişmiştir. Çalışmanın ilk yılında (2004), en yüksek dane verimi P.3394 çeşidinden (7.23 t ha^{-1}) elde edilirken, P.31.G.98 ve Tietar çeşitleri ikinci grubu oluşturarak P.3394 çeşidini izlemişlerdir. En düşük değer Tector çeşidinde (3.93 t ha^{-1}) gözlenmiş ve Rx:9292 çeşidi ile birlikte üçüncü grubu oluşturmuştur. Test edilen

çeşitler içinde Rx:9292, her iki yılda en düşük dane verimi verirken, P.3394 ise en yüksek verim veren çeşitler arasındaki sırasını korumuştur (Çizelge 4.2). Ele alınan sulama konuları altında mısır çeşitlerinden elde edilen dane verimleri, diğer bir çok çalışmalarda (ör., Ogola ve ark., 2002; Çakır, 2004; Dağdelen ve ark., 2006) olduğu gibi farklı bulunmuştur. Su kısıtlılığı altında verim azalması çeşide bağlı olarak değişmektedir.

Her bir sulama konusu altında beş farklı mısır çeşidi için yapılan istatistiksel analiz sonuçları çeşitler arasında önemli farklılık olduğunu ve su kısıtlılığı altında verim azalmasının genelde çeşide bağlı olarak değişebileceğini göstermiştir (Çizelge 4.2). Örneğin çeşit ortalamaları genel değerlendirmesinde en düşük dane verimini veren Rx:9292, her iki yılda da YIS uygulaması altında su kısıtlılığında en az etkilenen çeşit olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.2). Tector çeşidi de YIS uygulaması altında dane veriminin TS konusuna kıyasla en az (%12.7 ile %15) azaldığı çeşit olarak öne çıkmıştır (Çizelge 4.2). YIS ve KS konuları aynı miktarda sulama suyuna sahip olmasına karşın özellikle ilk P.3394, Tector ve Tietar çeşitlerinden elde edilen dane verimlerindeki fark istatistiksel anlamda önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. YIS ve KS konuları sulama suyu miktarı kontrol konu olan TS'den %35 kısıntı yapılarak hesaplanmıştır. Buna karşın araştırmanın her iki yılı için TS konusuna oranla YIS konusunda verim azalması P.31.G.98 için %23.5 - %18.4, P.3394 için %14.0 - %27.8, Tector için %12.7 - %15.6 ve Tietar için %38.3 - %6.4 şeklinde olmuştur. TS konusuna kıyasla KS konusu altında her iki yılda verim azalması ise P.31.G.98 için %31.3 - %24.9, P.3394 için %34.2 - %29.3, Tector için %66.7 - %28.0 ve Tietar için %67.2 - %25.8 olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla YIS ve KS konuları altında verilen su miktarı aynı olmasına karşın, TS konusuna kıyasla verim azalmaları çeşide bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bu nedenle su kısıtlılığı altında verim azalması, çeşide bağlı olarak farklılık gösterebileceği sonucuna varılmıştır.

Son yıllarda yarı ıslatmalı sulama ile ilgili olarak birçok araştırma yapılmıştır (ör., Kang ve ark., 2000; Zegbe-Dominguez ve ark., 2003; Kırdı ve ark., 2004; 2005; Dorji ve ark., 2005). Yine mısır bitkisi üzerine Çin'de yapılan bir çalışmada, tam sulama ile yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında alınan verim değerleri istatistiksel anlamda aynı grup içerisinde yer almıştır (Kang ve ark., 2000). Diğer bir

ifade ile yarı ıslatmalı sulama konusundan elde edilen verim değeri ile tam sulama konusundan elde edilen verim değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Buna karşın Kırdı ve ark. (2005) tarafında yapılan başka bir araştırmada tam sulama konusu altında yarı ıslatmalı sulama konusuna oranla daha yüksek verim elde edilebileceği rapor edilmiştir. Anılan araştırmada, tam sulama konusu verim değeri, yarı ıslatmalı sulama konusu verim değerinden daha yüksek olmuş ve istatistiksel anlamda bir fark meydana gelmiştir. TS ve YIS konuları altında araştırmanın birinci yılında P.3394 ve Tector çeşitleri, ikinci yılında ise Rx:9292 ve Tietar çeşitlerinden elde edilen dane verimleri Kang ve ark. (2000) tarafında verilen sonuçlara benzer şekilde önemli farklılık ($P>0.05$) göstermemiştir. Araştırmanın her iki yılı için P.31.G.98 mısır çeşidi verim değeri farkı, TS konusunda YIS konusuna oranla Kırdı ve ark. (2005) çalışmasına benzer şekilde, önemli ($P<0.05$) ve daha yüksek (%31, %23) bulunmuştur. Özetle, Kang ve ark. (2000) ve Kırdı ve ark. (2005)'nın farklı sonuçları, su kısıtlılığı altında mısır dane verim azalmasının bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, kısıtlılı sulamanın uygulanış şekli (YIS veya KS) ve mısır çeşidine bağlı olarak değişebileceği belirlenmiştir.

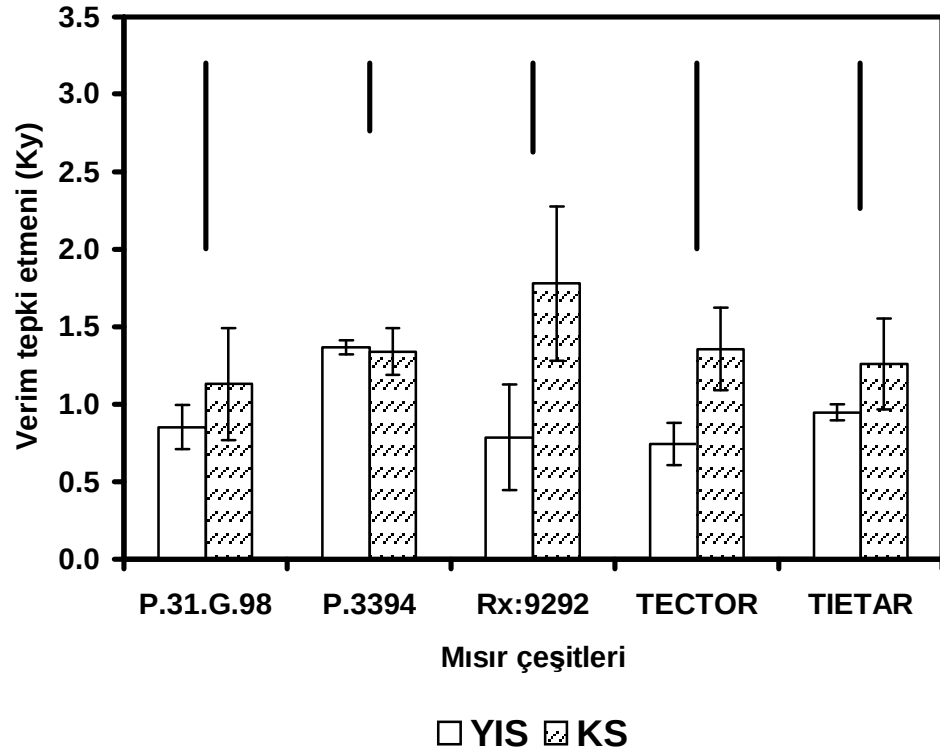
4.2. Verim Tepki Etmeni (Ky)

Araştırmanın ikinci yılı için, su verim ilişkileri kullanılarak beş mısır çeşidinde **Verim Tepki Etmeni (Ky)** değerleri hesaplanmış ve sonucu Şekil 4.1'de bir grafik halinde verilmiştir. Sulama uygulamalarının planlanması açısından yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki verimine etkisinin bir göstergesi olan Ky değeri değişik bitkiler ve gelişim dönemleri için farklı değerler alabilmektedir (FAO, 1986).

YIS ve KS konuları altında, çeşit ortalamalarına göre her iki yılda da en yüksek verim veren P.3394 çeşidi (Çizelge 4.2) birbirine yakın Ky değerleri vermiştir (Şekil 4.1). Yani su kısıtlılığı nedeniyle verim düşmesi sulama tekniğine bağlı olarak değişmemiştir. Geriye kalan diğer dört mısır çeşidinde ise YIS konusu Ky değerleri KS konusu Ky değerlerine oranla daha düşük bulunarak, anılan çeşitlerde belirli oranda su kısıtlılığı altında YIS uygulamasının KS'ye kıyasla verim avantajı sağlayabileceği gözlenmiştir (Şekil 4.1). Özellikle Rx:9292 mısır çeşidinde,

YIS konusu Ky değeri ile KS konusu Ky değerleri arasındaki fark (%226) önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Diğer bir deyişle, su kısıtlılığının zorunlu olabileceği bir senaryo altında Rx:9292 çeşidi, eğer YIS tekniği uygulanırsa, TS'ye kıyasla dane verimindeki azalma önemsiz kalabilir. Ancak çeşit ortalama değerlerine göre, Rx:9292 mısır çeşidi diğer çeşitlerle kıyaslandığında dane verimi en düşük olan sınıflar içerisinde kalmıştır (Çizelge 4.2).

Mısır su verim tepkisinin irdelendiği çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Ky değerleri, ele alınan sulama metoduna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Karık sulama yöntemiyle sulama uygulamalarının yapıldığı bazı araştırmalarda Ky değerini; İstanbulluoğlu ve ark. (2002) 0.76, Çakır (2004) 0.81 ile 1.36 ve Dağdelen ve ark. (2006) 1.04 ile 1.03 arasında bulmuşlardır. Bu çalışmanın ikinci yıl verilerine göre Ky değerleri YIS konusu altında 0.75 ile 1.37, KS konusu altında ise 1.13 ile 1.78 arasında değişmiştir. Verim etmenindeki (Ky) bu farklılıklara, araştırmaların yapıldığı dönemlerdeki iklim durumu, toprak özellikleri, uygulanan sulama programlarıyla birlikte ele alınan bitki çeşitlerinin farklı olması neden olarak gösterilebilir.



Şekil 4.1. Araştırmanın ikinci yılında (2005), YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerinin verim tepki etmeni ilişkileri. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) ölçümleri göstermektedir ($n=4$). LSD değerleri ($P=0.05$) düşey çizgilerle gösterilmiştir.

4.3. Araştırmada Mısır Çeşitlerine Uygulanan Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Araştırma yıllarında TS, YIS ve KS konuları altında uygulanan su miktarları ve sulama tarihleri Çizelge Ek. 2’de verilmiştir. Araştırmada ele alınan sulama konuları altında mısır çeşitlerine uygulanan mevsimlik sulama suyu (mm) ile birlikte su tüketimleri ise Çizelge 4.3’te görülebilir. TS konusu altında su tüketimi en yüksek P.31.G.98, en düşük Rx:9292 mısır çeşitlerinde gözlenmiştir. YIS konusu altında ise su tüketimi ilk yıl en yüksek Tector, en düşük P.3394 ve ikinci yıl TS konusuna benzer bir şekilde en yüksek P.31.G.98, en düşük Rx:9292 mısır çeşitlerinde olmuştur. KS konusu altında da su tüketimi ilk yıl en yüksek Rx:9292, en düşük Tietar ve ikinci yıl en yüksek P.31.G.98, en düşük Rx:9292 mısır çeşitlerinde kaydedilmiştir. Dane veriminde (Çizelge 4.2) olduğu gibi mısır çeşitlerinin su tüketimleri de ele alınan sulama konuları altında farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.3. Araştırma konusu mısır çeşitlerinin mevsimlik sulama suyu miktarları (I) ve su tüketimleri (ET)

2004 YILI		ET (mm)				
Sulama Konuları	I (mm)	P.31.G.98	P.3394	Rx:9292	TECTOR	TIETAR
TS	309	562	488	483	555	557
YIS	201	417	409	410	464	433
KS	201	446	453	490	440	405

2005 YILI		ET (mm)				
Sulama Konuları	I (mm)	P.31.G.98	P.3394	Rx:9292	TECTOR	TIETAR
TS	401	580	564	562	567	570
YIS	260	457	449	421	450	435
KS	260	454	441	432	449	452

Araştırmada ele alınan 3 sulama konusu ile 5 mısır çeşidi arasında sulama suyu kullanım randımanları (SSKR) istatistiksel analizi için varyans analiz tablosu Çizelge 4.4’de görülebilir. Varyans analiz sonuçları iki yıl süreli araştırmada, hem sulama hem de mısır çeşitlerine bağlı olarak SSKR’nın değiştiği gözlenmektedir.

Çizelge 4.4. Mısır çeşitlerinden elde edilen sulama suyu kullanım değerlerinin varyans analiz sonuçları

	SD	2004			2005		
		KO	F	P	KO	F	P
Çeşit (A)	4	411.045	12.62	0.0003	117.869	7.50	0.0029
Blok (B)	3	45.6360	1.40	0.2904	66.8015	4.25	0.0291
A × B	12	32.5805			15.7248		
Sulama (C)	2	418.559	20.21	0.0022	249.953	8.46	0.0179
B × C	6	20.7116			29.5389		
A × C	8	69.2036	6.56	0.0001	19.5582	2.27	0.0575
A × B × C	24	10.5443			8.61087		
Toplam	59						

Araştırma yıllarına ait mısır çeşitlerinin sulama suyu kullanım randımanları (SSKR) araştırmanın her iki yılında da sulama konuları ve mısır çeşitlerine bağlı olarak önemli ($P < 0.05$) farklılık göstermiştir (Çizelge 4.5). Sulama suyu kullanım randımanları $8.87 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ile $39.81 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ arasında çok geniş sınırlar içinde değişim göstermiştir.

Çizelge 4.5. Araştırma yıllarında sulama konuları altında mısır çeşitlerinin sulama suyu kullanım randımanı ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) değerleri ¹

Çeşitler	Sulama Konuları				LSD _{0.05}	Çeşit Ortalaması
	TS	YIS	KS			
2004						
P.31.G.98	B24.12b	B28.35a	AB25.46ab	3.0722	AB25.98	
P.3394	AB27.94b	A36.96a	A28.25b	6.4139	A31.05	
Rx:9292	C13.98b	B23.93a	BC17.73ab	6.9088	C18.55	
TECTOR	C17.33a	B23.26a	D8.87b	7.3228	C16.48	
TIETAR	A29.57a	B28.09a	CD14.88b	6.0281	B24.18	
LSD _{0.05}	3.8726	7.1614	7.8170	-	5.0772	
Sulama Konusu Ortalaması	22.59b	28.12a	19.04c	3.5215	-	
2005						
P.31.G.98	C23.49b	B29.48a	AB27.16ab	5.8398	BC26.71	
P.3394	A28.43b	B31.58a	A30.91ab	2.7934	A30.31	
Rx:9292	BC24.02ab	B29.42a	B21.55b	7.7866	C25.00	
TECTOR	ABC26.02b	B33.77a	A28.81ab	5.3657	AB29.54	
TIETAR	AB27.65b	A39.81a	A31.56b	7.7598	A33.01	
LSD _{0.05}	3.8418	4.7234	6.4135	-	3.5273	
Sulama Konusu Ortalaması	25.92b	32.82a	28.00b	4.2055	-	

¹ Farklı harflerle verilen satır ve sütunlardaki veriler %5 düzeyinde LSD testine göre birbirinden önemli derecede farklıdır (sütun içinde büyük harfler çeşit, satır içinde küçük harfler sulama konuları için kullanılmıştır).

Sulama konuları ortalaması, ilk yıl en yüksek değeri ($28.12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) YIS altında almıştır. YIS konusunu sırası ile TS ($22.59 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) ve KS konuları ($19.04 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) izlemiştir. İkinci yıl ise yine YIS konusu en yüksek değeri ($32.82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) olmuştur. Bulunan sonuçlar, su kısıtlılığı altında YIS konusunun, KS konusuna kıyasla verim avantajı sağlayacağını yeniden doğrulamaktadır.

Kısıntılı sulamaya mısırın verim tepkisi Kırdı ve ark. (2005)'nin da öngördüğü üzere çeşide bağlı olarak ta değişmektedir (Çizelge 4.2). Örneğin, mısır dane verim sonuçlarına benzer şekilde P.3394 çeşidi her iki yılda da en yüksek su kullanım randımanını veren grup içinde yer almıştır (Çizelge 4.5). P.3394 çeşidinin yanında Tietar da benzer tepkiyi vermiştir. Buna ek olarak P.31.G.98 ile P.3394 çeşitlerinin her iki yılda da SSKR değerleri TS'ye kıyasla YIS konusu altında istatistiksel anlamda önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Anılan çeşitlerde TS'ye kıyasla YIS konusu için verim düşmesi KS konusundan daha az olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2). SSKR değerindeki farklılıklar ile verim azalışları-artışları ele alınan çeşitlere bağlı olarak değişmektedir. Sulama suyundaki kısıntı oranına bağlı olarak, dane verimindeki azalmanın çeşide bağlı olarak değişeceğini destekleyen sayısız çalışma vardır (ör., İstanbulluoğlu ve ark., 2002; Çakır, 2004; Dağdelen ve ark., 2006).

TS konusu altında araştırmanın ilk yılında en yüksek değer Tietar, en düşük değerler Tector ve Rx:9292 mısır çeşitlerinde görülmüştür. İkinci yıl ise TS konusunda en yüksek SSKR değeri P.3394, en düşük SSKR değeri ise P.31.G.98 mısır çeşidinde olmuştur. YIS ve KS konularında ilk yıl en yüksek SSKR değeri P.3394 ve en düşük SSKR değeri KS konusu için Tector mısır çeşidinde gözlenmiştir.

Araştırmanın ilk yılında P.31.G.98, P.3394 ve Rx:9292 mısır çeşitleri ile ikinci yıl Rx:9292 çeşidi dışında diğer dört mısır çeşidinde YIS konusu SSKR değerleri TS konusu SSKR değerlerinden istatistiksel anlamda farklı ($P < 0.05$) ve yüksek olmuştur. YIS ve KS konularına aynı miktarda sulama suyu uygulanmasına karşın, ilk yıl P.3394, Tector ve Tietar mısır çeşitleri ile ikinci yıl Rx:9292 ve yine Tietar mısır çeşitlerinde elde edilen SSKR değerleri YIS konusu altında daha yüksek

olduğu gözlenmiştir. Anılan mısır çeşitleri için YIS ve KS konuları arasındaki fark istatistiksel anlamda da önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur.

YIS ve KS konuları için sulama suyu TS konusu su miktarından %35 kısıntı yapılarak uygulanmıştır. Sulama suyu miktarının azalmasıyla sulama suyu kullanım randımanı doğal olarak artacaktır (Gençoğlu, 1996). Benzer durumu Dağdelen ve ark. (2006) da tespit etmişlerdir. Kırdı ve ark. (2005) tarafından yapılan bir araştırmada kontrol konusu su miktarından %50 kısıntı yapılan YIS tekniği altında ele aldıkları mısır çeşidinde su kullanım randımanı kontrol konuya oranla daha yüksek olmuştur. Ancak, Kang ve ark. (1998; 2000) ele aldıkları mısır çeşidi üzerinde yaptıkları araştırmalarda, bitki köklerinin bir bölümünün susuz bırakılmasıyla oluşturulan YIS tekniği ile kontrol konusu su kullanım randımanı arasındaki farkın önemli bulunmadığı rapor edilmiştir. Bu araştırmada, beş mısır çeşitlerinden bazıları (ilk yıl Tector ve Tietar; ikinci yıl Rx:9292) Kang ve ark. (2000), bazı çeşitler (P.31.G.98, P.3394) ise Kırdı ve ark. (2005)'in bildirdikleri sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Dolayısıyla mısır çeşitlerinin, YIS ve KS gibi değişik kısıntılı uygulama biçimlerine karşı dane verimi ve SSKR değeri olarak gösterdikleri farklı davranışların çeşide bağlı olarak değişebileceği sonucu çıkarılabilir.

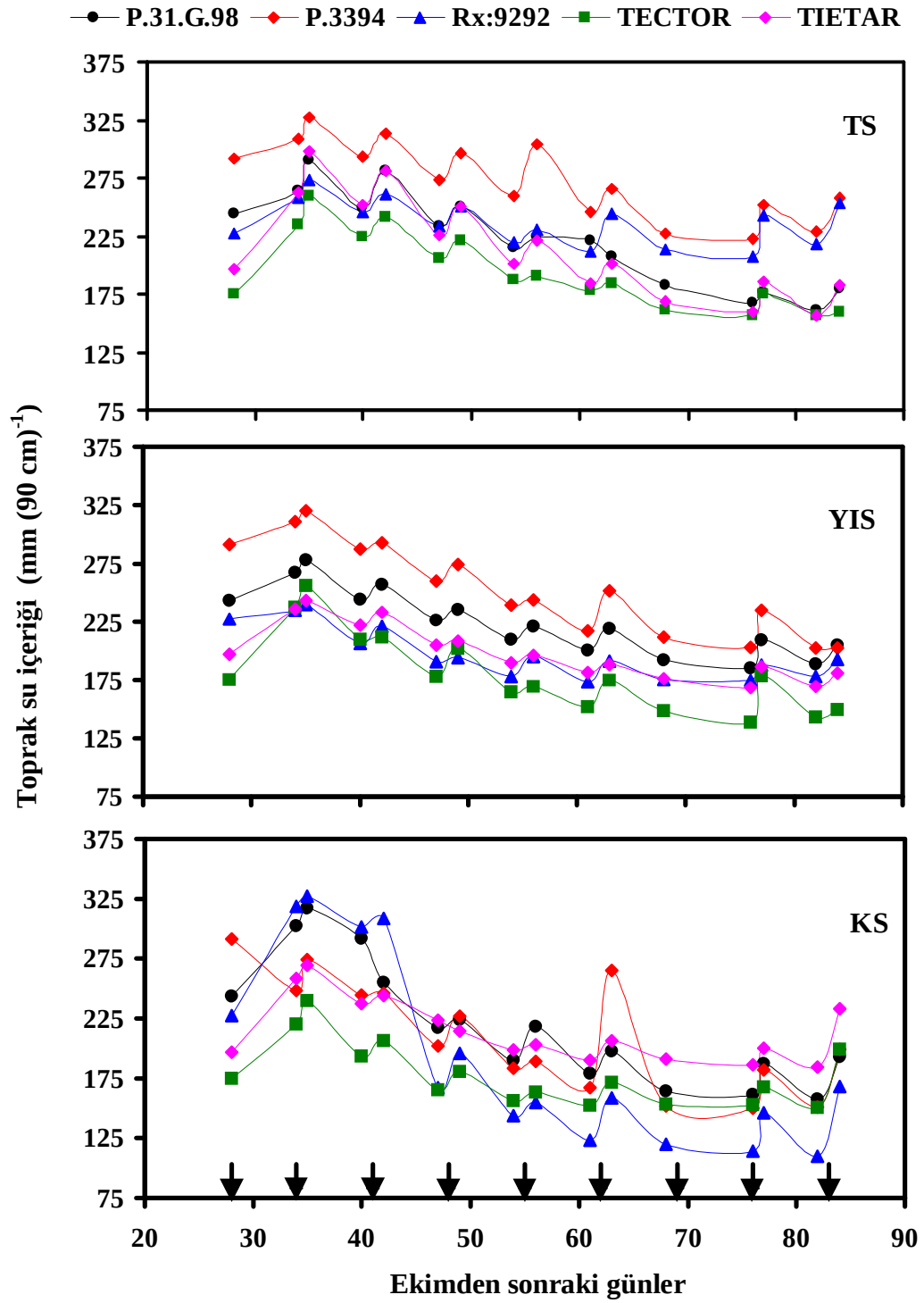
4.4. Toprak Su İçeriği

Sulama uygulamalarına başlanmasıyla birlikte bitki kök bölgesinde toprak su içeriği düzenli olarak izlenmiştir. Bitki kök bölgesi içinde 90 cm toprak profili derinliği boyunca mısır çeşitleri için en yüksek su içeriği beklenildiği gibi TS konusu altında gözlenmiştir (Şekil 4.2, Şekil 4.3). YIS ve KS konularına aynı miktarda sulama uygulaması yapılmasına karşın, YIS konusu ıslak bölümünde bitki kök bölgesi su içeriğinin daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

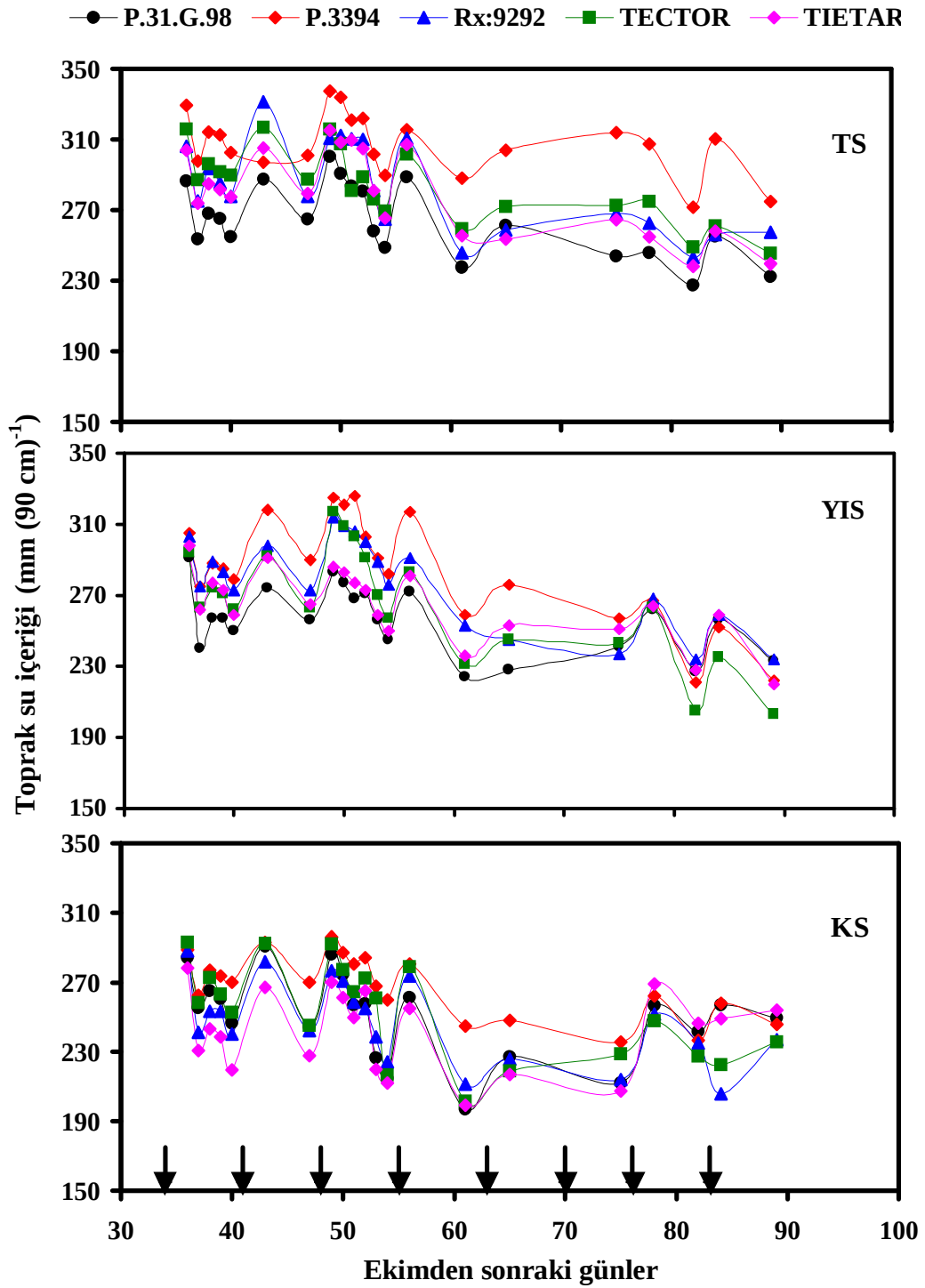
Her bir sulama konusu altında mısır çeşitleri için kök bölgesi toprak su içeriğinin farklılıklar gösterdiği göze çarpmaktadır. P.3394 mısır çeşidi için toprak su içeriği TS ve YIS konuları altında en yüksek değerlere sahip olmuştur (Şekil 4.2, Şekil 4.3). Benzer bir şekilde P.3394 mısır çeşidinin ilk yıl verim değerleri kök bölgesi su içeriğindeki artışa da bağlı olarak TS ve YIS konularında KS' kıyasla daha

yüksek (Çizelge 4.2) olmuş ve SSKR değeri de en yüksek YIS altında gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Diğer bir deyişle, bulgular P.3394 çeşidinin mevcut suyu çok etkin olarak değerlendirme kabiliyetinde olduğunu göstermektedir. TS ve YIS konuları altında ilk yıl Tector mısır çeşidi en düşük toprak su içeriği değerine sahip olmuştur. TS konusu altında ikinci yıl P.31.G.98, YIS konusu altında ise P.31.G.98 ile birlikte Tector mısır çeşitlerinde en düşük toprak su durumu gözlenmiştir. KS konusunda ise ilk yıl mevsim ortasına değin Tector, mevsim ortasından sonuna değin Rx:9292 mısır çeşitlerinde en düşük toprak su durumu saptanmıştır. Kök bölgesindeki su içeriğinin düşük olduğu çeşitlerin (ör., Tector), su tüketimlerinin diğer çeşitlere (ör., P.3394) kıyasla görece yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Çizelge 4.3). KS konusu altında ikinci yıl mevsim ortasından itibaren P.3394 mısır çeşidinin diğer çeşitlere kıyasla kök bölgesinde daha fazla su içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Tietar mısır çeşidinde de zaman zaman diğer çeşitlerden daha düşük bir toprak su durumu gözlenmiştir.

Araştırmada sulama uygulamalarının planlandığı gibi yapıldığının bir göstergesi olarak, toprak su içeriği YIS ve KS konuları altında TS'ye kıyasla daha düşük olmuştur (Şekil 4.2, Şekil 4.3). Farklı bitki türlerinde yapılan bir çok araştırma sonuçları da beklenildiği gibi yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında toprak su içeriği, kontrol konusundan daha düşük olması sağlanmıştır (Zegbe-Dominguez ve ark., 2003; Kırdı ve ark., 2004; 2005; Dorji ve ark., 2005). Ayrıca yarı ıslatmalı sulama ile geleneksel kısıntılı sulama karşılaştırıldığında, YIS tekniği altında ortalama toprak su içeriği değerlerinin geleneksel kısıntılı sulama konusuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile YIS tekniği altında toprak su içeriği tam sulama ile geleneksel kısıntılı sulama arasında bir eğilim izlemektedir.



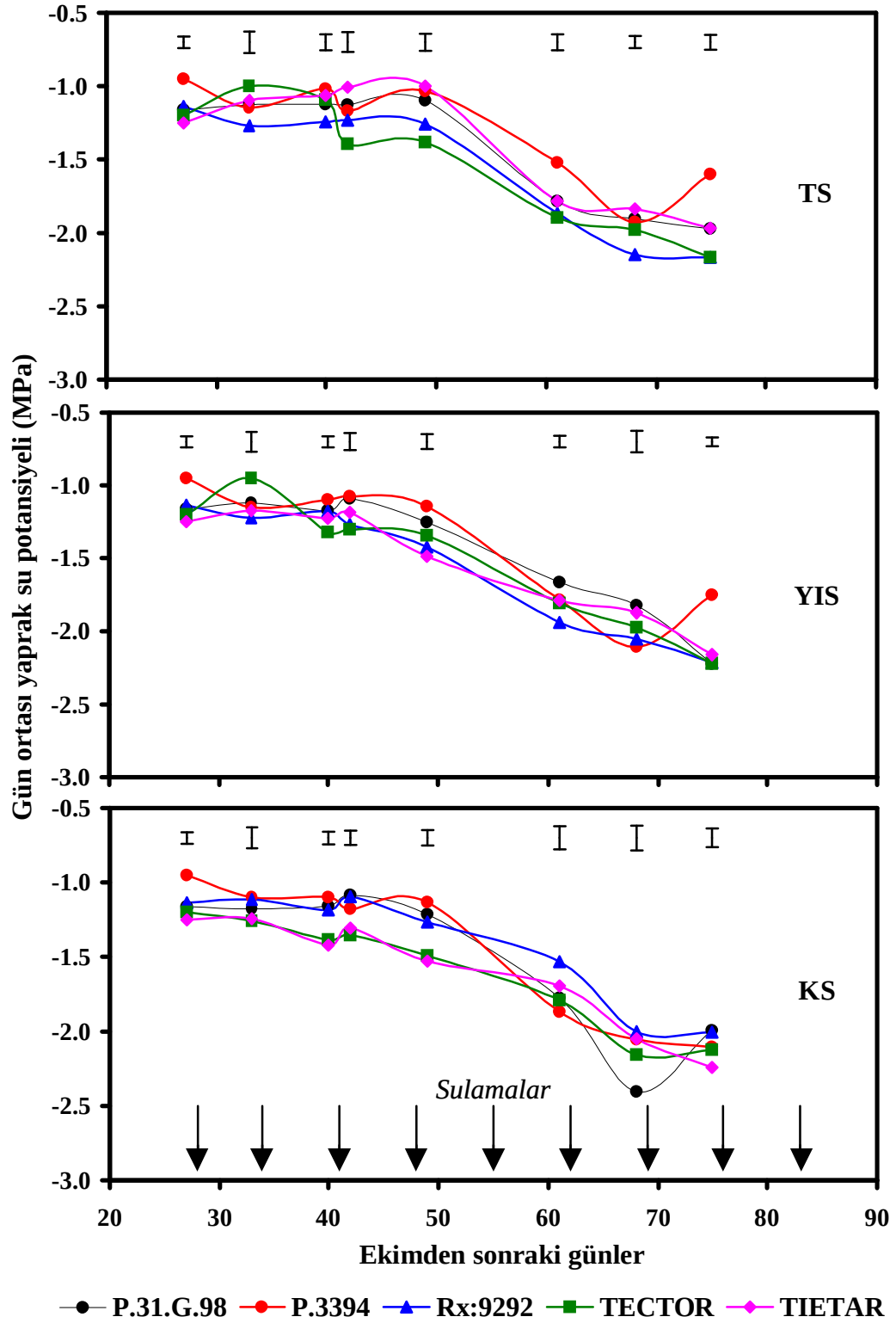
Şekil 4.2. Araştırmanın ilk yılında sulama konuları altında mısır çeşitleri için toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2004). (Oklar sulama zamanını göstermektedir).



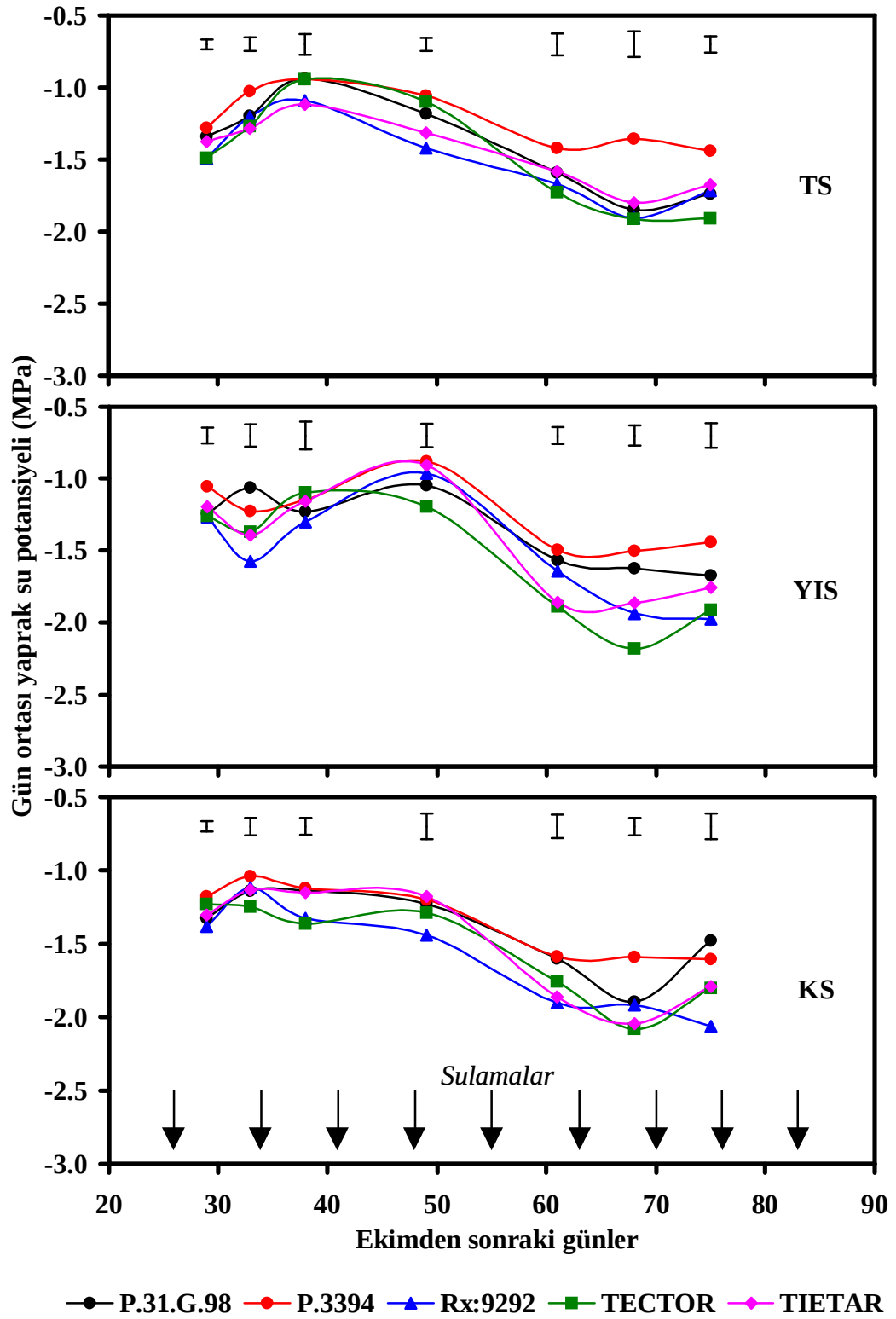
Şekil 4.3. Araştırmanın ikinci yılında sulama konuları altında mısır çeşitleri için toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2005). (Oklar sulama zamanını göstermektedir).

4.5. Yaprak Su Potansiyeli Ölçümleri

Sulama uygulamalarının mısır çeşitleri üzerinde olası etkilerini daha iyi değerlendirebilmek amacıyla yetiştirme mevsimi boyunca diğer gözlem ve ölçümlerin yanı sıra **Yaprak Su Potansiyeli (YSP)** ölçümleri de yapılmıştır. YSP sonuçlarına göre, mısır çeşitlerinin ele alınan sulama uygulamalarına karşı tepkilerinin farklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.4, Şekil 4.5). Bitkinin gereksindiği sulama suyundan herhangi bir kısıntı yapılmaksızın sulamaların gerçekleştirildiği TS konusu için mevsim ortasından sonuna değin P.3394 mısır çeşidi en yüksek YSP değerine sahip olurken, Tector ve Rx:9292 mısır çeşitleri ise en düşük değerleri almıştır. Bitki kök bölgesinin yarısının ıslatılmasıyla ve TS konusu su miktarının %65 ile sulama uygulamalarının gerçekleştirildiği YIS konusu için en yüksek YSP değerleri P.31.G.98 ile P.3394 mısır çeşitlerinde saptanmıştır. En düşük YSP değerleri ise araştırmanın ilk yılında Rx:9292, ikinci yılında Tector mısır çeşitlerinde görülmüştür. YIS ile aynı miktarda sulama suyuna sahip olmakla birlikte bitki kök bölgesinin her iki tarafının ıslatıldığı KS konusu altında araştırmanın ilk yılı için Rx:9292 ve ikinci yıl için P.3394 mısır çeşidi en yüksek YSP değerlerini almıştır. En düşük YSP değerleri araştırmanın ilk yılında Tector ve Tietar, ikinci yılında ise Rx:9292 mısır çeşitlerinde görülmüştür. Nitekim, anılan çeşitler için YSP değerindeki düşüşe paralel olarak toprak su içeriği değerlerinde de azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.2, Şekil 4.3). YSP değerinin düşük olması, genellikle bitki kök bölgesi su içeriğinin daha az olması anlamına gelir. Bu durumda YSP değerlerindeki düşüş bitkilerin su stresine girdiklerini göstermektedir.



Şekil 4.4. Mevsim boyunca gün ortası yaprak su potansiyeli değişimi (2004). Düşey çizgiler LSD ($P=0.05$) değerlerini göstermekte, oklar ise sulama zamanlarını belirlemektedir.



Şekil 4.5. Mevsim boyunca gün ortası yaprak su potansiyeli değişimi (2005). Düşey çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermekte, oklar ise sulama zamanlarını belirlemektedir.

Araştırmada mevsimlik ortalama yaprak su potansiyeli değerleri TS ve YIS konuları için en yüksek P.3394 mısır çeşidinde (ilk yıl; -1.30 MPa ile -1.38 MPa, ikinci yıl; -1.22 MPa ile -1.25 MPa) saptanmış, dolayısıyla anılan çeşit görece az su stresine girmiştir. P.3394 çeşidinin en yüksek dane verim grubu içerisine girmesi bu nedene bağlanabilir (Çizelge 4.2). P.3394 çeşidinde YIS için en yüksek YSP'nin oluşması, SSKR değerindeki (Çizelge 4.5) artışı da açıklamaktadır. En düşük değer ise TS konusunda Rx:9292; YIS konusunda ilk yıl yine Rx:9292 ve ikinci yıl Tector mısır çeşitlerinde meydana gelmiştir. Rx:9292 ve Tector çeşitlerinde YSP değerindeki düşüş sonucu, TS'ye kıyasla YIS konusu altında dane verimi (Çizelge 4.2) ve SSKR en düşük (Çizelge 4.5) değeri vermiştir. KS konusu altında en yüksek yaprak su potansiyeli değeri ilk yıl Rx:9292 (-1.42 MPa), ikinci yıl P.3394 (-1.33 MPa) mısır çeşitlerinde ölçülmüştür. En düşük değerler ise ilk yıl Tector, ikinci yıl ise ilk yıl en yüksek değere sahip olan Rx:9292 mısır çeşidinde kaydedilmiştir.

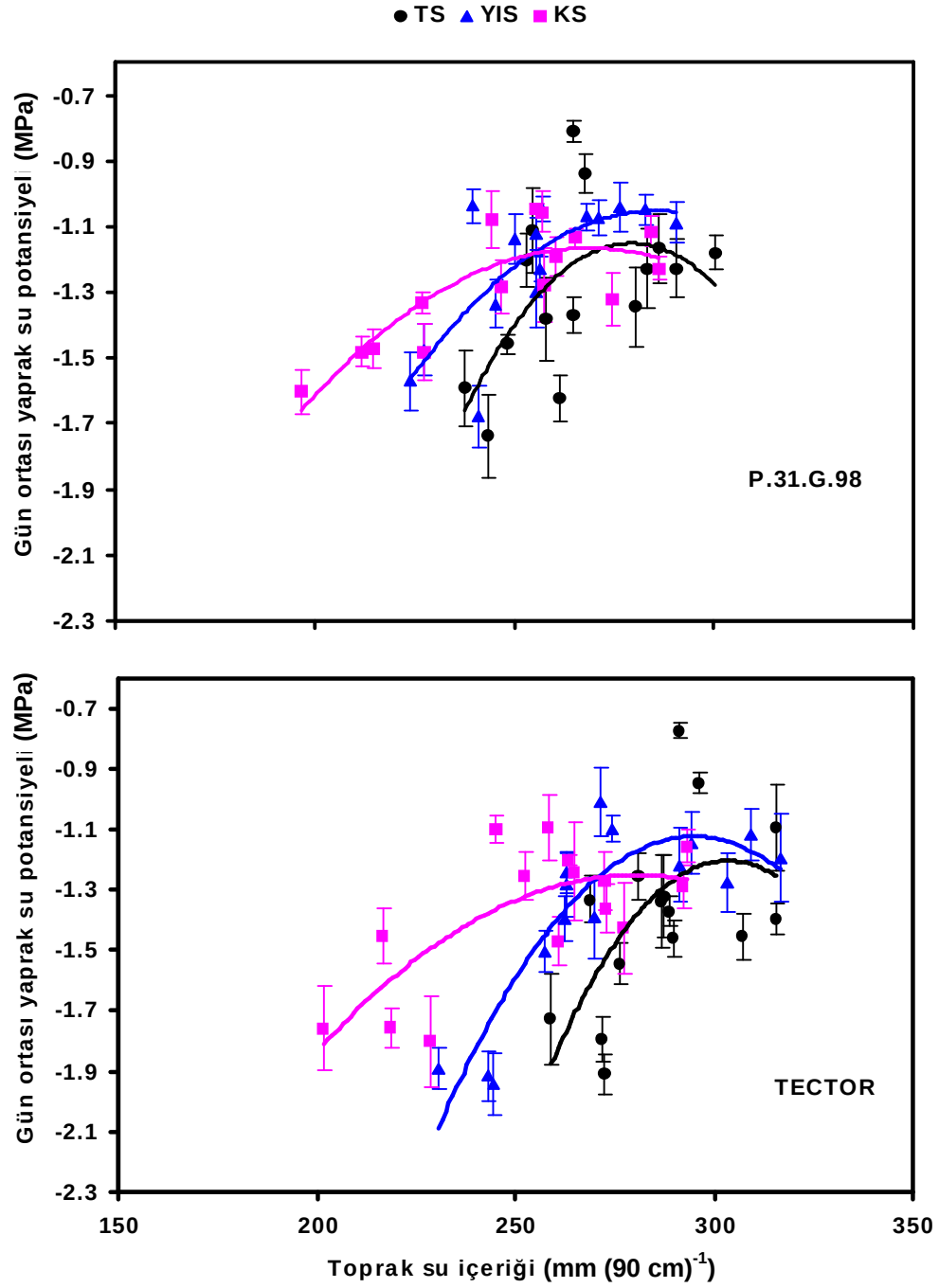
Sulama konuları altında mısır çeşitlerinin genel olarak mevsimlik ortalama yaprak su potansiyelleri TS konusu altında daha yüksektir. TS konusu kök bölgesindeki suyun yüksek olması sonucu (Şekil 4.2, Şekil 4.3) bitkiler su stresi ile karşılaşmamış ve dolayısıyla YSP yüksek çıkmıştır (Şekil 4.4, Şekil 4.5). TS konusunu sırasıyla YIS ve KS konuları izlemiştir. Benzer bulgular Kırdı ve ark. (2005) tarafından mısır bitkisinde yapılan araştırmada da ortaya konulmuştur. Geleneksel kısıntılı sulama altında YIS tekniğine kıyasla YSP değerindeki yüksek değerler; Zegbe ve ark. (2004) domates, Wakrim ve ark. (2005) fasulye, De Souza ve ark. (2005) asma, Wahbi ve ark. (2005) zeytin, Centritto ve ark. (2005) yine zeytin ile Dorji ve ark. (2005) biber gibi çok değişik bitki türlerinde elde edilen sonuçlarla da paralellik göstermektedir.

Kök bölgesi toprak su içeriği yüksek ise yaprak su potansiyeli yüksek, toprak su içeriği azalma eğiliminde olduğunda yaprak su potansiyeli de düşme göstermektedir (Wanjura ve Upchurch, 2002). Buradaki araştırmada da toprak su içeriği (Şekil 4.2, Şekil 4.3) yüksek olan sulama konusu altında yaprak su potansiyeli (Şekil 4.4, Şekil 4.5) yüksek, toprak su içeriği azalma eğiliminde ise yaprak su potansiyeli de azalma göstermiştir.

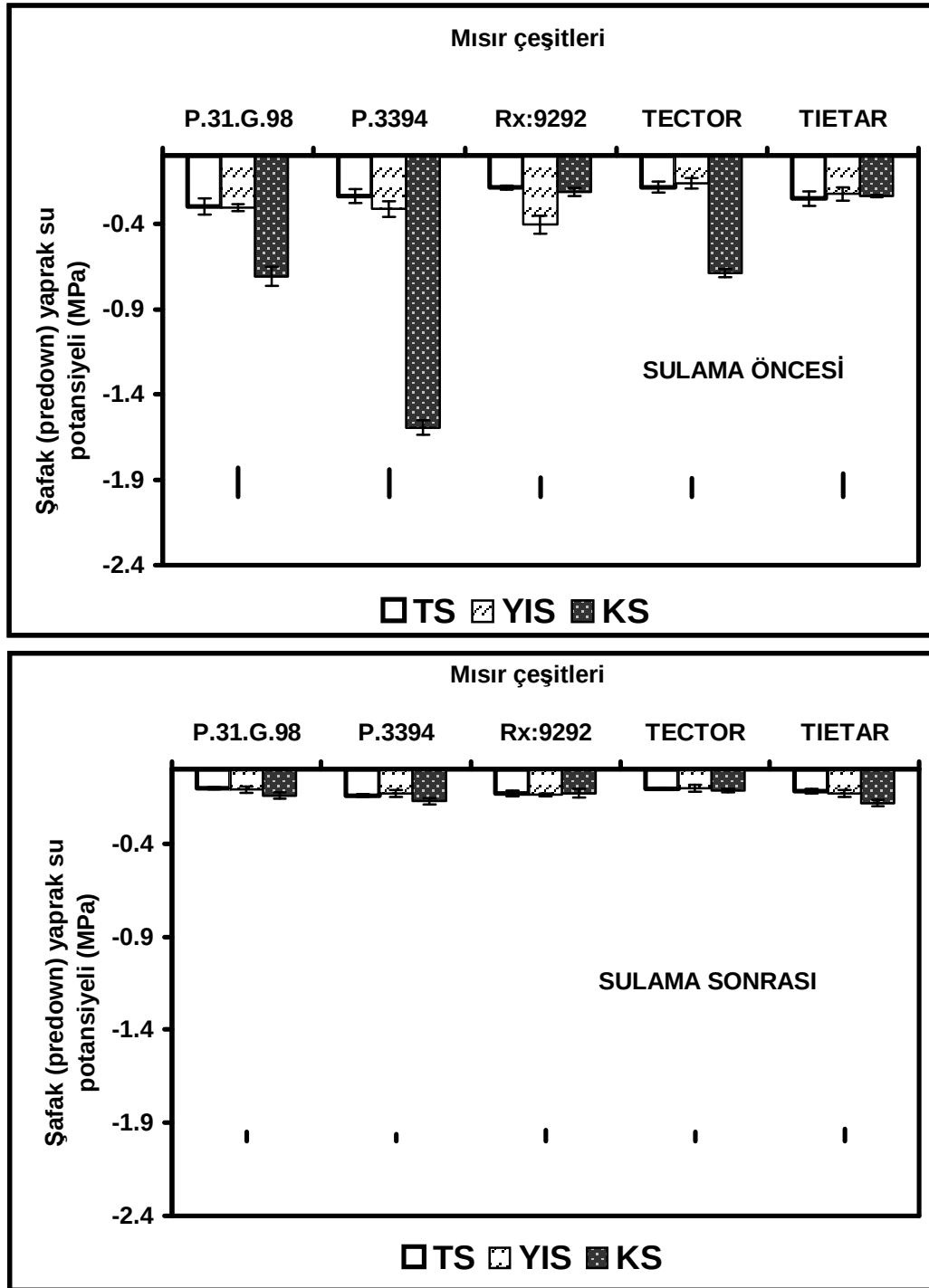
P.31.G.98 ve Tector mısır çeşitlerinde toprak su içeriğine karşı gün ortası YSP değerlerinin grafikleri (Şekil 4.6) yapılarak TS, YIS ve KS konuları altında topraktaki su içeriğine bağlı olarak YSP ölçümlerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Bitki kök bölgesi toprak su içeriğinin azalmasıyla birlikte YSP değerlerinde düşüş kaydedilmiştir. Toprak su içeriği P.31.G.98 çeşidinde 250 mm, Tector çeşidinde 270 mm ve üzerinde olduğu durumlarda YIS konusu altında diğer sulama konularına kıyasla YSP değerleri daha yüksektir (Şekil 4.6).

Gün doğmadan sabaha karşı şafaktaki bitki su durumları, su stresinin etkisini ortaya koyan önemli bir göstergedir. Bu gösterge şafakta yapılacak yaprak su potansiyeli ölçümleri ile belirlenebilmektedir. Birçok araştırmada şafakta YSP gözlemleri yapılarak geleneksel sulama ve YIS tekniği altında bitkilerin davranışları gözlenmiştir (Zegbe ve ark., 2004; Centritto ve ark., 2005; Wahbi ve ark., 2005; De Souza ve ark., 2005; Dorji ve ark., 2005). Ele alınan bu araştırmanın ilk yılında ekimden sonra 62. günde sulama öncesi ve 63. günde sulama sonrası (6. sulama öncesi ve sonrası) şafakta YSP ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.7). Araştırmanın ikinci yılında da ekimden sonra 49. günde sulama sonrası (4. sulama sonrası) ve 55. günde sulama öncesi (5. sulama öncesi) şafakta YSP ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.8). İki yıl için sulama öncesinde YSP değerlerinin daha düşük ve sulama uygulaması sonucu toprak su içeriğindeki artış (Şekil 4.2, Şekil 4.3) ile birlikte yükseldiği gözlenmiştir. YIS ve KS konularına aynı miktarda sulama suyu verilmesine karşın, araştırmanın ilk yılında P.31.G.98, P.3394 ve Tector mısır çeşitlerinde sulama öncesi KS konusunda YSP değerleri daha düşük olmuştur (Şekil 4.7). Bu nedenle KS konusunda su stresi daha belirgin olarak gerçekleşmiştir. Dorji ve ark. (2005) tarafından biber bitkisinde şafakta yapılan YSP gözlemleri sonucunda da YIS konusuna kıyasla KS altında daha düşük değerler ölçülmüştür. Benzer bir bulgu da De Souza ve ark. (2005) tarafından asma bitkisinde yaptıkları bir araştırmada elde edilmiş ve YIS konusuna kıyasla KS altında YSP değerleri daha düşük gerçekleşmiştir. Sulama sonrası ise P.3394 mısır çeşidi yine KS konusunda daha düşük bir değerde kalmıştır. Buna karşın YIS konusunda Rx:9292 mısır çeşidi sulama öncesinde en düşük YSP değerini almış ve sulama sonrası değeri artış göstererek TS ve KS konuları ile eşit düzeyde olduğu gözlenmiştir. Araştırmanın

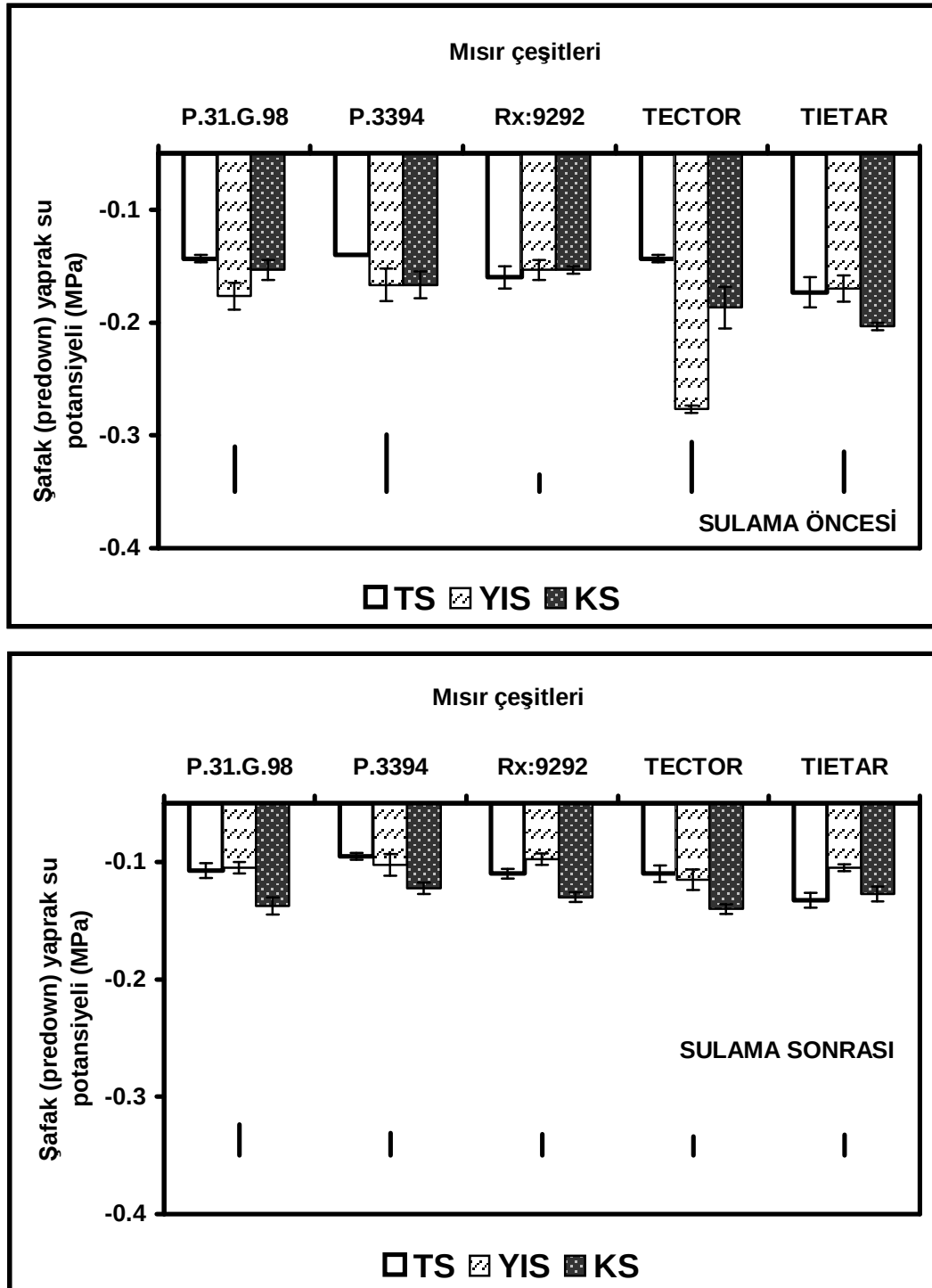
ikinci yılında sulama sonrası, sulama öncesine oranla doğal olarak YSP değerlerinde bir artış gözlenmiştir (Şekil 4.8). Burada, TS konusuna oranla %35 su kısıntısı yapılan YIS konusunda YSP değerleri en yüksek değerleri almıştır. Yine TS konusuna oranla %35 su kısıntısı yapılan KS konusunda YSP değerleri en düşük düzeylerde kalmış ve KS konusu altında su stresinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. YIS tekniğine kıyasla KS altında şafakta YSP değerinde meydana gelen azalma farklı bitki türleriyle yapılan bir çok araştırmada da (ör., Zegbe ve ark., 2004; Centritto ve ark., 2005; Wahbi ve ark., 2005; De Souza ve ark., 2005; Dorji ve ark., 2005) benzer tavır göstermiştir. Yani YIS yöntemi altında, bitkilerin mevcut suyu daha etkin olarak kullanmalarını sağlayan kök-yaprak sinyal iletişimi mekanizması savının (Dry ve Loveys, 1998; Mingo ve ark., 2003; Zegbe-Dominguez ve ark., 2003) doğru olduğu ve söz konusu mekanizmanın etkinliğinin çeşitlere göre değişebileceği görülmektedir.



Şekil 4.6. Araştırmanın ikinci yılında TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 ve Tector mısır çeşitlerinde gün ortası yaprak su potansiyeli ve toprak su içeriği arasındaki ilişki (2005)



Şekil 4.7. 2004 yılında ekimden sonra 62. günde sulama öncesi ve 63. günde sulama sonrası TS, YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerine göre şafak vakti yaprak su potansiyeli değişimi. Düşey çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.8. 2005 yılında ekimden sonra 49. günde sulama sonrası ve 55. günde sulama öncesi TS, YIS ve KS sulama konuları altında mısır çeşitlerine göre şafak vakti yaprak su potansiyeli değişimi. Düşey çizgiler LSD (P=0.05) değerlerini göstermektedir.

4.6. Mısır Çeşitlerinde Kök Dağılımı

Kökler, topraktan su ve besin maddesi sağlayan bitkilerin en önemli bölümlerindendir. Bu nedenle farklı sulama konuları altında test edilen beş mısır çeşidinin kök sisteminde farklı sulama konuları altında olası farklılıklarla ilgili bulgular araştırmanın önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

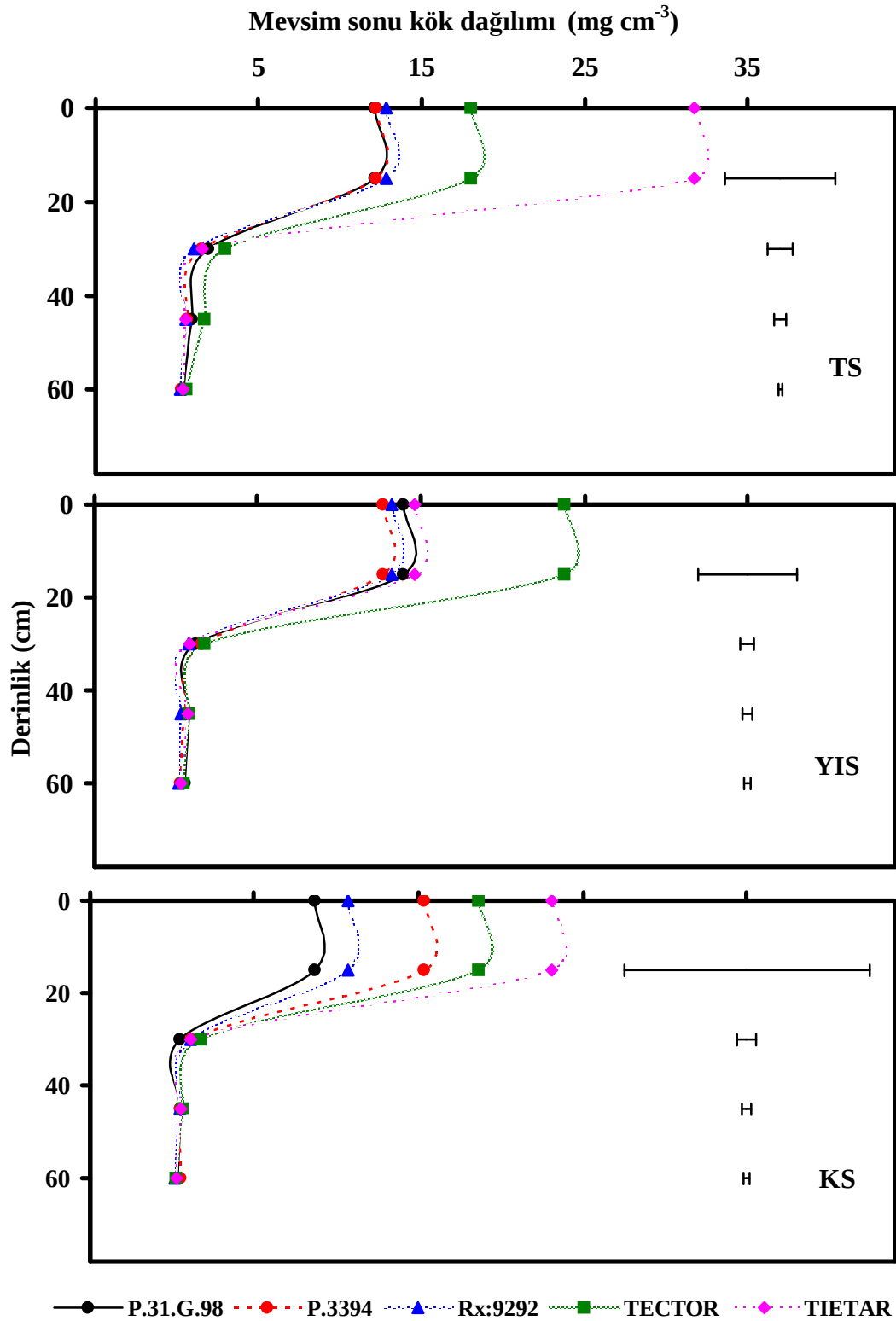
Diğer araştırma bulgularında olduğu gibi sulama konuları için mısır çeşitlerinin kök dağılımlarında önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.9, Şekil 4.10). Toprağın 0–60 cm’lik derinliği içerisinde yapılan kök örnekleme çalışması, mısır çeşitlerinin özellikle 0–30 cm derinlikte daha yoğun bir kök sistemine (mg cm^{-3}) sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Gençdoğan (1996) tarafından yapılan çalışmada da, toprak profilinin üst katmanlarında kök yoğunluğunun en fazla olduğu ve derinlere inildikçe kök yoğunluğunda azalma olacağı tespit edilmiştir. Li ve ark. (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise 5–35, 35–50 ve 50–65 cm derinliklerinden olmak üzere üç katman halinde kök örnekleme çalışması yapılmış ve üst katmandan derinlere doğru inildikçe kök yoğunluğunun (cm cm^{-3}) azaldığı gösterilmiştir. Benzer bulgular diğer birçok çalışmada da doğrulanmıştır (ör., Phene ve ark., 1991; Oikeh ve ark., 1999; Ogola ve ark., 2002; Moroni ve ark., 2003). Söz konusu çalışmalarda yapıldığı gibi mısır bitkisi kök sisteminin davranışını belirlemek amacıyla toprak yüzeyinden itibaren 50–60 cm derinliklere değin yapılacak örneklemeler yeterli olmaktadır.

TS konusu altında Tietar mısır çeşidi, diğer çeşitlere oranla daha yoğun kök dağılımı göstermiştir (Şekil 4.9, Şekil 4.10). YIS konusu altında 0–30 cm katmanından ilk yıl Tector mısır çeşidi daha yoğun kök sistemi göstermiştir. YIS konusu altında Tector mısır çeşidi araştırmanın ilk yılında KS konusuna kıyasla dane verim değeri daha yüksek olmuş (Çizelge 4.2) ve bu nedenle olacak ki Tector mısır çeşidi en yüksek SSKR’nı YIS konusu altında vermiştir (Çizelge 4.5). İkinci yıl yine Tector mısır çeşidi kök yoğunluk değeri (mg cm^{-3}) diğer mısır çeşitleri kök yoğunluk değerlerinden yüksek olmasına karşın, gözlenen farklılıklar istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). KS konusu altında ise sadece 15–30 cm katmanında yapılan ölçümler çeşitler arasında istatistiksel anlamda önemli ($P<0.05$) farklılık

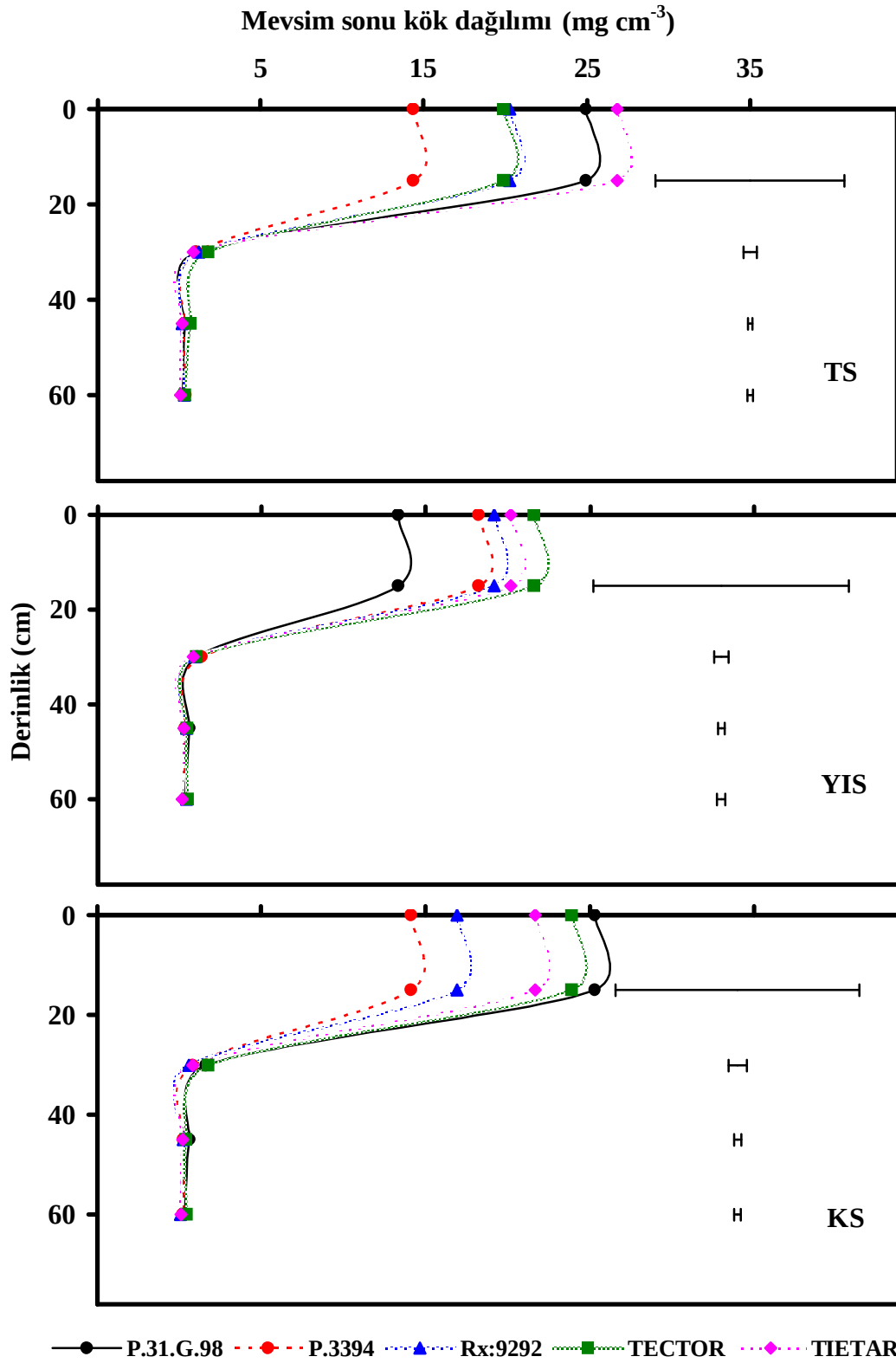
göstermiştir. Diğer derinliklerde kök sistemi yoğunluk değerleri çeşitler arasında istatistiksel önemde ($P>0.05$) farklılık olmadığını göstermiştir. Bu koşulda Tector mısır çeşidi en büyük kök yoğunluk değerini alırken, en düşük değer ilk yıl P.31.G.98 ve ikinci yıl Rx:9292 mısır çeşitlerinde kaydedilmiştir. Olasıdır ki, YIS konusu altında Tector çeşidinde verim azalmasının TS'ye kıyasla görece az olması anılan çeşidin kök yoğunluğunun fazla olmasına atfedilebilir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

Toprak yüzeyinden itibaren 60 cm derinlik içerisinde toplam kök yoğunluk değerleri TS konusu altında ilk yıl 34.1 mg cm^{-3} ile 14.5 mg cm^{-3} arasında değişim ile Tietar > Tector > P.31.G.98 > Rx:9292 > P.3394 şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. İkinci yıl ise 28.0 mg cm^{-3} ile 16.2 mg cm^{-3} arasında değişim ile Tietar > P.31.G.98 > Tector > Rx:9292 > P.3394 şeklinde bir sıralama oluşmuştur. YIS konusunda, ilk yıl 26.7 mg cm^{-3} ile 14.4 mg cm^{-3} arasında değişim ile sıralama Tector > P.31.G.98 > Tietar > P.3394 > Rx:9292 şeklinde meydana gelmiştir. İkinci yıl 23.6 mg cm^{-3} ile 15.4 mg cm^{-3} arasında değişim ile Tector > Tietar > Rx:9292 > P.3394 > P.31.G.98 şeklinde bir sıralama meydana gelmiştir. KS konusu altında ilk yıl değerleri 24.9 mg cm^{-3} ile 9.9 mg cm^{-3} arasında değişim ile Tietar > Tector > P.3394 > Rx:9292 > P.31.G.98 şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. İkinci yıl 27.9 mg cm^{-3} ile 15.5 mg cm^{-3} arasında değişim ile P.31.G.98 > Tector > Tietar > Rx:9292 > P.3394 şeklinde bir sıralama meydana gelmiştir.

Bitki kök gelişimi ve dağılımları, kullanılan sulama yöntemleri (Phene ve ark., 1991) ile birlikte uygulama biçimleriyle de yakından ilgilidir. Bu çalışmada sulama düzeyleri ve uygulama biçimlerine göre mısır çeşitlerinin kök yoğunluklarında farklılıklar meydana gelmiştir. Bununla birlikte bitki kök sisteminin çok karmaşık bir yapıya sahip olması ve toprak altında bulunması nedeniyle bitki kök dağılımı üzerine yapılan araştırmalar son derece sınırlıdır.



Şekil 4.9. Hasatta kök dağılımı (2004). Yatay çizgiler LSD ($P=0.05$) değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.10. Hasatta kök dağılımı (2005). Yatay çizgiler LSD ($P=0.05$) değerlerini göstermektedir.

4.7. Bitki Verim Parametreleri

Hasat İndeksi (HI)

Araştırmada TS, YIS ve KS konuları altında elde edilen 5 mısır çeşidine ilişkin **Hasat İndeksi (HI)** değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'de görüldüğü üzere, iki yıl süreli araştırmada, sulama konuları ve mısır çeşitlerine göre önemli farklılık göstermektedir.

Çizelge 4.6. Araştırma yıllarında sulama konularına bağlı olarak mısır çeşitlerinden elde edilen hasat indeksi (HI) değerlerinin varyans analiz sonuçları

	SD	2004			2005		
		KO	F	P	KO	F	P
Çeşit (A)	4	1944.98	19.10	0.0000	491.515	14.11	0.0002
Blok (B)	3	127.186	1.25	0.3353	142.132	4.08	0.0327
A × B	12	101.807			34.8267		
Sulama (C)	2	1973.35	30.10	0.0007	1029.16	16.87	0.0034
B × C	6	65.5494			61.0014		
A × C	8	273.880	7.91	0.0000	260.793	12.04	0.0000
A × B × C	24	34.6221			21.6546		
Toplam	59						

Hasat indeksi dane veriminin toprak üstü kuru maddeye oranı olarak bilinmekte ve değerlendirilmesi gereken önemli bir parametredir. Araştırma yıllarında hasat işlemi tamamlandıktan sonra sulama konuları ile birlikte mısır çeşitlerinde **Hasat İndeksi (HI)** değerleri saptanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Araştırma yıllarında sulama konuları altında mısır çeşitlerinden elde edilen hasat indeksi (HI) (%) değerleri ¹

Çeşitler	Sulama Konuları			LSD _{0.05}	Çeşit Ortalaması
	TS	YIS	KS		
2004					
P.31.G.98	A78.10a	AB55.81b	AB43.92c	5.8319	A59.27
P.3394	B52.82b	A66.74a	A44.90b	10.187	A54.82
Rx:9292	C31.45	C35.13	BC30.18	Ö.D.	C32.25
TECTOR	C39.49a	C36.71a	C17.88b	15.220	C31.36
TIETAR	B55.28a	B51.87a	C29.31b	11.432	B45.49
LSD _{0.05}	8.1029	11.985	14.025	-	8.9750
Sulama Konusu Ortalaması	51.43a	49.25a	33.24b	6.2647	-
2005					
P.31.G.98	B47.79	C45.91	AB41.82	Ö.D.	B45.17
P.3394	A57.18a	C43.45b	BC33.84c	3.3169	B44.82
Rx:9292	B48.56a	C40.14a	C27.18b	10.800	C38.63
TECTOR	AB52.00a	B57.11a	A43.41b	8.1269	A50.84
TIETAR	B46.84b	A72.04a	A47.38b	12.747	A55.42
LSD _{0.05}	7.0680	7.4533	8.9419	-	5.2493
Sulama Konusu Ortalaması	50.47a	51.73a	38.72b	6.0435	-

¹ Farklı harflerle verilen satır ve sütunlardaki veriler %5 düzeyinde LSD testine göre birbirinden önemli derecede farklıdır (sütun içinde büyük harfler çeşit, satır içinde küçük harfler sulama konuları için kullanılmıştır).
Ö.D.: Önemli Değil

Sulama konuları ortalama değerleri iki yıl için iki istatistiksel grup oluşturmuştur. Sıralama TS ~ YIS > KS şeklinde meydana gelmiştir.

Çeşit ortalama değerlerinde ilk yıl için üç istatistiksel grup oluşmuş ve en yüksek değerle P.31.G.98 ve P.3394 mısır çeşitleri birinci gruba girmiştir. P.3394 çeşidinin ortalama dane verimi (Çizelge 4.2) diğer çeşitlere kıyasla yüksek değerlerin oluşturduğu istatistiksel sınıf içerisinde yer almıştır. Benzer durum SSKR değerleri (Çizelge 4.5) için de kaydedilmiştir. Tietar mısır çeşidinde elde edilen değer ikinci grubu oluşturmuştur. Rx:9292 ve Tector mısır çeşitleri en düşük değerlerle üçüncü grupta kalmışlardır. Yine Rx:9292 çeşidi, ortalama dane verimi (Çizelge 4.2) ve SSKR (Çizelge 4.5) değerleri en düşük olan çeşit olarak kendini göstermiştir. İkinci yıl yine üç grup oluşmuş ve Tietar ile Tector mısır çeşitleri birinci gruba girmişlerdir. P.31.G.98 ve P.3394 mısır çeşitleri ikinci grup içerisinde yer almıştır. Rx:9292 mısır çeşidi ise en düşük değer ile birinci yılda olduğu gibi üçüncü grup içerisinde kalmıştır.

Araştırmanın ilk yılında TS konusu altında P.31.G.98 > Tietar ~ P.3394 > Tector ~ Rx:9292 şeklinde bir sıralama oluşmuştur. YIS konusu altında ise P.3394 mısır çeşidi en yüksek değerle birinci grubu oluşturmuştur. Benzer bir şekilde P.3394 çeşidinin dane verimi (Çizelge 4.2) ve SSKR değeri (Çizelge 4.5) de en yüksek sınıf içerisinde yer almıştı. Tector ve Rx:9292 mısır çeşitleri ise en düşük değerle üçüncü gruba dahil olmuştur. KS konusu altında P.3394 mısır çeşidi en yüksek değerle birinci grubu oluşturmuştur. Tietar ve Tector mısır çeşitleri ise en düşük değerle üçüncü gruba dahil olmuştur. Araştırmanın ikinci yılında TS konusu altında P.3394 mısır çeşidi en yüksek değeri alarak birinci grubu oluşturmuştur. YIS konusu altında Tietar > Tector > P.31.G.98 ~ P.3394 ~ Rx:9292 şeklinde bir sıralama oluşmuştur. KS konusu altında ise Tietar ve Tector mısır çeşitleri en yüksek değerleri alarak birinci grubu oluşturmuşlardır. Rx:9292 mısır çeşidi ise en düşük değerle üçüncü grup içerisinde kalmıştır.

Araştırmanın ilk yılında Rx:9292 mısır çeşidi altında sulama konularında meydana gelen değişimler önemsiz bulunmuştur. Benzer bir sonucu, Kırdı ve ark. (2005) sele mısır çeşidinde rapor etmişlerdir. Buna karşın P.31.G.98 mısır çeşidinde üç grupta TS > YIS > KS şeklinde bir sıralama meydana gelmiştir. P.3394 mısır

çeşidinde iki grup ve $YIS > TS \sim KS$ şeklinde bir sıralama oluşmuştur. Tector ve Tietar mısır çeşitlerinde ise sıralama $TS \sim YIS > KS$ şeklindedir. İkinci yıl P.31.G.98 mısır çeşidi altında sulama konularında meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. P.3394 mısır çeşidinde sulama konuları büyükten küçüğe doğru $TS > YIS > KS$ şeklinde sıralanmıştır. Rx:9292 ve Tector mısır çeşitlerinde ise sıralama $TS \sim YIS > KS$ olarak gerçekleşmiştir. Tietar mısır çeşidinde ise $YIS > TS \sim KS$ olarak sıralanmıştır. Bu koşullar altında HI değerlerinde gözlenen farklılıklar bitkilerin farklı sulama uygulamaları altında bitki çeşidi ile yakından ilgilidir.

Hasat indeksi değerleri sulama konuları ve çeşitlere bağlı olarak en düşük ve en yüksek değerler ilk yıl %18 - %78 ve ikinci yıl %27 - %72 arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte araştırma yıllarında tüm çeşitler için ortalama hasat indeksi değeri TS konusunda %50 - %51, YIS konusunda %49 - %52 ve KS konusunda da %33 - %39 arasında olmuştur. Pandey ve ark. (2000b) sulama suyu miktarı ve azot dozundaki azalma ile birlikte hasat indeksi değerinin düşüş gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada Pandey ve ark. (2000b) tarafından ifade edilen bulguya ek olarak sulama suyundaki azalma ile birlikte YIS tekniği altında geleneksel kısıntılı sulamaya oranla hasat indeksi değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Hasat indeksi değerleri için; Gençoğlu (1996) tek mısır çeşidinde %20 - %48, Pandey ve ark. (2000b) kullandıkları azot ve su stres konularına göre %0 - %45, Costa ve ark. (2002) altı mısır çeşidinde %42 - %66, Earl ve Davis (2003) tek mısır çeşidinde %17 - %58, Kırdı ve ark. (2005) yine tek mısır çeşidinde %47 - %50, Moser ve ark. (2006) dört mısır çeşidinde %40 - %52 gibi değişen oranları tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen hasat indeksi değerleri ile anılan araştırma bulguları arasında genel anlamda bir paralellik bulunmaktadır.

Yaprak Alan İndeksi (YAI)

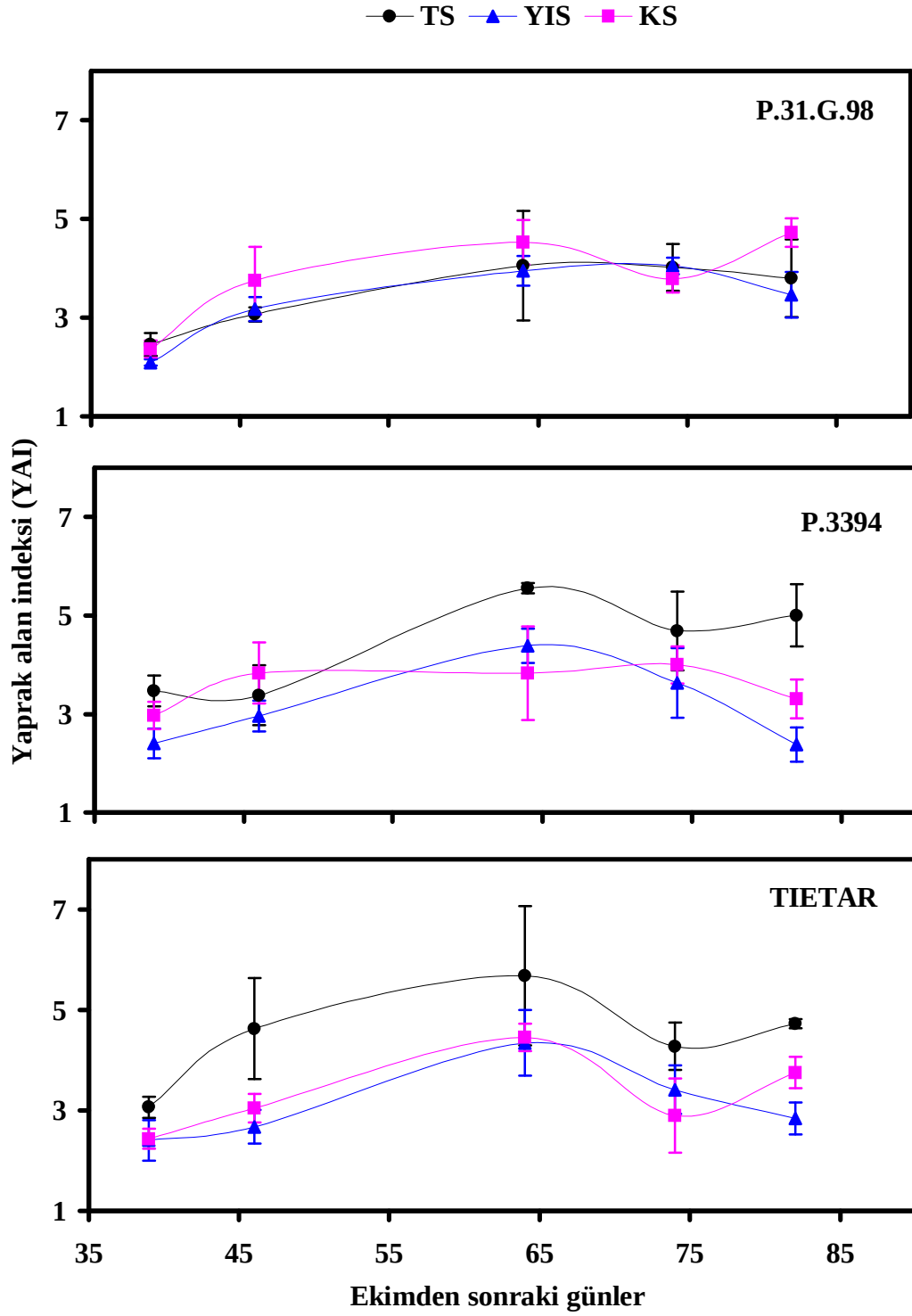
P.31.G.98, P.3394 ve Tietar mısır çeşitleri için yaprak alan indeksi (YAI) verilerinin grafikleri yıllara göre Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de sunulmuştur. Benzer tavır gösteren Rx:9292 ve Tector mısır çeşitlerinin YAI verileri ise çizelgeler halinde ekte verilmiştir (Çizelge Ek.3, Çizelge Ek.4, Çizelge Ek.5, Çizelge Ek.6).

Araştırmanın ilk yılında P.3394 ve Tietar mısır çeşitleri beklenildiği gibi TS sulama konusu altında YIS ve KS konularına kıyasla daha fazla yaprak gelişimi göstermişlerdir (Şekil 4.11). Genel olarak YIS ve KS konuları altında TS konusuna oranla YAI değerleri daha düşük kalmıştır. P.3394 ve Tietar mısır çeşitlerinde sulama suyundan yapılan kısıntı sonucu YIS ve KS altında denemede ön görüldüğü gibi vegetatif gelişim duraksamıştır. Kırdı ve ark. (2005) ve Topçu ve ark. (2007) da benzer şekilde YAI sonuçlarını deneme konularının uygulanışını kontrol amacıyla kullanmışlardır. Kısıntılı sulama koşullarında bitkilerde generatif gelişme vegetatif gelişmeden daha iyi olmuştur. Yarı ıslatmalı sulama altında bitkilerin köklerinden yapraklara gönderdiği sinyaller aracılığıyla vegetatif gelişimin azaldığı buna karşın generatif gelişimin teşvik edildiği başka çalışmalarda da gösterilmiştir (ör., Zhang ve Davies, 1990; Gollan ve ark., 1992; Bacon ve ark., 1998). P.31.G.98 çeşidi, YIS konusu altında KS konusuna kıyasla daha az bir yaprak gelişimi sergilemiştir (Şekil 4.11).

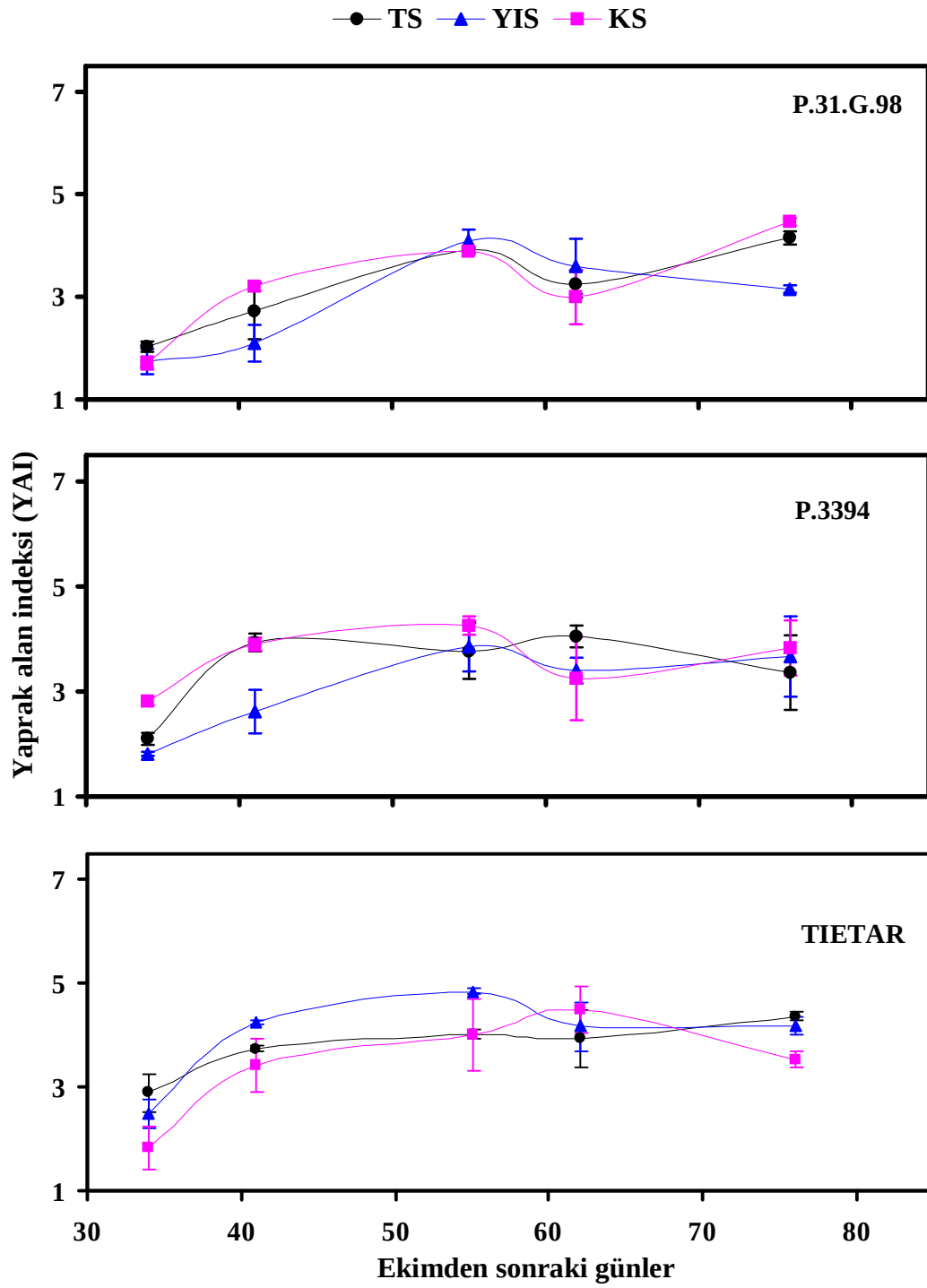
P.31.G.98 ile P.3394 mısır çeşitleri mevsimlik ortalama YAI değerleri araştırmanın her iki yılında da YIS konusu altında KS konusuna oranla, Kırdı ve ark. (2005)’nın da buldukları gibi, daha düşük gerçekleşmiştir. Burada ele alınan sulama konuları ve mısır çeşitleri için elde edilen YAI değerleri Gençdoğan (1996) tarafından da bildirildiği gibi su kısıtlılığı ile azalmıştır. YAI değerlerinde görülen azalmalar, bitkilerin vegetatif gelişimini yavaşlatıp generatif gelişimlerini arttırdığını işaret etmektedir.

Araştırmanın her iki yılında da yetiştirme mevsimi sonuna değin YAI değerlerinde bir azalma eğilimi göze çapraktadır. YAI verileri, kullanılan yöntemlere de bağlı olarak sulama konuları ve mısır çeşitlerine göre değişiklikler göstermiştir. YAI değerleri için bazı araştırmalarda; Gençdoğan (1996) 3.43 – 5.35, Tüfekçi ve

Karaaltın (1999) farklı örnekleme dönemlerine göre 1.43 – 5.48, Uslu ve Karaaltın (1999) üç mısır çeşidinde 3.82 – 4.47, Pandey ve ark. (2000b) sulama ve azot interaksiyonunda 0.78 – 3.39, Çakır (2004) tek bir mısır çeşidinde 1.29 – 5.46 ile Dağdelen ve ark. (2006) en yüksek 5.2 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu araştırmada da sulama ve mısır çeşitleri için YAI değerleri 1.70 ile 5.68 arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.11. Yaprak alan indeksinin (YAI) 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir ($n=3$).



Şekil 4.12. Yaprak alan indeksinin (YAI) 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir ($n=3$).

Kuru Madde Üretimi

Toprak üstü kuru madde üretimi, YAI'de olduğu gibi her bir sulama konusu altında mısır çeşitlerinden 3 yinelemeli olarak alınan bitki örnekleri ile mevsim boyunca izlenmiştir.

Araştırmanın ilk yılında, P.3394 (Şekil 4.13) ve Tietar (Şekil 4.13) mısır çeşitlerinde en düşük kuru madde üretimi YIS konusu altında gözlenmiştir. Benzer tavırlar P.31.G.98 mısır çeşidi tarafından da sergilenmiştir (Çizelge Ek.7). Rx:9292 mısır çeşidinde ise kuru madde üretimi mevsim içerisinde KS konusunda daha yüksek olmuş ve TS ile YIS konusu benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.13).

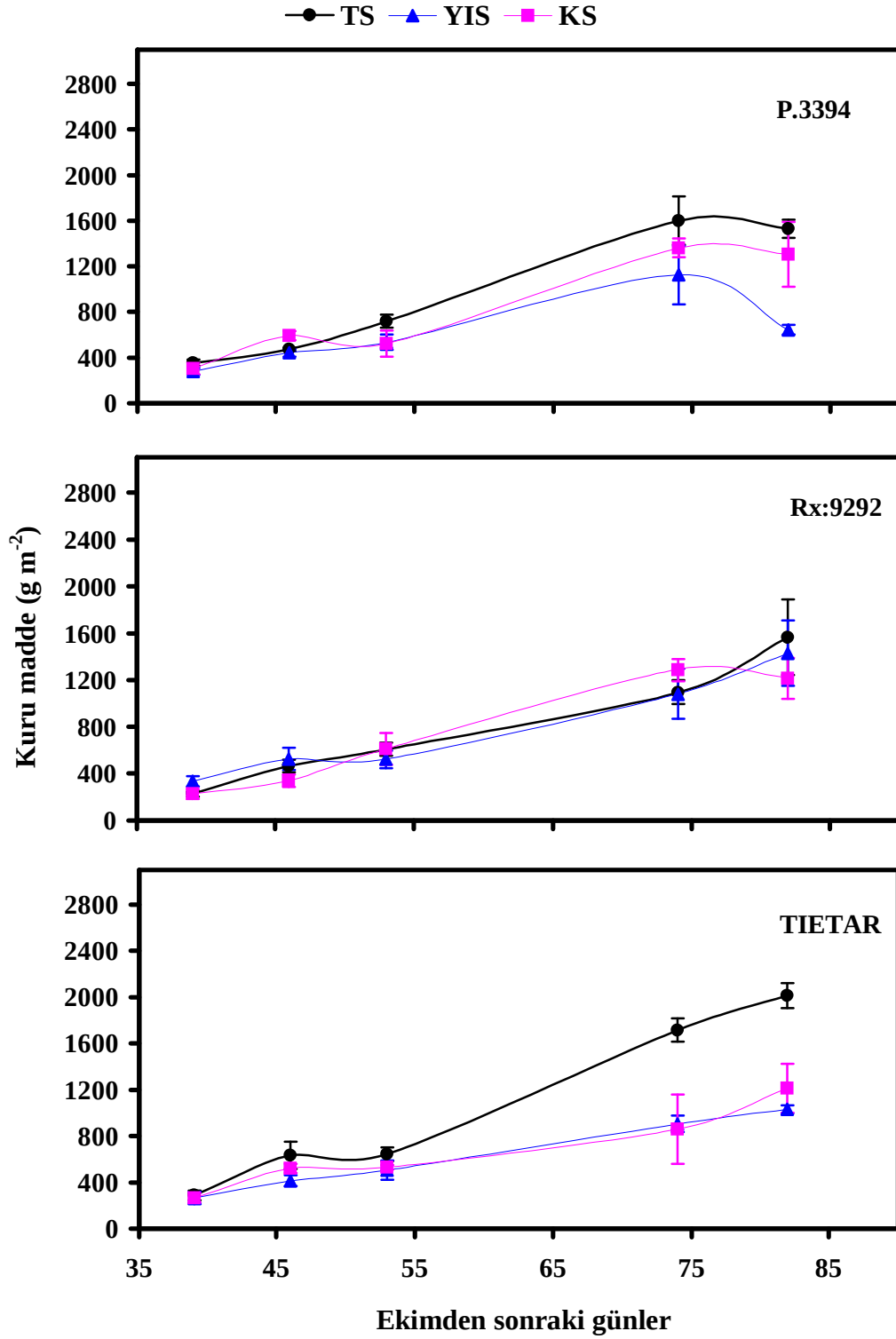
İkinci yıla ait verilerden elde edilen grafik incelendiğinde yine sulama konuları ve mısır çeşitleri için kuru madde üretiminde farklılıklar göze çarpmaktadır. İlk yıla paralel olarak P.31.G.98 (Çizelge Ek.7) ve Tietar (Şekil 4.14) mısır çeşitlerinde kuru madde üretimi YIS konusu altında TS konusuna kıyasla daha düşük gözlenmiştir.

Mevsimlik ortalama kuru madde üretim değerleri TS konusu altında YIS ve KS konularından daha yüksek olmuştur. Araştırmanın ilk yılında TS konusuna oranla ortalama kuru madde üretimi ilk yıl YIS konusu altında %19 ve KS konusu altında ise %17 daha düşük gerçekleşmiştir. Aynı miktarda sulama suyuna sahip olmasına karşın YIS ve KS konuları için mısır çeşitlerinin kuru madde üretim değerlerinde değişimler meydana gelmiştir. Özellikle P.31.G.98 ile P.3394 mısır çeşitleri KS konusu altında mevsimlik ortalama kuru madde üretimi, araştırmanın her iki yılında YIS konusuna oranla daha yüksek değerleri almışlardır.

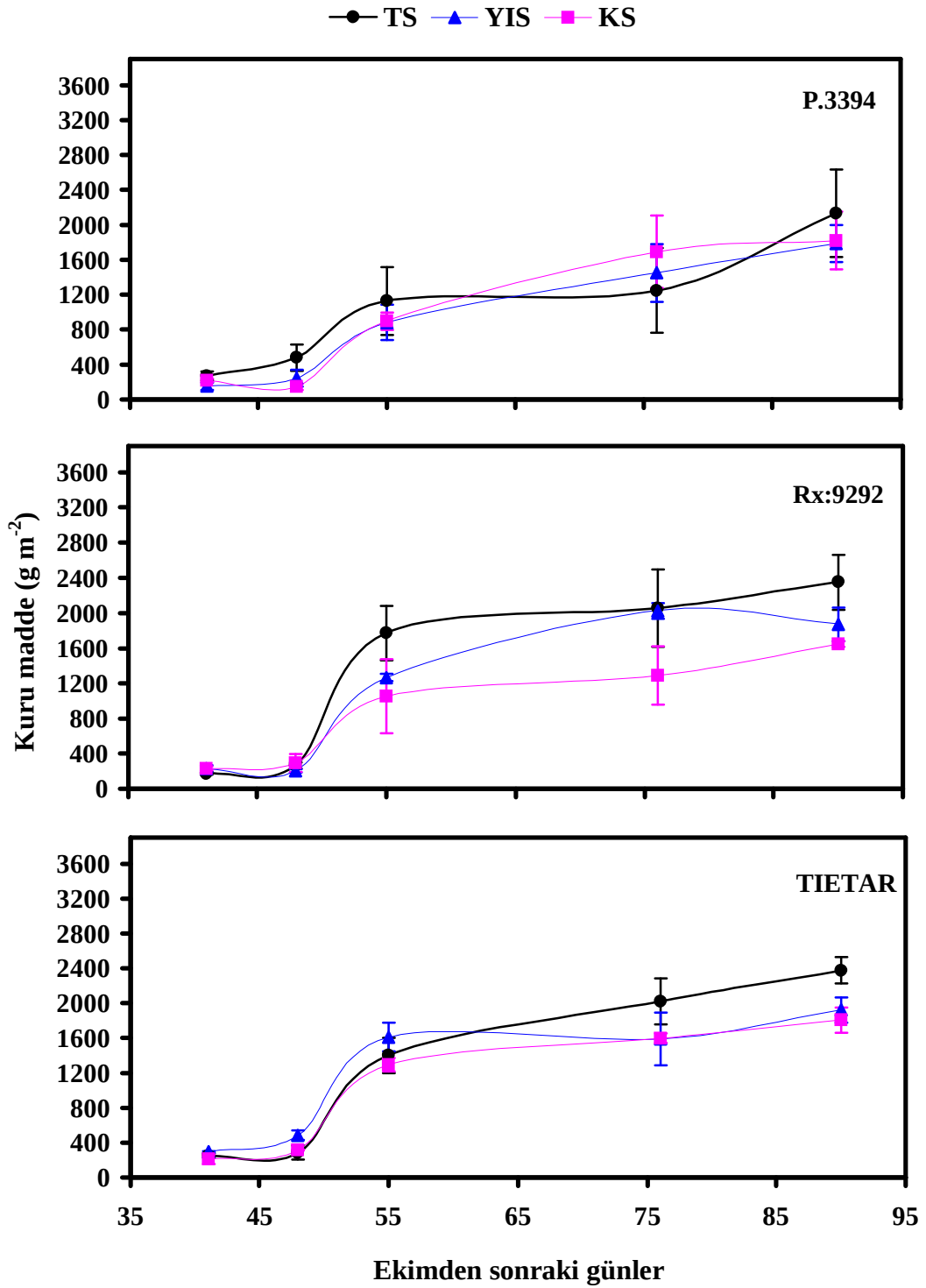
Kuru madde üretim değerleri: TS konusu altında ilk yıl 226 g m⁻² (Rx:9292) ile 2014 g m⁻² (Tietar), ikinci yıl 131 g m⁻² (P.31.G.98) ile 2378 g m⁻² (Tietar); YIS konusu altında ilk yıl 250 g m⁻² (P.31.G.98) ile 1488 g m⁻² (Tector), ikinci yıl 105 g m⁻² (P.31.G.98) ile 2027 g m⁻² (Rx:9292); KS konusu altında ise ilk yıl 193 g m⁻² (Tector) ile 1375 g m⁻² (P.31.G.98) ve ikinci yıl 124 g m⁻² (P.31.G.98) ile 1866 g m⁻² (P.31.G.98) arasında değişim göstermiştir.

Mısır çeşit farklılıklarının tepkileri sulama uygulamalarından daha çok N'lu (azot) gübre uygulamaları altında yapılan araştırmalarla irdelendiği gözlenmiştir. Bu

bağlamda Costa ve ark. (2002) 4 farklı azot dozu altında 6 adet mısır çeşidinin tepkilerini araştırmış ve mısır çeşitlerine bağlı olarak kuru madde üretimleri önemli farklılıklar göstermiştir. Yine 3 farklı azot dozu altında 4 adet mısır çeşidinin kuru madde üretim değerlerinde istatistiksel bakımdan önemli değişimler tespit edilmiştir (Moser ve ark., 2006). Bununla birlikte farklı sulama düzeyi ve uygulamalarıyla tek bir mısır çeşidinin kullanıldığı araştırmalarda kuru madde üretim değerlerinde de önemli farklılıklar oluşabileceği bildirilmiştir (Gençoğlu, 1996; Kang ve ark., 2000; Earl ve Davis, 2003; Çakır, 2004; Dağdelen ve ark., 2006). Anılan araştırmalarda kuru madde üretiminde meydana gelen farklılıklar uygulanan sulama programlarına göre değişmiştir. Bu çalışmada TS, YIS ve KS konuları altında mısır çeşitlerinde dane verimi, yaprak su potansiyeli, yaprak gelişimi, kuru madde üretimi gibi gözlem ve ölçümlerde oluşan farklılıklar test edilen çeşit farklılıklarına göre değişmektedir.



Şekil 4.13. Kuru madde üretiminin 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir ($n=3$).



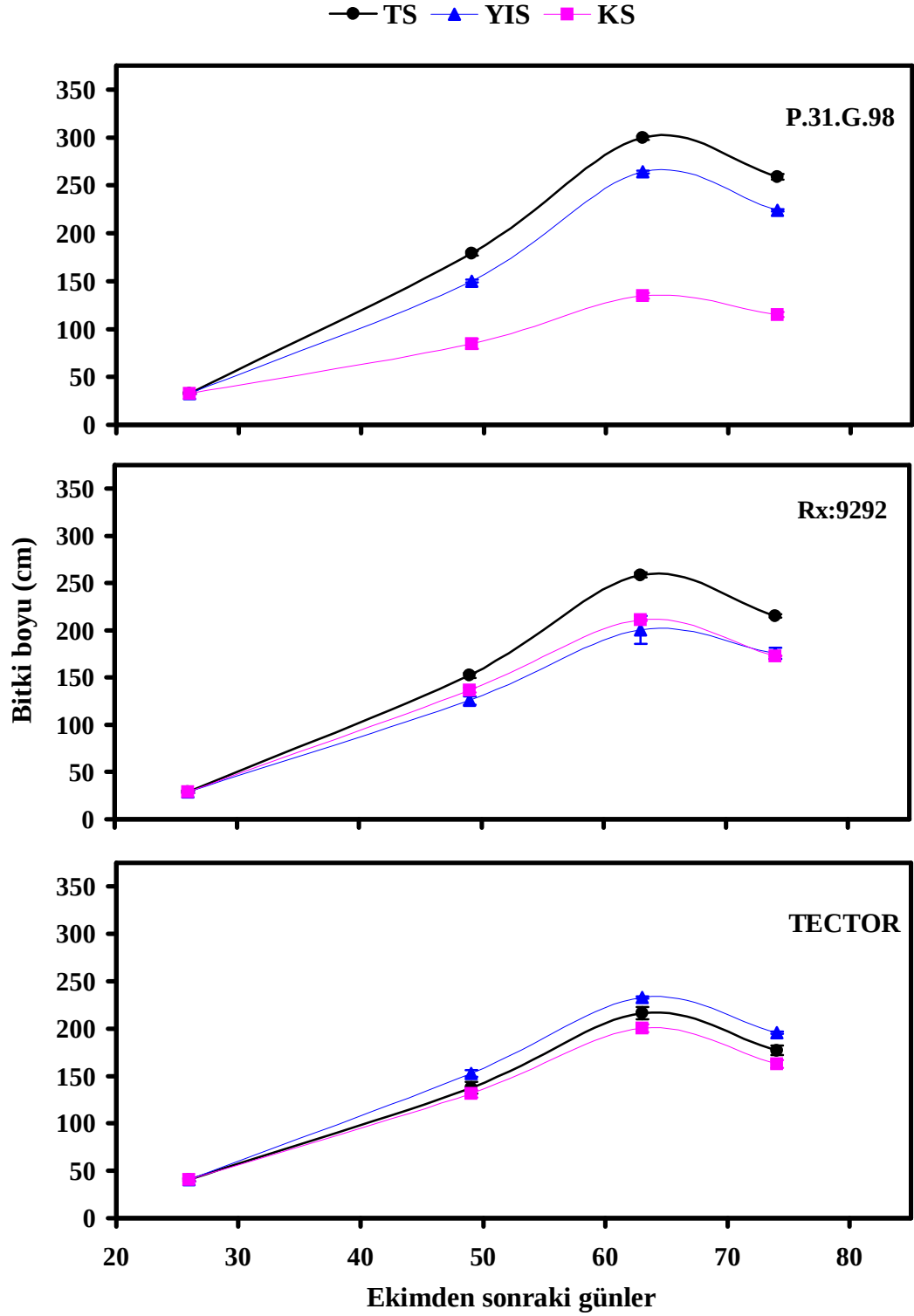
Şekil 4.14. Kuru madde üretiminin 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).

Bitki Boy Gelişimi

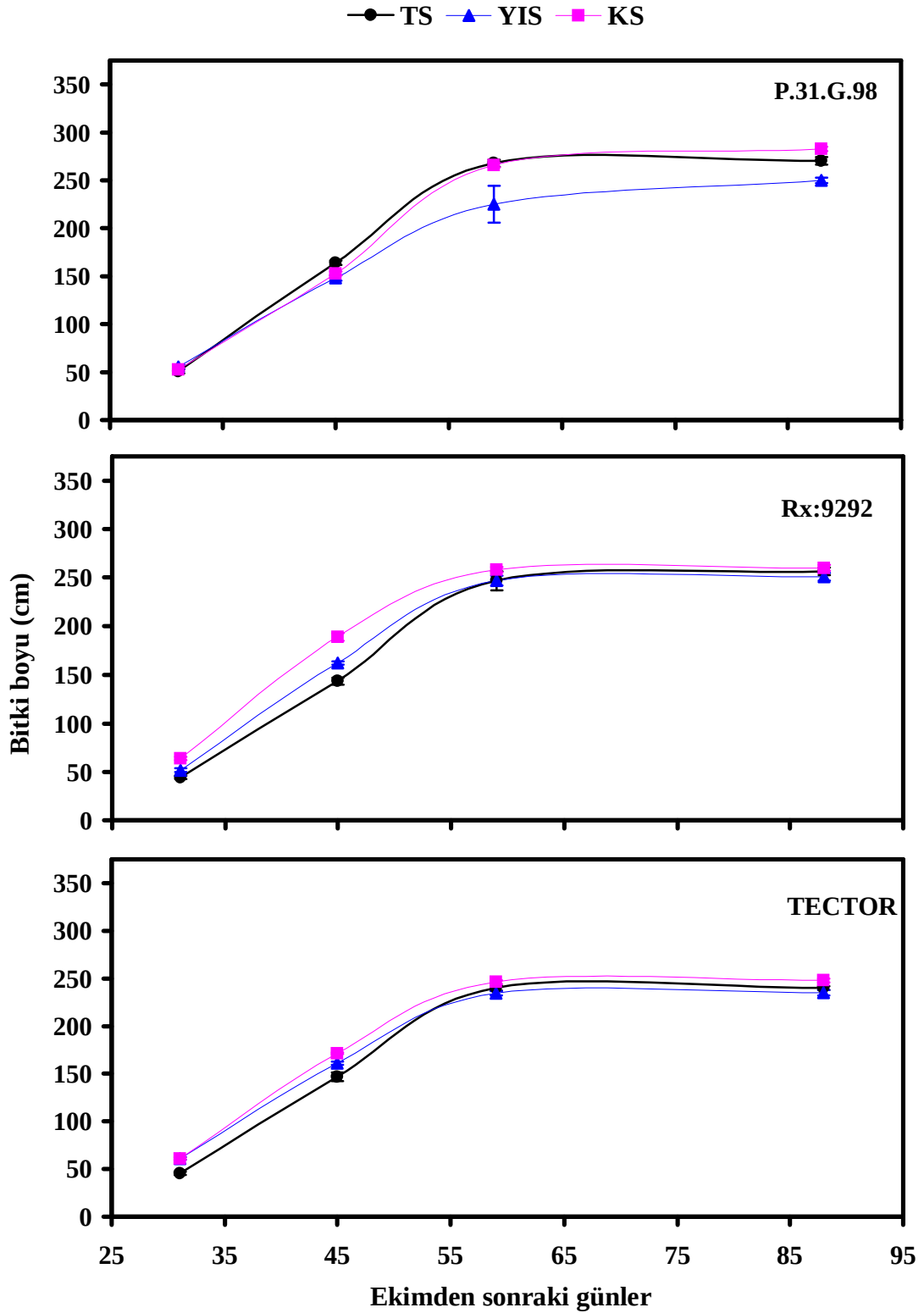
Araştırmanın ilk yılında ve sulama suyu gereksiniminden herhangi bir kısıntı yapılmayan TS konusu altında yetişen mısır çeşitleri içerisinde en yüksek boy gelişimi P.31.G.98 ve Rx:9292 mısır çeşitlerinde görülmüştür (Şekil 4.15). Buna karşın Tector mısır çeşidinde ise en yüksek boy durumu YIS konusu altında gözlenmiştir. İkinci yıla ait verilerden elde edilen grafik (Şekil 4.16) ve ekteki ilgili çizelgeler incelendiğinde yine sulama konuları ve mısır çeşitleri için bitki boyu gelişiminde farklılıklar göze çarpmaktadır.

TS konusu altında en büyük boy uzunluğu değerine araştırmanın her iki yılı için P.31.G.98 mısır çeşidinde (300 cm, 271 cm) ölçülmüştür. Bunu Tietar mısır çeşidi (269 cm, 261 cm) izlemiştir. YIS konusunda en uzun boy her iki yıl için yine P.31.G.98 mısır çeşidinde (264 cm, 250 cm) gerçekleşmiştir. KS konusunda ise en uzun boy ilk yıl P.3394 mısır çeşidinde (228 cm) ve ikinci yıl ise yine P.31.G.98 mısır çeşidinde (283 cm) kaydedilmiştir.

Mısır çeşitleri üzerinde yapılan boy ölçümleri mevsim ortasına değin bir artış göstermiştir. Daha sonra mevsim sonuna değin ikinci yıl gözlemler itibarıyla hemen hemen sabit kalmıştır. İlk yıl ise mevsim sonuna değin bir azalan eğilim izlenmiştir. Benzer durum diğer birçok araştırmalarda rapor edilmiştir (Gençoğlu, 1996; Çakır, 2004). Ele alınan araştırmada farklı mısır çeşitleri için boy uzunlukları değişim göstermiştir. Bu duruma benzer bulgular yine diğer birçok araştırmalarda saptanmıştır (Uslu ve Karaaltın, 1999; Tüfekçi ve Karaaltın, 1999; Cesurer ve ark., 1999b; Gözübenli ve ark., 2001; Sener ve ark., 2004; Keskin ve ark., 2005). Mısır çeşitleri bitki boyunda kaydedilen farklılıkların genetik faktörlerin etkisinde olduğu bildirilmiştir (Sezer ve Gülümser, 1999; Turgut ve ark., 1999; Gözübenli ve ark., 2001).



Şekil 4.15. Bitki boyunun 2004 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).



Şekil 4.16. Bitki boyunun 2005 yılında zamana göre gelişimi. Veriler ortalama ($\pm$ S.H.) değerleri göstermektedir (n=3).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Çukurova koşullarında geleneksel kısıntılı (KS) ve yarı ıslatmalı sulama (YIS) uygulamaları altında buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak yetiştirilen beş mısır çeşidinin verim tepkilerinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Son on yıldır sulu tarımın gündeminde önemli bir yer tutan ve yeni bir kısıntılı sulama tekniği olan YYS ile sulama suyu miktarı ve uygulama biçiminin mısır bitkisinde olası çeşit farklılıklarına etkisi araştırmanın amacını oluşturmuştur.

Araştırmada tam sulama (TS) konusu bitkinin gereksindiği su miktarından herhangi bir kısıntı yapılmaksızın sulama uygulamasının yapıldığı kontrol konusudur. YYS ve KS konularının sulama suyu miktarları ise TS konusu su miktarından %35 kısıntı yapılarak oluşturulmuştur. KS konusu altında, sulama suyu bitki kök bölgesinin her iki tarafına normal sulamada olduğu gibi uygulanarak kök bölgesinin iki yarısı da üniform bir şekilde ıslatılmıştır. YYS konusunda ise sulama suyu her sulamada bitki kök bölgesinin bir yarısına uygulanırken diğer yarı kök bölgesi kuru bırakılmıştır. Bitki kök bölgesindeki ıslak-kuru bölümler her sulamada yer değiştirerek sulama mevsimi boyunca devam etmiştir.

Araştırmaya başlamadan önce on farklı mısır çeşidinin sera koşullarında üç değişik sulama düzeyi altında ve sekiz yinelemeli olarak toplam 240 adet saksılık ön deneme ile gelişmeler izlenmiştir. Anılan ön çalışmada bitki boyu, kök gelişimi, kuru madde üretimi vb. gözlem ve ölçümler yapılarak mısır çeşitlerinin farklı tepkileri saptanmıştır. Arazi koşullarında araştırma olanakları dikkate alınarak anılan on adet mısır çeşidinden ekstrem farklılık gösteren beş çeşit araştırma materyali olarak seçilmiştir.

Sulama uygulamaları damla sulama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bitkiye yararlı toprak su içeriğinin %50'si kullanıldığında damla sulama yöntemiyle sulama uygulamalarına başlanmıştır. Daha sonra sulama uygulamaları yetiştirme mevsimi boyunca haftada bir olacak şekilde planlanmıştır. Damla sulama yöntemiyle parsellere uygulanan su miktarları A-Sınıfı buharlaşma kabından alınan buharlaşma ölçümleri kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırmanın her iki yılında damla sulama yöntemiyle toplam dokuz kez sulama uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Damla sulama yöntemiyle sulama konularının uygulama işlemine başlanmasıyla birlikte toprak su içeriği gözlemleri nötron metre ile sulama öncesi, sonrası ve sulamalar arasında düzenli olarak izlenmiştir. Araştırma süresince güneşin yeryüzüne dik olarak geldiği öğle saatlerinde yaprak su potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca yaprak alanı, kuru madde üretimi, bitki boyu vb. gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Hasat işlemi ile birlikte dane verimleri saptanmıştır. Sulama suyu miktarları ve dane verimleri kullanılarak sulama suyu kullanım randımanı hesaplanmıştır. Mısır çeşitlerinin hasat indeksi değerleri saptanmıştır. Ayrıca hasat işleminden hemen sonra kök örnekleme yapılarak mısır çeşitlerinin kök sistemi yoğunlukları belirlenmiştir. Anılan gözlem, ölçüm ve hesaplamalarla ilgili bulgular yardımıyla TS, YIS ve KS konuları altında beş mısır çeşidinin verim ve verim parametrelerine ilişkin tepkileri irdelenmiştir.

Deneme konusu mısır çeşitlerinin değişik sulama düzeyleri ve uygulama biçimlerine verdiği tepkiler farklı olmuştur. Aşağıdaki her bir paragrafta mısır çeşitlerinin araştırmada ele alınan sulama konuları altında göstermiş olduğu davranışlar özetlenmiştir.

P.31.G.98 mısır çeşidi

Araştırmanın ilk yılında en yüksek dane verimi TS konusunda elde edilmiştir. En düşük dane verimi ise KS konusu altında kaydedilmiştir. İkinci yıl, P.31.G.98 mısır çeşidi yine ilk yıla paralel olarak TS konusunda en yüksek dane verimini vermiştir. YIS ve KS konularında elde edilen dane verim değerleri arasında istatistiksel anlamda bir fark oluşmamasına karşın YIS konusu verim değeri yine ilk yıla benzer bir şekilde KS konusu dane verim değerinden yüksek olmuştur. Hasat indeksi değerleri ilk yıl TS > YIS > KS şeklinde sıralanmıştır. İkinci yıl ise hasat indeksi değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz ($P>0.05$) olmuştur. Sulama suyu kullanım randımanı (SSKR) en yüksek YIS konusu ve en düşük TS konusu altında saptanmıştır. Yaprak su potansiyeli değerleri mevsim başında her üç sulama konusu altında benzer bir davranış sergilenmiştir. Mevsim sonuna değin üç sulama konusunda azalan bir eğilimle birlikte KS konusunda meydana gelen düşüş

daha yüksek olmuştur. Benzer bir şekilde ilk yıl, kök yoğunluğu ve boy uzunluk değerleri en düşük KS konusu altında meydana gelmiştir.

P.3394 mısır çeşidi

Araştırmanın ilk yılında dane verim değerleri $TS \sim YIS > KS$ ve ikinci yılında $TS > YIS \sim KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. YIS konusu dane verimi KS konusundan daha yüksek olmuştur. P.3394 çeşidi dane verimi, mısır çeşitleri içerisinde en yüksek dane verimine sahip olan sınıf içerisinde yer almıştır. P.3394 mısır çeşidi SSKR değeri, P.31.G.98 mısır çeşidinde olduğu gibi en yüksek YIS ve en düşük TS konusu altında gerçekleşmiştir. Hasat indeksi değerleri ilk yıl YIS konusunda en yüksek ve KS konusu altında ise en düşük olmuştur. İkinci yıl hasat indeksi değerleri ise $TS > YIS > KS$ şeklinde bir sıralama meydana getirmiştir. Yaprak su potansiyeli özellikle ikinci yıl diğer çeşitlere oranla daha yüksek değerleri almıştır. Kök yoğunluk değeri ise küçük farklılıklarla birlikte ele alınan üç sulama konusu altında benzer bir eğilim içerisinde olduğu söylenebilir.

Rx:9292 mısır çeşidi

Mısır çeşitleri ortalama verim değerleri içerisinde en düşük dane verimi Rx:9292 çeşidinde meydana gelmiştir. Buna paralel olarak hasat indeksi değeri de en düşük Rx:9292 mısır çeşidinde görülmüştür. Araştırmanın ilk yılında ele alınan sulama konularının dane verimleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz ($P>0.05$) olmuştur. İkinci yıl dane verim değerleri ise $TS \sim YIS > KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. Rx:9292 mısır çeşidinde 0–60 cm toprak profili içerisinde kök yoğunluk değeri ve dane verimi YIS konusunda KS konusuna oranla daha yüksek olmuştur.

Tector mısır çeşidi

Dane verim değerleri ilk yıl $TS \sim YIS > KS$ şeklinde bir sıralama meydana gelmiştir. İkinci yıl ise sıralama $TS > YIS \sim KS$ şeklinde oluşmuştur. SSKR değerleri ilk yıl $YIS \sim TS > KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. SSKR ikinci yılda da en yüksek YIS altında gerçekleşirken en düşük TS konusunda olmuştur. Kök yoğunluğu

araştırmanın her iki yılında YIS konusunda daha iyi bir gelişim göstermiştir. Ancak ikinci yıl değerleri arasındaki fark istatistiksel anlamda önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Hasat indeksi değerleri ise $YIS \sim TS > KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur.

Tietar mısır çeşidi

Araştırmanın ikinci yılında çeşit ortalama dane verim değerleri P.3394 ile birlikte Tietar mısır çeşidinde kaydedilmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı da benzer değer almıştır. Sulama konuları için dane verim değerleri ilk yıl $TS > YIS > KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur. İkinci yıl ise YIS konusu ile birlikte TS konusunda gerçekleşmiştir. YIS konusu altında 0–60 cm toprak profili çerisinde kök yoğunluğundaki artış ile birlikte dane verimi de artış göstermiştir. Hasat indeksi değerleri ilk yıl $TS \sim YIS > KS$ şeklinde sıralanırken, ikinci yıl $YIS > TS \sim KS$ şeklinde bir sıralama oluşturmuştur.

Araştırmada bitki materyali olarak seçilen mısır çeşitleri ele alınan sulama konuları ve uygulama biçimlerine bağlı olarak farklı tepkiler vermişlerdir. Araştırmada sulama suyu miktarı ve uygulama biçimi dışında gübreleme, tarımsal işlemler, tarımsal mücadele vb. tüm girdiler beş mısır çeşidi için benzer olarak uygulanmıştır. Bu nedenle çeşitlerin verim ve diğer parametrelere ilişkin farklı tepkileri sadece sulama konularından kaynaklanmaktadır. Diğer bir deyişle sulama konularına göre elde edilen dane verim farklılıkları mısır çeşidine göre değişmektedir. P.31.G.98 mısır çeşidi TS konusu altında kısıntılı sulama konuları olan YIS ve KS konularına kıyasla daha yüksek dane verimi vermiştir. P.31.G.98 mısır çeşidinde dane verimindeki düşüşün kısıntılı sulama koşullarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ele alınan araştırmada kısıntılı sulama ve sulama suyu miktarları aynı olan YIS ve KS konuları altında P.3394, Tector ve Tietar mısır çeşitleri KS'ye kıyasla YIS altında daha yüksek dane verimi vermişlerdir. Araştırmada, çeşitlerin ortalama verim değerlerine göre dane verimi en düşük Rx:9292 ve en yüksek P.3394 mısır çeşidinde kaydedilmiştir.

P.3394, Tector ve Tietar mısır çeşitleri YIS uygulaması altında geleneksel kısıntılı sulama uygulamasına göre daha yüksek dane verimi vermişlerdir. Dolayısıyla bu çalışma ile elde edilen bulgular kısıntılı sulama koşullarında dane verimindeki azalmanın çeşitle ilgili olduğunu göstermiştir. Kısıntılı sulama koşullarında en yüksek dane verimini verebilen çeşitlerin geliştirilmesine ilişkin “ıslah” çalışmalarında, anılan özelliklerin çeşitlerin genetik karakteristiklerinden yararlanılabilir.

Mısır çeşitlerinin verim parametrelerinden dane verimi ve hasat indeksi değerlerinin TS konusuna kıyasla YIS ve KS konuları altında azalma-artma oranları (%) Çizelge 5.1’de görülebilir.

Çizelge 5.1. Verim parametrelerinin YIS ve KS altında TS’ye kıyasla azalma-artma oranı (%) ¹

Sulama Konusu	Verim Parametreleri	Çeşitler				
		P.31.G.98	P.3394	Rx:9292	TECTOR	TIETAR
2004						
YIS	Dane Verimi	- 24	- 14	+ 11	- 13	- 38
	Hasat İndeksi	- 29	+ 26	+ 12	- 7	- 6
KS	Dane Verimi	- 31	- 34	- 17	- 67	- 67
	Hasat İndeksi	- 44	- 15	- 4	- 55	- 47
2005						
YIS	Dane Verimi	- 18	- 28	- 20	- 16	- 6
	Hasat İndeksi	- 4	- 24	- 17	+ 10	+ 54
KS	Dane Verimi	- 25	- 29	- 42	- 28	- 26
	Hasat İndeksi	- 12	- 41	- 44	- 17	+ 1

¹ + : artmayı,
- : azalmayı göstermektedir.

YIS ve KS konularının sulama suyu miktarları aynı olmasına karşın, mısır çeşitlerinin tamamında dane verimi ve hasat indeksindeki düşme oranlarının (%) KS konusuna kıyasla YIS konusu altında daha az olduğu görülmektedir (Çizelge 5.1). Genel olarak mısır çeşitlerinin verimleri, KS konusuna kıyasla YIS konusu altında görece yüksek olmuştur. Bazı mısır çeşitlerindeki düşme oranları, örneğin P.31.G.98 çeşidinde YIS ve KS konularının her ikisinde birbirine yakındır. Buna karşın, Tector ve Tietar mısır çeşitlerindeki düşme oranları YIS konusu kıyasla KS konusunda daha belirgindir. Diğer bir ifade ile mısır çeşitlerinin tamamı geleneksel kısıntılı sulamaya kıyasla yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında daha yüksek dane verimi vermiştir. Ancak, test edilen çeşitler arasında Tector ve Tietar çeşitlerinin dane verimlerindeki düşüş görece kök kuruluğu altında KS'ye kıyasla en azdır.

Ele alınan araştırmanın sonucunda; sulama suyunun kıt veya pahalı olduğu koşullarda mısır bitkisi için, kısıntılı sulama uygulamasının YIS tekniği ile yapılması ve çeşitler arasından Tector veya Tietar çeşitlerinden birinin kullanılmasıyla verim avantajının daha yüksek olacağı saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- ALI, M., JENSEN, C. R., MOGENSEN, V.O., ANDERSEN, M. N., and HENSON, I. E., 1999. Root Signalling and Osmotic Adjustment During Intermittent Soil Drying Sustain Grain Yield of Field Grown Wheat. *Field Crop Res.*, 62: 35-52.
- ALI, T., ANWAR, S., SHAH, W.A., and AHMAD, B., 2004. Response of Maize Hybrids/Cultivars to Various Levels of Potassium and Irrigation Frequencies. *J. Agron.*, 3(3): 201-207.
- ANONİM, 1999. Türkiye İstatistik Yıllığı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü (s 287).
- AUGÉ, R.M., and MOORE, J.L., 2002. Stomatal Response to Nonhydraulic Root-to-Shoot Communication of Partial Soil Drying in Relation to Foliar Dehydration Tolerance. *Environ. Exp. Bot.*, 47: 217-229.
- BACON, M.A., WILKINSON, S., and DAVIES, W.J., 1998. pH-Regulated Leaf Cell Expansion in Droughted Plants is Abscissic Acid Dependent. *Plant Physiol.*, 118: 1507-1515.
- CENTRITTO, M., WAHBI, S., SERRAJ, R., and CHAVES, M.M., 2005. Effects of Partial Rootzone Drying (PRD) on Adult Olive Tree (*Olea europaea*) in Field Conditions under Arid Climate II. Photosynthetic Responses. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 106: 303-311.
- CESURER, L., AKKAYA, A., ÇİÇEK, A., YÜRÜRDURMAZ, C., ve DEMİRBAĞ, V., 1999a. İkinci Ürün Bazı Hibrid Mısır Çeşitlerinde Verim ve Verim Unsurları Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Posterler: Hububat Islahı ve Çeşitler, 8-11 Haziran 1999, Konya, 640-644.
- CESURER, L., ÇÖLKESEN, M., DOKUYUCU, T., ve ÇİÇEK, A., 1999b. Kahramanmaraş Koşullarında Uygun Erkenci ve Yüksek Verimli İkinci Ürün Hibrid Mısır Çeşitlerinin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Posterler: Hububat Islahı ve Çeşitler, 8-11 Haziran 1999, Konya, 635-639.

- CETIN, O., and BILGEL, L., 2002. Effects of Different Irrigation Methods on Shedding and Yield of Cotton. *Agr. Water Manage.*, 54: 1-15.
- CHAFFEY, N., 2001. Restricting Water Supply Enhances Crop Growth. *Trends Plant Sci.*, 6(8): 346.
- COSTA, C., DWYER, L.M., STEWART, D.W., and SMITH, D.L., 2002. Nitrogen Effects on Grain Yield and Yield Components of Leafy and Nonleafy Maize Genotypes. *Crop Ecology, Management & Quality. Crop Sci.*, 42: 1556-1563.
- ÇAKIR, R., 2004. Effects of Water Stres at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crop Res.*, 89(1): 1-16.
- ÇOKKIZGIN, A., 2001. Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Azot Dozları ile Sıra Üzeri Ekim Mesafelerinin II. Ürün Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Verim, Verim Unsurları ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ, 215-219.
- ÇULLU, M.A., ÜLGER, A.C., GÜZEL, N., ve ORTAŞ, İ., 1999. Bazı Melez Mısır Çeşitlerinin Artan Azot Dozlarına Tepkilerinin Saptanması. *Turk J. Agric. For.*, 23(1): 115-124.
- DAĞDELEN, N., YILMAZ, E., SEZGİN, F., and GÜRBÜZ, T., 2006. Water-Yield Relation and Water Use Efficiency of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Second Crop Corn (*Zea mays* L.) in Western Turkey. *Agr. Water Manage.*, 82: 63-85.
- DAVIES, W. J., and ZHANG, J., 1991. Root Signals and the Regulation of Growth and Develoepment of Plants in Drying Soil. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 42: 55-76.
- DAVIES, W.J., BACON, M.A., THOMPSON, D.S., SOBEIH, W., and RODRÍGUEZ, L. G., 2000. Regulation of Leaf and Fruit Growth in Plants Growing in Drying Soil: Exploitation of the Plants' Chemical Signalling System and Hydraulic Architecture to Increase the Efficiency of Water Use in Agriculture. *J. Exp. Bot.*, 51(350): 1617-1626.

- De SOUZA, C.R., MAROCO, J.P., dos SANTOS, T.P., RODRIGUES, M.L., LOPES, C., PEREIRA, J.S., and CHAVES, M.M., 2005. Control of Stomatal Aperture and Carbon Uptake by Deficit Irrigation in Two Grapevine Cultivars. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 106: 261-274.
- DORJI, K., BEHBOUDIAN, M.H., and ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A., 2005. Water Relations, Growth, Yield, and Fruit Quality of Hot Pepper under Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying. *Sci. Hortic.*, 104: 137-149.
- DRY, P.R., and LOVEYS, B.R., 1998. Factors Influencing Grapevine Vigour and the Potential for Control with Partial Rootzone Drying. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 4:140-148.
- EARL, H.J., and DAVIS, R.F., 2003. Effect of Drought Stres on Leaf and Whole Canopy Radiation Use Efficiency and Yield of Maize. *Drought Stress. Agron J.*, 95: 688- 696.
- EKİCİ, B., 2002. Sera Domates Yetiştiriciliğinde Kısmi Kök Kuruluğu (Partial Rootzone Drying) Sulama Tekniğinin Bitki Büyümesi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ENGLISH, M., and RAJA, S.N., 1996. Perspectives on Deficit Irrigation. *Agr. Water Manage.*, 32: 1-14.
- ERDEM, T., ORTA, A.H., CİNKILIÇ, L., ve ERDEM, Y., 1997. Sera Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Domates Bitkisinin Sulama Zamanının Planlanması. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 05-08 Haziran 1997, Kirazlıyayla-Bursa, 293-300.
- ESER, D., ADAK, M.S., ve BIESANTZ, A., 1998. Orta Anadolu Koşullarında Farklı Toprak İşleme, Mercimek-Buğday ve Nadas-Buğday Ekim Nöbeti Sistemlerinde Mercimek ve Buğdayda Kök Uzunluğu Yoğunluğu ile Toprak İnfiltrasyon Ölçümleri. *Turk J. Agric. For.*, 22: 483-489.
- FAO., 1986. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper, 33, Rome.

- GENÇOĞLAN, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımları ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- GENÇOĞLAN, C., ALTUNBEY, H., ve GENÇOĞLAN, S., 2006. Response of Green Bean (*P. Vulgaris* L.) to Subsurface Drip Irrigation and Partial Rootzone-Drying Irrigation. *Agr. Water Manage.*, 84(3): 274-280.
- GOLLAN, T., PASSIOURA, J.B., and MUNNS, R., 1992. Soil-Water Status Affects the Stomatal Conductance of Fully Turgid Wheat and Sunflower Leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 459-464.
- GOZUBENLI, H., KILINÇ, M., SENER, O., and KONUSKAN, O., 2004. Effects of Single and Twin Row Planting on Yield and Yield Components in Maize. *Asian J. Plant Sci.*, 3(2): 203-206.
- GÖKMEN, S., SENCAR, Ö., SAKİN, M.A., ve YILMAZ, İ., 1999. Tokat-Kazova Koşullarında Hibrit Cinmısırsı Çeşitlerinin (*Zea mays everta* Sturt.) Yetiştirilme Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Sunulu Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 287-292.
- GÖZÜBENLİ, H., KONUŞKAN, Ö., ve ŞENER, O., 2001. Hatay Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Melez Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verimle İlişkili Özellikler. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ, 201-205.
- GÜZEL., ÜLGER, A.C., İNCE, A., ÇAKIR, B., AKINCI, İ., TEZEL, M., ve YÜCEL, C., 1999. Mısır Bitkisinde Kök Sökülme Direnci Ölçümü ve Bazı Tarımsal Özellikler ile İlişkilerinin Saptanması. *Turk J. Agric. For.*, 23(1): 33-41.
- IGBADUN, H.E., MAHOO, H.F., TARIMO, A.K.P.R., and SALIM, B.A., 2006. Crop Water Productivity of an Irrigated Maize Crop in Mkoji Sub-Catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agr. Water Manage.*, 85(1-2): 141-150.

- ISTANBULLUOGLU, A., KOCAMAN, I., and KONUKCU, F., 2002. Water Use-Production Relationship of Maize under Tekirdag Conditions in Turkey. Pak. J. Biol. Sci., 5(3): 287-291.
- KAMAN, H., KIRDA, C., CETIN, M., and TOPCU, S., 2006. Salt Accumulation in the Root Zones of Tomato and Cotton Irrigated with Partial Root-Drying Technique. Irrig. Drain., 55: 533-544.
- KANG, S., LIANG, Z., HU, W., and ZHANG, J., 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-Divided Maize Plants. Agr. Water Manage., 38: 69-76.
- KANG, S., LIANG, Z., PAN, Y., SHI, P., and ZHANG, J., 2000. Alternate Furrow Irrigation for Maize Production in an Arid Area. Agr. Water Manage., 45: 267-274.
- KANG, S., ZHANG, L., HU, X., LI, Z., and JERIE, P., 2001. An Improved Water Use Efficiency for Hot Pepper Grown under Controlled Alternate Drip Irrigation on Partial Roots. Sci. Hortic., 89: 257-267.
- KANG, S., HU, X., GOODWIN, I., and JERIE, P., 2002. Soil Water Distribution, Water Use, and Yield Response to Partial Root Zone Drying under a Shallow Groundwater Table Condition in a Pear Orchard. Sci. Hortic., 92: 277-291.
- KANG, S., HU, X., JERIE, P., and ZHANG, J., 2003. The Effects of Partial Rootzone Drying on Root, Trunk Sap Flow and Water Balance in an Irrigated Pear (*Pyrus Communis* L.) Orchard. J. Hydrol., 280: 192-206.
- KANG, Y., WANG, F-X., LIU, H-J., and YUAN, B-Z., 2004. Potato Evapotranspiration and Yield under Different Drip Irrigation Regimes. Irrig. Sci, 23: 133-143.
- KESKİN, B., YILMAZ, İ.H., and ARVAS, Ö., 2005. Determination of Some Yield Characters of Grain Corn in Eastern Anatolia Region of Turkey. J. Agron., 4(1): 14-17.
- KIRDA, C., MOUTONNET, P., HERA, C., and NIELSEN, D.R., 1999. Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Kluwer Aca. Pub., Dordrecht, The Netherlands, pp. 258.

- KIRDA, C., CETIN, M., DASGAN, Y., TOPCU, S., KAMAN, H., EKICI, B., DERICI, M.R., and OZGUVEN, A.I., 2004. Yield Response of Greenhouse Grown Tomato to Partial Root Drying and Conventional Deficit Irrigation. *Agr. Water Manage.*, 69: 191-201.
- KIRDA, C., TOPCU, S., KAMAN, H., ULGER, A.C., YAZICI, A., CETIN, M., DERICI, M.R., 2005. Grain Yield Response and N-Fertiliser Recovery of Maize under Deficit Irrigation. *Field Crop Res.*, 93: 132-141.
- KIRDA, C., TOPCU, S., ÇETIN, M., KAMAN, H., TOPALOĞLU, F., DERICI, M.R., DAŞGAN, Y., 2006. Partial Root Drying and Conventional Deficit Irrigation for Increasing Irrigation-Water Use Efficiency of Major Crops in the Mediterranean Region. 18th International Soil Meeting (ISM) on “Soils Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology”, Proceedings Volume I, May 22-26, 2006, Şanlıurfa, Turkey, 272-278.
- LAHLOU, O., and LEDENT, J-F., 2005. Root Mass and Depth, Stolons and Roots Formed on Stolons in Four Cultivars of Potato under Water Stress. *Eur. J. Agron.*, 22: 159-173.
- LI, Y., COHEN, Y., WALLACH, R., COHEN, S., and FUCHS, M., 2004. On Quantifying Soil Water Deficit of a Partially Wetted Root Zone by the Response of Canopy or Leaf Conductance. *Agr. Water Manage.*, 65: 21-38.
- LU, Z., and NEUMANN, P.M., 1998. Water-Stressed Maize, Barley, and Rice Seedlings Show Species Diversity in Mechanisms of Leaf Growth Inhibition. *J. Exp. Bot.*, 49: 1945-1952.
- LU, Z., and NEUMANN, P.M., 1999. Water Stress Inhibits Hydraulic Conductance and Leaf Growth in Rice Seedlings but not the Transport of Water via Mercury-Sensitive Water Channels in the Root. *Plant Physiol.*, 120: 143-151.
- MINGO, D.M, BACON, M.A, and DAVIES W.J, 2003. Non-Hydraulic Regulation of Fruit Growth in Tomato Plants (*Lycopersicon Esculentum* cv. Solairo) Growing in Drying Soil. *J. Exp. Bot.*, 54: 1205-1212.
- MORONI, M.T., WORLEDGE, D., and BEADLE, C.L., 2003. Root Distribution of *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* in Irrigated and Droughted Soil. *Forest Ecol. Manag.*, 177: 399-407.

- MOSER, S.B., FEIL, B., JAMPATONG, S., and STAMP, P., 2006. Effects of Pre-Anthesis Drought, Nitrogen Fertilizer Rate, and Variety on Grain Yield, Yield Components, and Harvest Index of Tropical Maize. *Agr. Water Manage.*, 81: 41-58.
- MUNNS, R., and CRAMER, G.R., 1996. Is Coordination of Leaf and Root Growth Mediated by Absciscic Acid? *Opinion. Plant Soil*, 185: 33-49.
- NAKAJIMA, H., BEHBOUDIAN, M.H., GREVEN, M., and ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A., 2004. Mineral Contents of Grape, Olive, Apple, and Tomato under Reduced Irrigation. *Short Communication. J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167: 91-92.
- OGOLA, J.B.O., WHEELER, T.R., and HARRIS, P.M., 2002. Effects of Nitrogen and Irrigation on Water Use of Maize Crops. *Field Crop Res.*, 78: 105-117.
- OIKEH, S.O., KLING, J.G., HORST, W.J., CHUDE, V.O., and CARSKY, R.J., 1999. Growth and Distribution of Maize Roots under Nitrogen Fertilization in Plinthite Soil. *Field Crop Res.*, 62: 1-13.
- ORTA, A.H., İSTANBULLUOĞLU, A., ve ALBUT, S., 1997. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Tüketimi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi J. Agric. Sci.*, 3(2): 38-43.
- ÖZBEK, H., DİNÇ, U., ve KAPUR, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüt ve Haritası. *Ç.Ü. Zir. Fak. Yay. Adana*, 23 (8): 149.
- PANDEY, R.K., MARANVILLE, J.W., and ADMOU, A., 2000a. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment I. Grain Yield and Yield Components. *Agr. Water Manage.*, 46: 1-13.
- PANDEY, R.K., MARANVILLE, J.W., and CHETIMA, M.M., 2000b. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment II. Shoot Growth, Nitrogen Uptake and Water Extraction. *Agr. Water Manage.*, 46: 15-27.
- PAYERO, J.O., MELVIN, S.R., IRMAK, S., and TARKALSON, D., 2006. Yield Response of Corn to Deficit Irrigation in a Semiarid Climate. *Agr. Water Manage.*, 84(1-2): 101-112.

- PHENE, C.J., DAVIS, K.R., HUTMACHER, R.B., BAR-YOSEF, B., MEEK, D.W., and MISAKI, J., 1991. Effect of High Frequency Surface and Subsurface Drip Irrigation on Root Distribution of Sweet Corn. *Irrigation Sci.*, 12: 135-140.
- SENER, O., GOZUBENLI, H., KONUSKAN, O., and KILINC, M., 2004. The Effects of Intra-row Spacings on the Grain Yield and Some Agronomic Characteristics of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids. *Asian J. Plant Sci.*, 3(4): 429-432.
- SEPASKHAH, A.R., and KAMGAR-HAGHIGHI, A.A., 1997. Water Use and Yields of Sugarbeet Grown under Every-Other-Furrow Irrigation with Different Irrigation Intervals. *Agr. Water Manage.*, 34: 71-79.
- SEZER, İ., ve GÜLÜMSER, A., 1999. Çarşamba Ovasında Ana Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitlerinin (*Zea mays* L. *indentata*) Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Sunulu Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 275-280.
- STEWART, J.I., CUENCA, R.H., PRUITT, W.O., HAGAN, R.M., and TOSSO, J., 1977. Determination and Utilization of Water Production Functions for Principal California Crops. W-67 CA Contributing Project Report, University of California, Davis, USA.
- STEWART, D.W., and DWYER, L.M., 1999. Mathematical Characterization of Leaf Shape and Area of Maize Hybrids. *Crop Sci.*, 39: 422-427.
- STIKIC, R., POPOVIC, S., SRDIC, M., SAVIC, D., JOVANOVIC, Z., PROKIC, L., and ZDRAVKOVIC, J., 2003. Partial Root Drying (PRD): A New Technique for Growing Plants that Saves Water and Improves the Quality of Fruit. *Bulg. J. Plant Physiol.*, Special Issue, 164-171.
- STOLL, M., LOVEYS, B., and DRY, P., 2000. Hormonal Changes Induced by Partial Rootzone Drying of Irrigated Grapevine. *J. Exp. Bot.*, 51 (350):1627-1634.
- ŞAHİN, S., 2001. Türkiye’de Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı ve Mısır Üretimi. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1): 73-90.

- TABAN, S., GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., ve ÖZCAN, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea Mays* L. Cvs.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Turk J. Agric. For., 22(3): 625-633.
- TARDIEU, F., and DAVIES, W.J., 1992. Stomatal Response to Abscissic Acid Is a Function of Current Plant Water Status. Plant Phy., 92: 540-545.
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI, 2001. Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Mısır (*Zea mays* L.). Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü.
- TOPÇU, S., KIRDA, C., ÇETİN, M., YAZICI, A., KAMAN, H., DAŞGAN, Y., ve DERİCİ, R., 2003. Kısıntılı Sulama Koşullarında Domates Bitkisi Gübre Kullanım Etkinliği. 2. Ulusal Sulama Kon., 16-19 Ekim, Kuşadası, 391-399.
- TOPÇU, S., KIRDA, C., DAŞGAN, Y., KAMAN, H., ÇETİN, M., YAZICI, A., ve BACON, M.A., 2007. Yield Response and N-Fertiliser Recovery of Tomato Grown under Deficit Irrigation. Eur. J. Agron., 26: 64-70.
- TURGUT, İ., ÇAKMAK, F., ve BALCI, A., 1999. Bursa Koşullarında Mısırın (*Zea mays indentata* Sturt.) Verim ve Verim Unsurlarına Etkili Başlıca Karakterler ve Bunların Kalıtımı Üzerinde Araştırmalar. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Sunulu Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 269-274.
- TÜFEKÇİ, A., ve KARAALTIN, S., 1999. Kahramanmaraş Koşullarında I. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Farklı Azot Dozlarının I. Fizyolojik Özellikler ve Verime Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Poster Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 429-433.
- USLU, Ö.S., ve KARAALTIN, S., 1999. Farklı Azot Dozlarının Kahramanmaraş Şartlarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde 1. Fizyolojik Özellikler ve Verime Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Poster Bildiri, Cilt I, Genel ve Tahıllar, 15-18 Kasım 1999, Adana, 434-439.
- USSL., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agr. Handbook. USA, 60: 160 s.

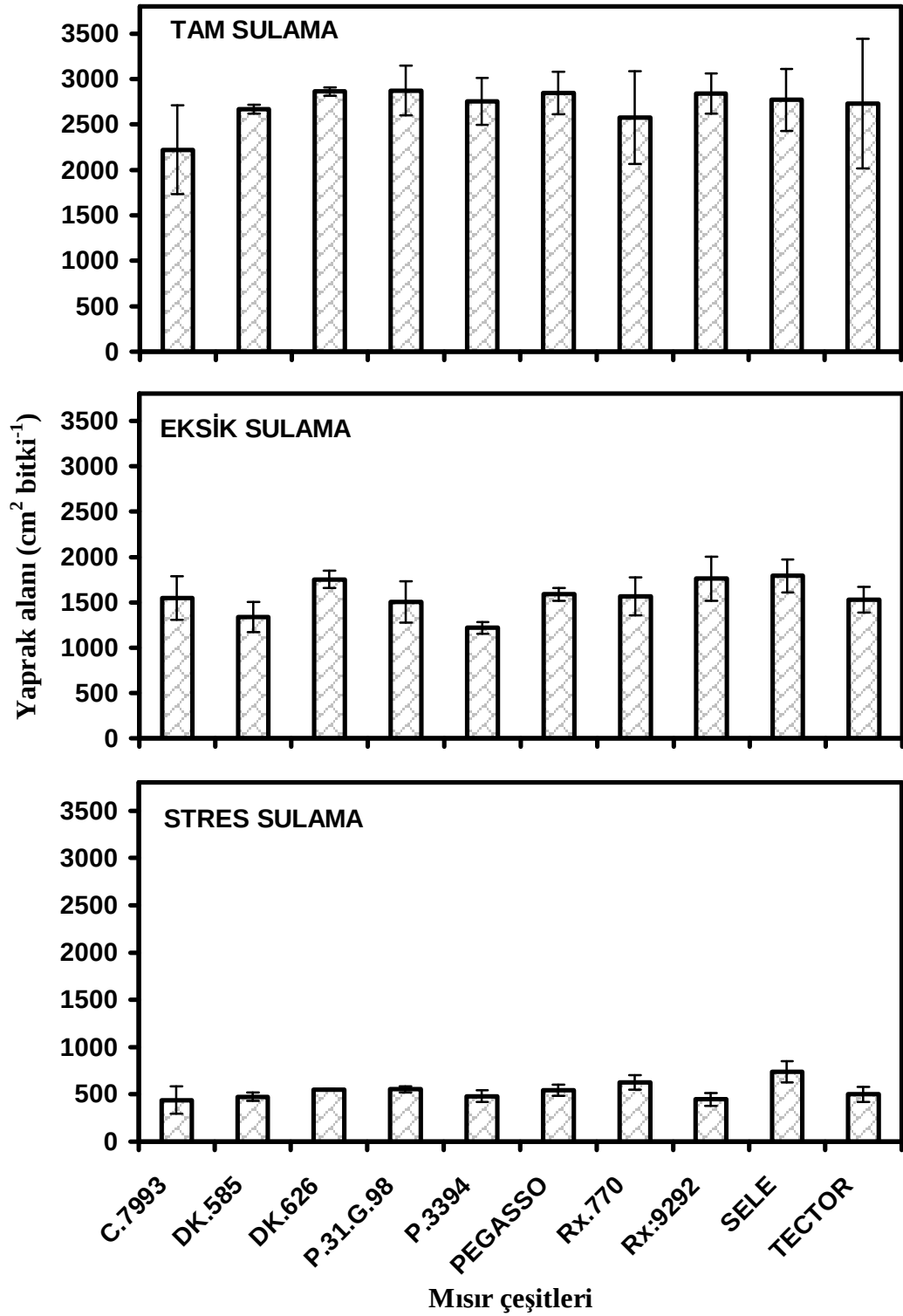
- WAHBI, S., WAKRIM, R., AGANCHICH, B., TAHI, H., and SERRAJ, R., 2005. Effects of Partial Rootzone Drying (PRD) on Adult Olive Tree (*Olea europaea*) in Field Conditions under Arid Climate I. Physiological and Agronomic Response. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 106: 289-301.
- WAKRIM, R., WAHBI, S., TAHI, H., AGANCHICH, B., and SERRAJ, R., 2005. Comparative Effects of Partial Root Drying (PRD) and Regulated Deficit Irrigation (RDI) on Water Relations and Water Use Efficiency in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agr. Ecosyst. Environ.*, 106: 275-287.
- WANJURA, D.F., and UPCHURCH, D.R., 2002. Water Status Response of Corn and Cotton to Altered Irrigation. *Irrig. Sci.*, 21: 45-55.
- WILKINSON, S., and DAVIES, W.J., 1997. Xylem Sap pH Increase: A Drought Signal Received at the Apoplastic Face of the Guard Cell that Involves the Suppression of Saturable Abscissic Acid Uptake by the Epidermal Symplast. *Plant Physiol.*, 113: 559-573.
- XIE, J., CARDENAS, E.S., SAMMIS, T.W., WALL, M.M., LINDSEY, D.L., and MURRAY, L.W., 1999. Effect of Irrigation Method on Chile Pepper Yield and *Phytophthora* Root Rot Incidence. *Agr. Water Manage.*, 42: 127-142.
- YANG, C., YANG, L., YANG, Y., and OUYANG, Z., 2004. Rice Root Growth and Nutrient Uptake as Influenced by Organic Manure in Continuously and Alternately Flooded Paddy Soils. *Agr. Water Manage.*, 70: 67-81.
- ZHANG, J., SCHURR, U., and DAVIES, W.J., 1987. Control of Stomatal Behaviour by Abscissic Acid which Apparently Originates in Roots. *J. Exp. Bot.*, 38: 1174-1181.
- ZHANG, J., and DAVIES, W.J., 1990. Changes in the Concentration of ABA in Xylem Sap as Function of Changing Soil Water Status will Account for Changes in Leaf Conductance. *Plant Cell Environ.*, 13: 277-285.
- ZEGBE-DOMINGUEZ, J.A., BEHBOUDIAN, M.H., LANG, A., and CLOTHIER, B.E., 2003. Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying Maintain Fruit Dry Mass and Enhance Fruit Quality in 'Petopride' Processing Tomato (*Lycopersicon Esculentum*, Mill.). *Sci. Hortic.*, 98: 505-510.

ZEGBE, J.A., BEHBOUDIAN, M.H., and CLOTHIER, B.E., 2004. Partial Rootzone Drying is a Feasible Option for Irrigation Processing Tomatoes. *Agr. Water Manage.*, 68: 195-206.

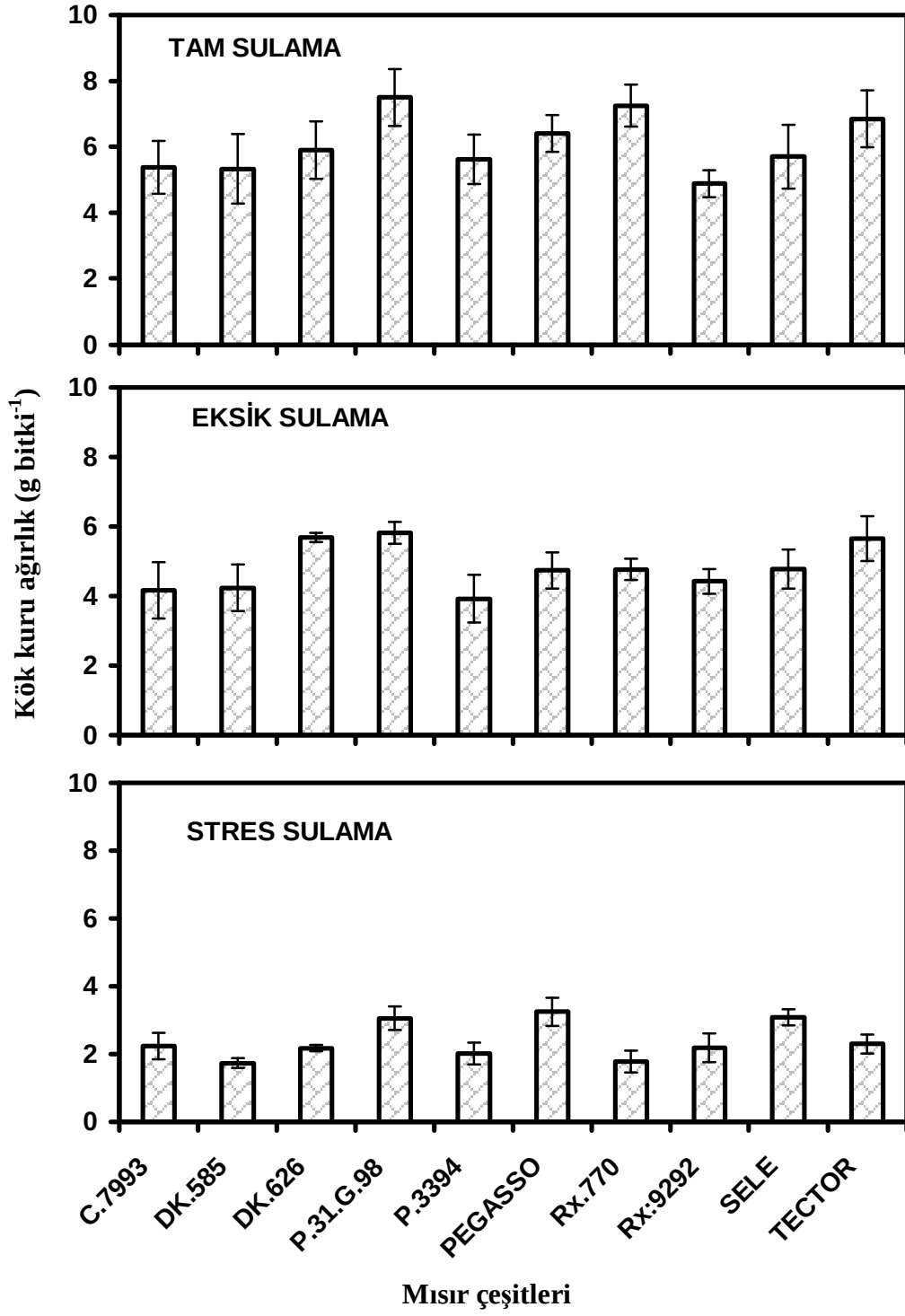
ÖZGEÇMİŞ

Adana'nın Ceyhan ilçesinde 1971 yılında doğdum. İlköğrenimimi Soysalı köyünde, orta ve lise öğrenimimi Ceyhan'da tamamladım. E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'ne 1992 yılında kayıt yaptırdım ve bir yıl sonra Ç.Ü. Ziraat Fakültesi'nin aynı bölümüne yatay geçiş yaptım. Haziran/1996'da Bölüm dördüncüsü olarak mezun oldum ve Aralık/1996'da Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul-Kartal, Emine ve Hasan Aytaşman İlköğretim Okulu'na Sınıf Öğretmeni olarak atandım. Şubat/1998'de, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimime başladım; Aralık/1999'da da Araştırma Görevlisi olarak Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü kadrosuna kurumlar arası geçiş yaptım. Yüksek lisans öğrenimimi tamamlayarak Eylül/2002'de doktora öğrenimime başladım. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi iken, Ağustos/2006 tarihinde T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XII. Bölge Müdürlüğü – Kayseri, İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü'ne Ziraat Yüksek Mühendisi olarak tayin oldum. Halen Devlet Su İşleri XII. Bölge Müdürlüğü – Kayseri, İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü'nde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak çalışmaktayım. Evliyim ve 6 yaşında bir kızım var.

E K L E R



Şekil Ek.1. Saksı denemesinde ele alınan 10 mısır çeşidinin Tam Sulama, Eksik Sulama ve Stres Sulama konuları altında yaprak alanı değişimi (2003)



Şekil Ek.2. Saksı denemesinde ele alınan 10 mısır çeşidinin Tam Sulama, Eksik Sulama ve Stres Sulama konuları altında kök kuru ağırlıkları (2003)

Çizelge Ek.1. Saksı denemesinde ele alınan 10 adet mısır çeşidinin isimleri ve üretici firma listesi (2003)

ÇEŞİT NO	ÇEŞİT ADI	ÜRETİCİ FİRMA
1	C.7993	MONSANTO
2	DK.585	MONSANTO
3	DK.626	MONSANTO
4	P.31.G.98	PIONEER
5	P.3394	PIONEER
6	PEGASSO	ADVANTA
7	Rx.770	MAY TOHUMCULUK
8	Rx:9292	MAY TOHUMCULUK
9	SELE	MAY TOHUMCULUK
10	TECTOR	SYNGENTA

Çizelge Ek.2. Araştırma yıllarında sulama konularına her sulamada uygulanan sulama suyu miktarları

Sulamalar	Tarih	Sulama suyu miktarları (mm)		
		TS	YIS	KS
2004 yılı				
1. Sulama	22.07.2004	70.00	45.50	45.50
2. Sulama	28.07.2004	33.50	21.78	21.78
3. Sulama	04.08.2004	33.50	21.78	21.78
4. Sulama	11.08.2004	27.00	17.55	17.55
5. Sulama	18.08.2004	25.00	16.25	16.25
6. Sulama	25.08.2004	29.70	19.31	19.31
7. Sulama	01.09.2004	27.50	17.88	17.88
8. Sulama	08.09.2004	30.45	19.79	19.79
9. Sulama	15.09.2004	31.95	20.77	20.77
	Toplam	308.60	200.61	200.61
2005 yılı				
1. Sulama	18.07.2005	78.00	50.70	50.70
2. Sulama	26.07.2005	42.58	27.68	27.68
3. Sulama	02.08.2005	35.02	22.76	22.76
4. Sulama	09.08.2005	60.00	39.00	39.00
5. Sulama	16.08.2005	45.00	29.25	29.25
6. Sulama	24.08.2005	45.00	29.25	29.25
7. Sulama	31.08.2005	45.00	29.25	29.25
8. Sulama	06.09.2005	20.00	13.00	13.00
9. Sulama	13.09.2005	30.00	19.50	19.50
	Toplam	400.60	260.39	260.39

Çizelge Ek.3. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Rx:9292 mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2004	2.15	3.21	2.37
09.08.2004	3.11	4.19	2.73
27.08.2004	4.17	4.86	5.04
06.09.2004	3.09	3.10	4.12
14.09.2004	3.30	3.97	2.96

Çizelge Ek.4. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Rx:9292 mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
26.07.2005	2.03	2.17	1.95
02.08.2005	3.42	3.55	3.91
16.08.2005	4.92	4.14	3.80
23.08.2005	3.95	4.68	4.62
06.09.2005	4.59	4.30	3.66

Çizelge Ek.5. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2004	2.94	2.48	1.96
09.08.2004	3.77	3.88	3.74
27.08.2004	4.33	4.29	4.75
06.09.2004	3.91	4.60	3.30
14.09.2004	3.66	3.50	2.88

Çizelge Ek.6. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde yaprak alan indeksinin (YAI) zamana göre değişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
26.07.2005	2.01	2.47	1.70
02.08.2005	3.43	2.24	2.63
16.08.2005	3.80	3.84	3.82
23.08.2005	4.10	3.70	4.26
06.09.2005	3.98	3.36	3.78

Çizelge Ek.7. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2004	276.61	250.13	279.55
09.08.2004	426.59	472.33	489.74
16.08.2004	756.01	536.61	539.44
06.09.2004	1305.42	1082.51	1374.79
14.09.2004	1314.58	1155.77	1286.01

Çizelge Ek.8. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.31.G.98 mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2005	131.22	104.81	230.42
09.08.2005	406.77	276.14	124.13
16.08.2005	1171.77	1006.01	1000.85
06.09.2005	1872.51	1056.93	1815.19
20.09.2005	2236.06	1680.24	1866.03

Çizelge Ek.9. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2004	253.47	260.37	192.67
09.08.2004	472.46	530.24	438.65
16.08.2004	703.25	627.78	465.85
06.09.2004	1180.79	1487.57	922.57
14.09.2004	1381.01	1370.66	1148.17

Çizelge Ek.10. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tector mısır çeşidinde kuru madde üretiminin (g m^{-2}) zamana göre değişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
02.08.2005	250.98	161.32	184.23
09.08.2005	389.76	251.22	243.86
16.08.2005	1369.23	1291.64	1332.12
06.09.2005	1648.23	1621.06	1689.02
20.09.2005	2190.08	1797.20	1662.12

Çizelge Ek.11. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.3394 mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
20.07.2004	41.00	41.00	41.00
12.08.2004	182.50	137.50	159.50
26.08.2004	265.25	229.00	227.75
06.09.2004	229.25	193.25	189.25

Çizelge Ek.12. TS, YIS ve KS sulama konuları altında P.3394 mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
23.07.2005	56.17	58.50	63.00
06.08.2005	159.50	145.67	177.50
20.08.2005	248.83	234.17	258.83
18.09.2005	249.00	235.67	260.83

Çizelge Ek.13. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tietar mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2004)

Tarih	TS	YIS	KS
20.07.2004	37.50	37.50	37.50
12.08.2004	182.00	74.00	109.00
26.08.2004	269.25	155.00	186.75
06.09.2004	233.00	144.25	154.50

Çizelge Ek.14. TS, YIS ve KS sulama konuları altında Tietar mısır çeşidinde bitki boyunun (cm) zamana göre gelişimi (2005)

Tarih	TS	YIS	KS
23.07.2005	74.00	66.33	67.00
06.08.2005	202.50	175.50	181.33
20.08.2005	258.50	248.00	255.67
18.09.2005	260.50	247.17	253.33