



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

**BURSA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MISIR BİTKİSİNDE
KISINTILI SULAMANIN VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

HAYRETTİN KUŞÇU

**PROF. DR. ALİ OSMAN DEMİR
(Danışman)**

**DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

BURSA – 2010

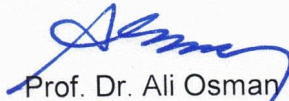
T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

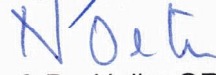
BURSA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MISIR BİTKİSİNDE KISINTILI
SULAMANIN VERİM VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ


Hayrettin KUŞÇU

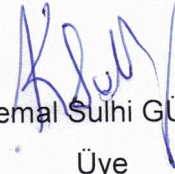
DOKTORA TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

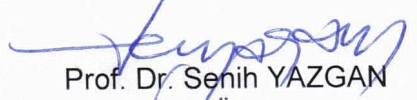
Bu Tez 16/07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Danışman


Prof. Dr. Halim ORTA
Üye


Prof. Dr. İlhan TURGUT
Üye


Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU
Üye


Prof. Dr. Senih YAZGAN
Üye

ÖZET

Türkiye’de mısır bitkisinden yüksek verim elde edebilmek için sulamaya gereksinim vardır. Bursa ilindeki üreticilerin çoğu, sınırlı miktarda sulama suyuna sahiptir ve daha az suyla bitki yetiştirmek zorunda kalmaktadırlar. Yarı nemli bir iklim kuşağında yer alan Bursa–Mustafakemalpaşa Ovası koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) damla sulama yöntemi kullanılarak kısıntılı sulama uygulamalarının bitki gelişimi, verim ve diğer verim bileşenlerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma, 2008 ve 2009 yıllarında Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu deneme alanında yürütülmüştür.

Tarla denemeleri, hibrit Pioneer 31P41 çeşidiyle killi tınlı bir toprak üzerinde yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf blokları deneme deseninde üç yinelemeli olarak yapılmıştır. Bitkinin bilinen üç kritik gelişme dönemi; vejetatif (V), çiçeklenme (F) ile tane oluşum ve olgunlaşma (T) göz önüne alınmış ve çimlenme dönemi dışında sulama yapılmaması (K), tüm fenolojik gelişme dönemlerinde sulama yapılması (VFT) ve 15 farklı kısıntılı sulama uygulaması (V, F, T, VF, VT, FT, V₂₅FT, V₅₀FT, V₇₅FT, VF₂₅T, VF₅₀T, VF₇₅T, VFT₂₅, VFT₅₀ ve VFT₇₅) olmak üzere toplam 17 deneme konusu oluşturulmuştur. Her gelişme dönemi için uygulanan su ya da sulama kısıntısının tane verimi, yeşil ot verimi, kuru madde verimi, yaprak alan indeksi, bitki boyu, yaprak sayısı, gövde çapı, hasat nemli, koçan ağırlığı, taneleme yüzdesi, hasat indeksi, koçan boyu, koçan çapı, ilk koçan yüksekliği, koçanda sıra sayısı, sırada tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Deneme konularına, her iki deneme yılı için 371 ile 1018 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik bitki su tüketimi değerleri 2008 yılında 277 ile 1102 mm, 2009 yılında ise 332 ile 1164 mm arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketimi de artmıştır. En yüksek bitki su tüketimi (ortalama 1133 mm) VFT konusundan hesaplanmıştır.

Tane verimi ve diğer verim parametreleri, uygulanan sulama suyu miktarı ile artmış ve en yüksek tane verimi VFT (2052 kg/da) ve tane döneminde %25 kısıntı uygulanan VFT₇₅ (2045 kg/da) konularından elde edilmiştir. Bu, çimlenme dönemi dışında sulama yapılmayan konuya göre %62 oranında bir verim artışına karşılık gelmektedir. Ayrıca, mevsimlik bitki su tüketimi ile tane verimleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

Mevsimlik bitki su tüketimindeki oransal azalmaya karşılık tane verimindeki oransal azalma miktarını gösteren verim tepki etmeni (ky), her gelişme dönemi, iki gelişme dönemi ve toplam gelişme dönemi için ayrı ayrı hesaplanmış ve vejetatif, çiçeklenme, tane oluşum ve olgunlaşma dönemleri ile toplam büyüme mevsimi için sırasıyla 0.54, 1.14, 0.34 ve 0.90 olarak bulunmuştur. Diğer taraftan, en yüksek sulama suyu kullanım etkinliği, VF konusundan (vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde tam sulama konusu) 1.62 kg/m³ olarak hesaplanmıştır. En yüksek su kullanım etkinliği değerleri 2.05, 2.02 ve 2.01 kg/m³ olarak sırasıyla FT, V ve VF konularından elde edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, mısırın su eksikliğine duyarlı bir bitki olduğu, en duyarlı dönemin çiçeklenme dönemi olduğu, bunu sırasıyla vejetatif gelişme ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinin izlediği belirlenmiştir. Buna göre, yerel koşullar altında en yüksek verimlerin elde edilmesi için tüm gelişme dönemlerinde sulama suyu kısıntısına gidilmemesi gerekmektedir. Kısıntılı sulama yapılması zorunlu olduğu durumlarda özellikle çiçeklenme ve vejetatif gelişme dönemlerinde sulama suyu kısıntısından kaçınılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Mısır, kısıntılı sulama, bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği, sulama suyu kullanım etkinliği, bitki su üretim fonksiyonu, verim tepki etmeni

EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION ON YIELD AND YIELD COMPONENTS OF MAIZE GROWN UNDER BURSA CONDITIONS

ABSTRACT

Irrigation is needed to obtain economic maize yields in Turkey. Many farmers in Bursa province have limited irrigation water supplies, and need to produce crops with less water. This research aimed at determining of the effects on vegetative growth, yield and other yield components of irrigation and water stress imposed under drip irrigation method at different development stages in maize (*Zea mays* L.) grown in the conditions of Bursa-Mustafakemalpaşa Valley located in a sub-humid region has been carried out in the trial area of the Mustafakemalpaşa Vocational School, Uludag University, during the years of 2008 and 2009. The field trials were conducted on a clay loam soil, with Pioneer 31P41 corn hybrid. A randomized complete block design with three replications was used.

The growth stages of the plant (vegetative (V), flowering (F) and grain formation and ripening (T)) were considered and a rainfed (non-irrigated) treatment (K) and 16 irrigation treatments with full (VFT) and 15 different deficit irrigations (V, F, T, VF, VT, FT, V₂₅FT, V₅₀FT, V₇₅FT, VF₂₅T, VF₅₀T, VF₇₅T, VFT₂₅, VFT₅₀ and VFT₇₅) were applied. The effect of irrigation or water stress at any stage of development on grain yield, fresh forage yield, dry matter yield, leaf area index, plant height, leaf number/plant, stem diameter, harvest moisture, ear weight, percentage of separate into grains, harvest index, ear height, ear diameter, first ear height, row number/ear, kernel number/row, 1000 kernel weight and hectoliter weight were evaluated.

The seasonal water applied ranged from 371 to 1018 mm. Treatments resulted in seasonal evapotranspiration of 277–1102 mm and 332–1164 mm in 2008 and 2009, respectively. Evapotranspiration increased with increased amounts of irrigation water supplied. The highest seasonal evapotranspiration (average of 1133 mm) was estimated at the VFT (full irrigation at three stages) treatment.

Grain yield and the other yield components increased with irrigation water amount, and the highest grain yields (2052 and 2045 kg/da) were obtained from the VFT and VFT₇₅ treatments; average 62% an increase compared to the non-irrigation treatment. Also, grain yields increased linearly with seasonal evapotranspiration.

The yield response factor, which indicates the relative reduction in yield to relative reduction in evapotranspiration, was separately calculated for each, two and total growth stages, and it was found 0.54, 1.14, 0.34 and 0.90 for the vegetative, flowering, grain formation and ripening growth stages and the total growing season. On the other hand, the highest values of irrigation water use efficiency were determined to be 1.62 kg/m³ in the VF treatment. The highest values for water use efficiency were found to be 2.05, 2.02 and 2.01 kg/m³ in the FT, V and VF treatments, respectively.

As a result, it was found that maize was rather sensitive to soil water deficit. The most sensitive growth period was flowering, following vegetative and grain formation and ripening periods, respectively. It is concluded that VFT irrigation is the best choice for maximum yield under the local conditions, but these irrigation schemes must be re-considered in areas where water resources are more limited. In the case of more restricted irrigation, the limitation of irrigation water at the flowering and vegetative periods should be avoided.

Key Words: Maize, deficit irrigation, evapotranspiration, water use efficiency, irrigation water use efficiency, crop water production function, yield response factor

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Kısıntılı Sulama.....	6
2.2. Su-Verim İlişkileri	16
2.3. Bitki Su Tüketimi ve Sulama Zamanının Planlanması	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1. Materyal	39
3.1.1. Araştırma Yeri	39
3.1.2. Toprak Özellikleri	39
3.1.3. Su Kaynağı Özellikleri	39
3.1.4. İklim Özellikleri	42
3.1.5. Bitki Özellikleri	46
3.2. Yöntem	46
3.2.1. Toprak ve Su Ömeklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri	46
3.2.1.1. Toprak ve Su Ömeklerinin Alınması	46
3.2.1.2. Toprak ve Sulama Suyu Ömeklerinin Analizleri.....	46
3.2.2. Tarımsal İşlemler	48

3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Ekim	48
3.2.4. Gübreleme	49
3.2.5. Yabancı Ot ve Zararlı Kontrolü	50
3.2.6. Deneme Deseni ve Araştırma Konuları	50
3.2.7. Toprak Nemi Gözlemleri	53
3.2.8. Sulama Yöntemi, Sulama Zamanı ve Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi	54
3.2.9. Mısır Bitkisine İlişkin Gözlem ve Ölçümler	55
3.2.9.1. Gelişme Dönemleri	55
3.2.9.2. Bitki Boyu, Gövde Kalınlığı ve Yaprak Sayısı	55
3.2.9.3. Yaprak Alan İndeksi	55
3.2.9.4. Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Verimi	56
3.2.9.5. Yeşil Ot Verimi	56
3.2.9.6. İlk Koçan Yüksekliği, Koçan Boyu ve Koçan Çapı	56
3.2.9.7. Taneleme Yüzdesi	57
3.2.9.8. Tek Koçan Ağırlığı	57
3.2.9.9. Bin Tane Ağırlığı	57
3.2.9.10. Hektolitre Ağırlığı	57
3.2.9.11. Hasat Nemi	58
3.2.9.12. Tane Verimi	58
3.2.9.13. Hasat İndeksi	58
3.2.10. Hasat	59
3.2.11. Bitki Su Tüketimi	60
3.2.12. Su-Üretim Fonksiyonu	61
3.2.13. Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	62
3.2.14. Verilerin Değerlendirilmesi	63
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	64
4.1. Mısır Bitkisinin Gelişme Dönemleri	64

4.2. Uygulanan Sulama Suyu	66
4.3. Bitki Su Tüketimi	72
4.4. Tane Verimi	76
4.5. Su-Üretim Fonksiyonu	85
4.6. Tane Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Su Kullanım Etkinliği	93
4.7. Yeşil Ot Verimi	98
4.8. Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Verimi	101
4.9. Biomass Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Su Kullanım Etkinliği	110
4.10. Yaprak Alan İndeksi	112
4.11. Bitki Boyu	117
4.12. Yaprak Sayısı	126
4.13. Gövde Çapı	130
4.14. Hasat Nemi	134
4.15. Tek Koçan Ağırlığı	135
4.16. Taneleme Yüzdesi	138
4.17. Hasat İndeksi	139
4.18. Koçan Boyu	141
4.19. Koçan Çapı	143
4.20. İlk Koçan Yüksekliği	145
4.21. Koçanda Sıra Sayısı	147
4.22. Sırada Tane Sayısı	149
4.23. Bin Tane Ağırlığı	151
4.24. Hektolitre Ağırlığı	154
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	156
KAYNAKLAR	164
TEŞEKKÜR	190
ÖZGEÇMİŞ	191

KISALTMALAR DİZİNİ

- ABD - Ana Bilim Dalı
- ASABE - Amerikan Tarım ve Biyoloji Mühendisleri Kurumu
- CWSI - Bitki Su Stresi İndeksi
- ESGS - Ekimden Sonra Gün Sayısı
- FAO - Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu
- FSKE - Fotosentetik Su Kullanım Etkinliği
- GAP - Güneydoğu Anadolu Projesi
- KS - Kısıntılı Sulama
- LAI - Yaprak Alan İndeksi
- LSD - En Küçük Anlamlı Fark
- PRD - Yarı İslatmalı Sulama
- PS - Potansiyel Tuzluluk
- SP - Suda Eriyebilir Toz
- SWD - Toprak Su Derinliği
- TS - Tam Sulama
- K - Sulama Yapılmayan Konu
- V - Yalnızca Vejetatif Gelişme Döneminde Sulama
- F - Yalnızca Çiçeklenme Gelişim Döneminde Sulama
- T - Yalnızca Tane Oluşum ve Olgunlaşma Gelişim Döneminde Sulama
- VF - Vejetatif ve Çiçeklenme Gelişme Dönemlerinde Sulama
- VT - Vejetatif ile Tane Oluşum ve Olgunlaşma Gelişme Dönemlerinde Sulama
- FT - Çiçeklenme ile Tane Oluşum ve Olgunlaşma Gelişme Dönemlerinde Sulama
- VFT - Tüm Gelişme Dönemlerinde Tam Sulama
- V₇₅FT - Vejetatif Gelişme Döneminde %25 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- V₅₀FT - Vejetatif Gelişme Döneminde %50 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- V₂₅FT - Vejetatif Gelişme Döneminde %75 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VF₇₅T - Çiçeklenme Döneminde %25 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VF₅₀T - Çiçeklenme Döneminde %50 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VF₂₅T - Çiçeklenme Döneminde %75 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VFT₇₅ - Tane Döneminde %25 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VFT₅₀ - Tane Döneminde %50 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama
- VFT₂₅ - Tane Döneminde %75 Kısıntılı, Diğer Dönemlerde Tam Sulama

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel Özellikleri	40
Çizelge 3.2. Deneme Alanı Topraklarının Kimyasal Özellikleri	41
Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Sulama Suyunun Özellikleri	42
Çizelge 3.4. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 1975–2007 Yılları Arasında Ölçülen Ortalama İklim Verileri.....	43
Çizelge 3.5. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 2008 Yılında Ölçülen Ortalama İklim Verileri	44
Çizelge 3.6. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 2009 Yılında Ölçülen Ortalama İklim Verileri	45
Çizelge 3.7. Deneme Süresince Yapılan Tarımsal İşlemler	48
Çizelge 3.8. Fenolojik Gelişme Dönemlerine Göre Kısıntılı Sulama Programı	53
Çizelge 4.1. Bitki Gelişme Dönemleri	64
Çizelge 4.2. Deneme Konularına Uygulanan Sulama Suyu Miktarları	67
Çizelge 4.3. Deneme Konularından Elde Edilen Bitki Su Tüketimleri	74
Çizelge 4.4. Tane Verimi Varyans Analiz Sonuçları	77
Çizelge 4.5. Deneme Konularından Elde Edilen Tane Verimleri (kg/da) ve Grupları	78
Çizelge 4.6. 2008 Deneme Yılı İçin Verim Azalma Oranı, Stewart ve Jensen Modellerine Göre Nem Stresi Duyarlılık Göstergeleri	87
Çizelge 4.7. 2009 Deneme Yılı İçin Verim Azalma Oranı, Stewart ve Jensen Modellerine Göre Nem Stresi Duyarlılık Göstergeleri.....	88
Çizelge 4.8. Sulama Konularına Göre Mısırın Tane Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE _g) ve Su Kullanım Etkinliği (WUE _g) Değerleri	95
Çizelge 4.9. Yeşil Ot verimi Varyans Analiz Sonuçları	99
Çizelge 4.10. Yeşil Ot Verimi Değerleri (kg/da)	99
Çizelge 4.11. Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Veriminin (kg/da) Zamana Göre Değişimi	102
Çizelge 4.12. Kuru Madde Verimi Varyans Analiz Sonuçları	105
Çizelge 4.13. Hasat Zamanı Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Verimi (kg/da) ...	106
Çizelge 4.14. Sulama Konularına Göre Mısırın Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE _b) ve Su Kullanım Etkinliği (WUE _b) Değerleri	111
Çizelge 4.15. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik	

Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Yaprak Alan İndeksi Değerleri .	114
Çizelge 4.16. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Bitki Boyu Değerleri	118
Çizelge 4.17. Bitki Boyu Varyans Analiz Sonuçları	123
Çizelge 4.18. Hasatta Ölçülen Bitki Boyu Değerleri (cm) ve LSD Grupları	123
Çizelge 4.19. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Yaprak Sayısı Değerleri	127
Çizelge 4.20. Yaprak Sayısı Varyans Analiz Sonuçları	128
Çizelge 4.21. Hasatta Ölçülen Yaprak Sayısı Değerleri (adet) ve Grupları	128
Çizelge 4.22. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Gövde Çapı Değerleri	131
Çizelge 4.23. Gövde Çapı Varyans Analiz Sonuçları	133
Çizelge 4.24. Hasatta Ölçülen Gövde Çapı Değerleri (mm) ve Grupları	133
Çizelge 4.25. Hasat Nemi Varyans Analiz Sonuçları	134
Çizelge 4.26. Deneme Yıllarına Göre Hasat Nemi (%) Değerleri ve Grupları	135
Çizelge 4.27. Tek Koçan Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları	136
Çizelge 4.28. Tek Koçan Ağırlıkları (g) Değerleri ve Grupları	137
Çizelge 4.29. Taneleme Yüzdesi Varyans Analiz Sonuçları	138
Çizelge 4.30. Taneleme Yüzdesi Değerleri ve Grupları	139
Çizelge 4.31. Hasat İndeksi Varyans Analiz Sonuçları	140
Çizelge 4.32. Hasat İndeksi (boyutsuz) Değerleri ve Grupları	141
Çizelge 4.33. Koçan Boyu Varyans Analiz Sonuçları	142
Çizelge 4.34. Koçan Boyu (cm) Değerleri ve Grupları	143
Çizelge 4.35. Koçan Çapı Varyans Analiz Sonuçları	144
Çizelge 4.36. Koçan Çapı (cm) Değerleri ve Grupları	145
Çizelge 4.37. İlk Koçan Yüksekliği Varyans Analiz Sonuçları	146
Çizelge 4.38. İlk Koçan Yüksekliği (cm) Değerleri ve Grupları	147
Çizelge 4.39. Koçanda Sıra Sayısı Varyans Analiz Sonuçları	148
Çizelge 4.40. Koçanda Sıra Sayısı (adet/koçan) Değerleri ve Grupları	148
Çizelge 4.41. Sırada Tane Sayısı Varyans Analiz Sonuçları	149
Çizelge 4.42. Sırada Tane Sayısı (adet/sıra) Değerleri ve Grupları	150
Çizelge 4.43. Bin Tane Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları	151
Çizelge 4.44. Bin Tane Ağırlığı (g) Değerleri ve Grupları	152
Çizelge 4.45. Hektolitre Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları	154
Çizelge 4.46. Hektolitre Ağırlığı (kg/hl) Değerleri ve Grupları	155

ŞEKİLLER DİZİNİ	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Toprak Örneklerinin Alınması	47
Şekil 3.2. Toprak Hazırlığı, Parsellerin Oluşturulması ve Ekim	49
Şekil 3.3. Bir Deneme Parselinin Ayrıntılı Planı.....	51
Şekil 3.4. Tesadüf Blokları Deneme Desenine Göre Konuların Dağılımı	52
Şekil 3.5. Toprak Nem İçeriğinin Gravimetrik Yöntemle Belirlenmesi	54
Şekil 3.6. Hektolitire Ölçüm Cihazı	58
Şekil 3.7. Örnekleme Parselinden Hasat Edilen Koçanların Tanelenmesi	59
Şekil 3.8. Tane Veriminin Belirlenmesinde Göz Önüne Alınan Hasat Alanı	60
Şekil 4.1. Bitkinin Çimlenme Dönemi	65
Şekil 4.2. Vejetatif Gelişme Dönemi	65
Şekil 4.3. Tepe Püskülü Çıkarma Dönemi	65
Şekil 4.4. Koçan Çıkarma Dönemi	66
Şekil 4.5. 2008 Yılında Deneme Konularının Zamana Göre Toprak Nem İçeriği.....	70
Şekil 4.6. 2009 Yılında Deneme Konularının Zamana Göre Toprak Nem İçeriği	71
Şekil 4.7. Uygulanan Sulama Suyu (I) ve Bitki Su Tüketimi (ET) İlişkisi	76
Şekil 4.8. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Tane Verimi (Y) İlişkisi.....	83
Şekil 4.9. Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (ET) ile Tane Verimi (Y) İlişkisi.....	84
Şekil 4.10. İki Yıllık (2008–2009) Toplam Gelişme Mevsimi Boyunca Oransal Bitki Su Tüketimi Azalması ile Oransal Tane Verimi Azalması Arasındaki İlişki.....	89
Şekil 4.11. İki Yıllık (2008–2009) Bireysel Gelişme Dönemleri İçin Oransal Bitki Su Tüketimi Azalması ile Oransal Tane Verimi Azalması Arasındaki İlişki	92
Şekil 4.12. İki Gelişme Döneminde Yapılan Nem Kısıntısı İçin k_y Göstergeleri	92
Şekil 4.13. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Yeşil Ot Verimi Arasındaki İlişki.....	100
Şekil 4.14. 2008 Yılında Deneme Konularından Elde Edile Kuru Madde Verimi Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.....	103
Şekil 4.15. 2009 Yılında Deneme Konularından Elde Edile Kuru Madde Verimi Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.....	104
Şekil 4.16. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Kuru Madde Verimi Arasındaki İlişki ...	109
Şekil 4.17. Mevsimlik Bitki Su Tüketimi ile Kuru Madde Verimi Arasındaki İlişki....	109
Şekil 4.18. 2008 Yılında Deneme Konularına Göre Yaprak Alan İndeksi	

(cm ² /cm ²) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi.....	115
şekil 4.19. 2009 Yılında Deneme Konularına Göre Yaprak Alan İndeksi (cm ² /cm ²) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	116
şekil 4.20. 2008 Yılında Deneme Konularına Göre Bitki Boyu (cm) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	119
şekil 4.21. 2009 Yılında Deneme Konularına Göre Bitki Boyu (cm) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	120
şekil 4.22. Gelişme Süresince Ortalama Bitki Boyu Değişimi	121
şekil 4.23. Uygulanan Sulama Suyu (l) ve Bitki Su Tüketimi (ET) ile Bitki Boyu İlişkisi.....	124
şekil 4.24. İki Yıllık Ortalamalara Göre Yaprak Sayısı Değişimi	129
şekil 4.25. İki Yıllık Ortalamalara Göre Gövde apı Değişimi	132

SİMGELER DİZİNİ

Cl	- Klor
Cu	- Bakır
da	- Dekar
DM	- Kuru Madde Verimi (kg/da)
EC	- Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
ET	- Bitki Su Tüketimi (mm)
Fe	- Demir
ha	- Hektar
I	- Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)
IWUE	- Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (kg/m^3)
IWUE _b	- Toprak Üstü Kuru Madde Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği
IWUE _g	- Tane Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (kg/m^3)
K	- Potasyum
k _c	- Bitki Katsayısı
k _p	- Kap Katsayısı
k _y	- Verim Tepki Etmeni
Mg	- Magnezyum
N	- Azot
Na	- Sodyum
P	- Fosfor
pH	- Asit–Baz Dengesi
Pw	- Toprak Su İçeriği (%)
SAR	- Sodyum Adsorpsiyon Oranı (me/l)
WUE _b	- Toprak Üstü Kuru Madde Verimine İlişkin Su Kullanım Etkinliği (kg/m^3)
WUE _g	- Tane Verimine İlişkin Su Kullanım Etkinliği (kg/m^3)
WUE	- Su Kullanım Etkinliği (kg/m^3)
Y	- Verim (kg/da)
Zn	- Çinko
Π	- Çarpım Sembolü
Σ	- Toplam Sembolü

1. GİRİŞ

Mısır, dünyadaki en önemli bitkilerden biridir (Panda ve ark. 2004). Dünya tahıl ekilişinde buğday ve çeltikten sonra üçüncü, üretimde ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan mısır, insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanı sıra endüstride; nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında da kullanılmaktadır (Gençoğlan ve Yazar 1999).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) verilerine göre, dünya tarımsal üretimi açısından bakıldığında, ekim alanı yönünden %18, toplam tahıl üretimi bakımından %27 oranında payı olan mısırın, diğer tüm serin ve sıcak iklim tahıllarıyla karşılaştırıldığında, en yüksek dünya ortalama verimi gösteren hububat türü olduğu gözlenmektedir. Dünya mısır üretiminin %60'ı Amerika, %19'u Asya, %13'ü Avrupa ve %6'sı ise Afrika kıtalarından sağlanmaktadır. FAO'ya göre, dünya genelinde 2008 yılında 161 milyon hektar alanda mısır tarımı yapılmış ve 823 milyon ton mısır üretilmiştir. Aynı yıl dünya ortalama verimi ise 511 kg/da'dır. Dünya mısır üretiminin yaklaşık 80 milyon tonu uluslararası ticarete konu olmaktadır. Bunun parasal değeri ise 11 milyar dolar civarında bulunmaktadır (<http://faostat.fao.org> 2010). Mısır, Türkiye'nin hemen hemen tüm farklı toprak ve iklim koşullarında yetiştirilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve FAO'ya göre, Türkiye'de mısır ekim alanındaki artış çok fazla olmamasına karşın, üretim ve buna bağlı olarak birim alandan alınan verim bakımından hızlı bir artış meydana gelmiştir. Ülkemizde mısır ekiliş alanı 1990 yılında 515 bin hektar iken 2008 yılında 594 bin hektara, mısır üretimi 1990 yılında 2.1 milyon ton iken 2008 yılında 4.3 milyon tona, mısır verimleri ise 1990 yılında dekara 408 kg iken 2008 yılında 720 kg/da'a yükselmiştir (<http://faostat.fao.org> 2010, <http://www.tuik.gov.tr> 2010). Söz konusu artışın nedenleri arasında, yüksek verimli melez mısır çeşitlerinin kullanılmasının yanı sıra, sulama ve gübreleme konusundaki gelişmeler gösterilebilir.

Ülkemiz tarımında önemli bir yer tutan Bursa, tarım alanı açısından çok büyük alanları bünyesinde barındırmamasına karşın, tarımsal üretim ve pazarlama açısından önemli bir yer tutmaktadır. Polikültür tarımın yapıldığı, ürün deseninin çok farklı olduğu ilde 429 bin hektarlık alanda tarım yapılmaktadır. İl genelinde, tarla bitkileri içerisinde, tane mısır ekiliş alanı yönüyle buğday ve ayçiçeğinden sonra 142.3 bin dekar ile üçüncü, üretim yönüyle buğday ve şeker pancarından sonra 160 bin ton ile yine üçüncü sırada yer almaktadır. Bursa İli ortalama tane mısır verimi 1120 kg/da olup, mısır üretiminin %97'si Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerinden karşılanmaktadır (Anonim 2010).

Ülkemizin çoğunluğu yarı-kurak, bazı bölgeleri ise yarı-nemli iklime sahiptir. Her iki iklim bölgelerinde de üretim mevsimi içerisinde düşen yağışların yetersiz ve düzensiz olması nedeniyle sulama yapılmasına gereksinim duyulmaktadır. Ancak, günümüzde tatlı su, yalnızca kurak ve kuraklığa eğilimli alanlarda değil, aynı zamanda yağışın bol olduğu bölgelerde de kıt bir kaynak olarak görülmeye başlanmıştır. Panda ve ark. (2004)'e göre, su kıtlığı olan bölgelerde tarımsal üretim için suyun etkin kullanımı, yenilikçi ve sürdürülebilir yaklaşımların kullanımını gerektirmektedir.

Su, tarımsal üretim için en önemli kaynaklardan birisidir. Ancak, dünyanın birçok yerinde suyun kullanılabilirlik durumu, ekonomik ve teknik yönden sınırlıdır (James 1994, Fereres ve Soriano 2007). Kurak, yarı kurak ve yarı nemli iklim bölgelerinde bulunan alanlarda optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz, dağılışının düzensiz oluşu, mısır tarımında büyük bir risk oluşturmakta ve sulamayı en önemli verim etmeni durumuna getirmektedir. Ancak, sulamanın öneminin her geçen gün biraz daha artmasına karşılık, dünyanın birçok bölgesinde, tarımsal amaçla kullanılan su kaynaklarının giderek azalması sorunu yaşanmaktadır. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak tarımsal, evsel ve endüstriyel amaçlı su kullanımındaki artış da bu azalmayı belirli ölçüde hızlandırmaktadır (Guitjens 1982).

Su kaynaklarının en uygun biçimde yönetimi, 21. Yüzyılın en önemli çözümlenmesi gerekli sorunların başında gelmektedir. Su, sınırlı bir kaynaktır ve hem yaşamın devamı hem de endüstriyel, evsel ve tarımsal kullanım için gereklidir. Bitkilerin sulanması amacıyla tatlı suyun büyük bir bölümünü kullanan çiftçiler, suyu çok fazla kullandıkları, azotun drenajı ve pestisitlerin yüzey akışı ile yeraltı su kaynaklarının kirliliğine yol açtıkları gerekçesiyle çevre bilimciler ve politikacılar tarafından eleştirilmektedir. Bununla birlikte, üretim mevsimi içerisinde düşen yağışların yetersiz olduğu yerlerde bitkilerin sulanması bir zorunluluktur (Bergez ve Nolleau 2003, Fereres ve Soriano 2007). Bu durum, yağışlardaki yıllık değişimin sulama yönetimi açısından bir problem olduğu yarı kurak ve yarı nemli iklim bölgelerinde bulunan alanlarda sıklıkla yaşanmaktadır (Hook 1994, Cabelguenne ve ark. 1995).

Bursa İli, sınırlı yüzey ve yüzey altı su kaynaklarıyla yarı-nemli iklim bölgesinde yer almaktadır (Demir ve ark. 2006). İlde, mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı Mayıs ve Ağustos ayları arasında, yıldan yıla değişiklik göstermekle birlikte uzun yıllar ortalama verilere göre yaklaşık olarak 100 mm civarında yağış düşmektedir. Doorenbos ve Kassam (1979), mevsimlik su tüketimi 500–800 mm arasında değişen mısır bitkisinin, toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesinin %55'i tüketildiği zaman sulanması halinde yüksek verim ve aynı zamanda kaliteli ürün elde edilebileceği, çiçeklenme ve

tane oluşumu dönemlerinde yeterli miktarda suyun bitkiye verilmemesi halinde ise verimde önemli düzeyde azalmalar olabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, her ne kadar yarı nemli bir bölgede yetiştiricilik yapılsa da Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında düşen ortalama 100 mm'lik yağış, mısır tarımı için yetersiz olduğundan sulama, önemli bir tarımsal girdi olarak ön plana çıkmaktadır. Fereres ve Soriano (2007), yarı nemli ve hatta nemli iklim bölgelerinde dahi çoğu bitki için mutlaka destekleyici olarak sulamaya gereksinim olduğunu belirtmişlerdir.

Türkiye genelinde ve Bursa İlinde, mısırın bir sıra bitkisi olması ve eskiden beri süregelen alışkanlıklar nedeniyle genellikle karık sulama yöntemi uygulanmaktadır. Son yıllarda damla sulama yönteminin benimsenme düzeyi artmış ve sistem maliyetlerindeki azalma ile birlikte devlet desteklemelerindeki artışa bağlı olarak, çiftçiler tarafından kullanımı yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte, küresel ısınma ve kuraklık konularının gündeme gelmesiyle, suyun tasarruflu kullanımı ve su kalitesini koruma unsurları ön plana çıkmış ve bu durum su kullanıcılarını, suyu daha etkin kullanan sulama yöntemlerine yöneltmiştir.

Özellikle sulama suyu yönetiminde modern teknolojilerin kullanılarak girdilerin en uygun biçimde yönetimi, bitkisel üretimi ve geri dönüşümleri en üst düzeye çıkarma yönüyle esastır (Panda ve ark. 2004). Sulamanın amacı, bitki gelişimi süresince su stresine neden olan zararı en az düzeye indirerek verimi optimize etmektir (Stone ve ark. 2001a). Çünkü su sınırlı bir kaynak olup, su sağlama maliyetleri gittikçe artmaktadır. Öte yandan su, besin güvenliği ve endüstriye hammadde temini yönünden, tarımsal üretimin en önemli girdisini oluşturur. Kaynakların sınırlı olup, nüfusun gittikçe artması, suya olan istekleri arttırmakta ve su, kullanım sektörleri arasında bir rekabet ortamının oluşmasına neden olmaktadır (Büyükcangaz ve Korukçu 2007). Yaşamın vazgeçilmez kaynağı olan tatlı su kaynaklarının tarımsal, evsel ve endüstriyel kullanımı arasındaki rekabet bazı önerileri de beraberinde getirmiştir. Bu öneriler içerisinde, doğal olarak en fazla su kullanımına sahip tarımsal sulamada, suyun daha az kullanımı ön plana çıkmış ve daha az suyla üretimi artırma konusu gündeme gelmiştir. Bunun kaynağını da kısıntılı sulama programlarının geliştirilmesi oluşturmaktadır (Iğbadun ve ark. 2008). Tarla düzeyinde, kısıntılı sulama aracılığı ile bitki su tüketiminin azaltılmasının ve daha az suyla bitki verimliliğini arttırmanın yolu olan su kısıntısına en duyarlı bitki gelişme dönemini tanımlamanın, bu amaca hizmet edeceğine inanılmaktadır (Jalota ve ark. 2006).

Dünya genelinde kısıntılı sulama uygulamalarının kullanımı yaygınlaştırılarak, büyük ölçüde su tasarrufu sağlanabilir ve gittikçe artan gıda kıtlığı azaltılabilir. Bu, farklı

bölgelerde yetiştirilen bitkiler için en uygun kısıntılı sulama programlarının belirlenmesiyle olanaklıdır (Ganji ve ark. 2006, Öktem 2008).

Kısıntılı sulama, bilinçli olarak bitkinin ihtiyacı olan suyun tam olarak karşılanmadığı, bitkilerin, kök bölgesindeki kullanışlı suyun ötesinde toprak neminin almasına izin verildiği bir programlama yöntemidir. Kısıntılı sulama altında bitkiler verim azalmasının olacağı bilinerek bazı su kısıntılarına maruz bırakılır (Smith ve ark. 2002, Prichard ve ark. 2004, Zhang ve ark. 2004). Kısıntılı sulamanın amacı, sulama suyu miktarını veya sulama sayısını azaltma yoluyla bitki su kullanım etkinliğini arttırmaktır (Kırda 2002). Diğer taraftan sulama maliyetleri arttığından, gereksiz sulama uygulamaları ortadan kaldırılarak mısır üretim ekonomisi iyileştirebilir (Irmak ve ark. 2000). Çiftçilerin kısıntılı sulama programlarına yönelmelerinin nedenleri arasında, sulama suyu fiyatlarındaki artış, pompalama maliyetlerindeki artış, düşük piyasa fiyatları, yetersiz sulama sistemleri ve su kaynaklarının sınırlı olması gösterilebilir (Craciun ve Craciun 1999). Etkin bir sulama suyu yönetiminin amacı, su ve enerji kullanımını sınırlandırma yoluyla ekonomik geri dönüşümleri iyileştirmektir. Kontrollü kısıntılı sulama uygulamaları, verim üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirirken, su tüketiminde tasarruf yapmaya olanak sağlar (Pandey ve ark. 2000a). Su kaynağının sınırlı ya da maliyetinin yüksek olduğu durumlarda, geleneksel sulama yerine, birim sudan daha fazla yararlanmayı sağlayan, kısıntılı sulama programlarının uygulanması gerekir. Böylece mevcut sulama suyu ile daha geniş bir alanın sulanması olasıdır (Doorenbos ve Kassam 1979, English ve Nuss 1982). Kısıntılı su uygulaması ile suyun yanı sıra, işçilik ve enerji gibi giderlerden de bir miktar tasarruf yapılarak gelir artışı sağlanabilir (Davidoff ve Hanks 1989).

Kısıntılı su uygulaması, su kaynağının yeterli olduğu koşullarda da yapılabilir. Burada amaç, sulamaya yeni açılacak alanlarda oluşturulacak sulama şebekesinin su depolama ve iletim kapasitelerinin düşük tutulması suretiyle ilk yatırım giderlerinin düşürülmesi ya da örneğin çeltik gibi su tüketimi yüksek bitkilerin rotasyonda yer almasının sağlanmasıdır (Korukçu ve Kanber 1981). Ayrıca kısıntılı sulama programları ile aşırı sulama suyu uygulanması sonucu ortaya çıkabilen drenaj sorununu da bir ölçüde gidermek olasıdır (Tülücü 1985). Ancak, uygun bir kısıntılı sulama programının belirlenebilmesi, her şeyden önce normal sulama programında miktar ve zaman bakımından yapılacak değişiklikler ile bitki verimleri arasındaki ilişkinin yeterince bilinmesine bağlıdır (Stewart ve Hegan 1973).

Yerel iklim ve toprak özelliklerine göre bir bitkinin fenolojik gelişme dönemlerini tanımlamak, bitki verimlerini en üst düzeye çıkarma ve kıt su kaynaklarının etkili bir

biçimde kullanılması yönüyle sulama programı yapmaya olanak sağlar (Doorenbos ve Kassam 1979).

Mısır bitkisi, yüksek oranda sulama suyuna gereksinim duymaktadır (Stone ve ark. 1996). Kuru madde ve tane verimleri sulama ile önemli ölçüde arttırılabilmektedir (Yazar ve ark. 1999). Bununla birlikte mısır, kuraklığa oldukça duyarlı bir bitkidir (Otegui ve ark. 1995). Kurak, yarı kurak ve yarı nemli iklim kuşağı içerisinde yer alan, gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede, kısıntılı sulama programları ile bitki verimlerinin iyileştirilmesi ve/veya sulama suyu kullanım etkinliğini arttırmak amacıyla çalışmalar yürütülmektedir (English 1990, Zhang ve ark. 1999, Wang ve ark. 2001, Fereres ve Soriano 2007).

Bitki su tüketimini etkileyen bölgenin iklimi ve bitkinin su alımını etkileyen toprak tipi, kısıntılı sulamanın bitki üzerindeki etkisinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, özel bir alanda sulama programlarına yönelik önerilerde bulunmadan önce, o yerin kısıntılı sulama programı stratejilerinin ve bitki üzerindeki etkilerinin, detaylı bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir. Üstelik bu tür değerlendirmeler, bitkisel üretimde kullanılan sulama suyu miktarının azaltılmasında, sulama yapan paydaşlara ve sulama programı hazırlayan planlayıcılara rehber olabilir (Igbadun ve ark. 2008). Bu nedenle, kıt su kaynaklarımızın en uygun kullanımını temel alan çalışmaların bölgeler ve bitkiler düzeyinde yapılması gerekmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü bölgede, yıllık yağışların az olduğu dönemlerde, kullanılan su kaynaklarının yetersizliği sorunu ile sık sık karşılaşılmaktadır. Bu durum, bölgede geniş bir alanda tarımı yapılan mısır bitkisi üzerine olumsuz etki yaratmaktadır. Sulama suyu kaynağının yetersiz olduğu koşullarda uygulanabilecek alternatif sulama yöntemi ve kısıntılı sulama programları konusundaki bilgilerin henüz istenilen düzeyde olmaması, bu konuda bilimsel temellere dayanan öneriler yapılmasını güçleştirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yarı nemli bir iklime sahip Bursa–Mustafakemalpaşa ovasında yetiştirilen mısır bitkisinin fenolojik gelişme dönemlerini dikkate alarak, damla sulama yöntemi altında kısıntılı sulama uygulamalarının, bitki kök bölgesindeki toprak nem içeriği, bitki gelişimi, verim ve verim bileşenleri, verim tepki etmeni ve su kullanım etkinliği üzerindeki etkilerini saptamak ve böylece suyun kıt olduğu koşullar altında etkin bir sulama suyu yönetimine yönelik alternatif sulama programları geliştirmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüze kadar mısır bitkisinin sulanması ile ilgili olarak gerek Türkiye'de gerekse dünya genelinde birçok çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmaların bir bölümünde, mısır bitkisinin farklı fenolojik gelişme, bir bölümünde ise bitkinin tüm gelişme dönemlerinde eş oranda sulama suyu kısıntıları oluşturulmuş ve su-verim ilişkileri incelenmiştir. Bu çalışmalarla, suyun kıt olduğu yerler için en uygun kısıntılı sulama programları oluşturulmuş ve ideal sulama suyu yönetimi geliştirilmiştir. Söz konusu çalışmaların büyük bir bölümünde, bitkiye uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde toprak nem içeriği izlenmiş, bazılarında ise kap buharlaşması yöntemi kullanılmıştır. Çalışmaların bir bölümü, mısır bitkisinin su tüketimini belirlemeye yönelik yapılmış ve kimi bitki su tüketimi tahmin yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Mısır bitkisiyle ilgili olarak, bitki büyüme modellerinin yöreye uygunluğu konusunda yapılan çalışmalar bulunsa da sayıları azdır. Diğer çalışmalarda ise sulama aralığı, sulama yöntemleri, sistem tertipleri, gübreleme, bitki yoğunluğu ve tüm bu unsurlardan bir kaçının ortak birleşimleri farklı biçimlerde veya kısıntılı olarak düzenlenmiş ve mısır bitkisi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bazı çalışmalardan elde edilen sonuçların özetleri, aşağıda üç ana başlık altında verilmiştir.

2.1. Kısıntılı Sulama

Eck (1984), Teksas'ın yarı kurak bir iklim kuşağında yürüttüğü bir çalışmada, ekimden 41 gün sonra uygulanan su kısıntısı altında yaprak, gövde ve koçan verimlerinde azalmalar olduğunu, ekimden 55 gün sonra kısıntı uygulandığında ise yalnızca gövde ve koçan verimlerinin azaldığını belirlemiştir. Vejetatif gelişme döneminde yapılan kısıntılı sulamanın tane sayısını azalttığını ancak tane ağırlığı üzerine çok az etkisi olduğunu saptamıştır. Tane doldurma dönemindeki su stresinin yaprak ve gövde verimlerini etkilemediği ancak koçan verimlerini azalttığını bulmuştur.

Braunworth ve Mack (1987), su eksikliğinin mısır verim ve kalitesine etkisini araştırmışlar, kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tüketilmeden yapılan sulama konularında verim değerlerinin birbirine yakın olduğunu belirlemişlerdir. Braunworth ve Mack (1989), iki yıllık yaptıkları denemede, bitki kök bölgesindeki kullanışlı suyun %50'si tüketildiği zaman sulama uygulamışlar ve bu suyun %85'inin uygulandığı konudan en yüksek mısır koçan verimini elde etmişlerdir. Susuz konudan elde edilen verimin ise en yüksek verime göre %66 daha az olduğunu bulmuşlardır. Tam sulama

yapılan konuya uygulanan sulama suyu miktarını ilk yıl 449 mm, ikinci yıl ise 518 mm olarak saptamışlardır.

Anaç ve UI (1992), Ege bölgesinde, mısırın kısıntılı sulama potansiyelini ve farklı gelişme düzeylerinde uygulanan su stresinin etkilerini araştırmışlardır. En yüksek verimi, eksik suyun tamamının verildiği konuda 649 kg/da, en düşük ise hiç su verilmeyen konuda 184 kg/da olarak elde etmişlerdir. Sulama suyu kısıntılarının verim üzerine etkilerini önemli bulmuşlardır. Mevsimlik bitki su tüketimi ile tane verimi arasında önemli bir doğrusal ilişki elde etmişler ve bunu $Y=14.6(ET)-1500$; ($r^2 = 0.75$) olarak ifade etmişlerdir.

Kırda (1992), Ege bölgesinde yetiştirilen mısır bitkisinin farklı bitki gelişme dönemlerinde uygulanan kısıntılı sulama programlarının verim üzerine etkilerini araştırmıştır. En yüksek verimi, tüm gelişme dönemlerinde tam olarak sulanan konudan 649 kg/da, en düşük ise sulanmayan konudan 184 kg/da olarak elde etmiştir. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimini 539.6 mm olarak tam sulanan konudan elde ederken, yalnızca vejetatif, çiçeklenme ve tane dönemlerinin herhangi birinde sulama yapılmaması durumunda da hemen hemen bu değere yakın bitki su tüketimi elde edildiğini bildirmiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi ile tane verimi arasında $Y=14.6(ET)-1500$; ($r^2=0.75$) doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte en yüksek WUE değerini (12.51 kg/ha/mm) vejetatif ve çiçeklenme döneminde sulama yapıp, tane döneminde sulama yapılmayan uygulamadan elde eden araştırmacı, en düşük k_y değerini 0.82 olarak yine bu uygulamadan elde etmiştir. Çiçeklenme dönemi boyunca su kısıntısı uygulanan deneme konularında ise bu değer daha yüksek bulunduğunu rapor etmiştir. Sonuç olarak, su stresine en duyarlı dönemin çiçeklenme olduğu, bunu sırasıyla vejetatif ve tane dönemlerinin izlediği belirtilmiştir.

NeSmith ve Ritchie (1992), mısır bitkisinin çiçeklenme dönemi öncesinde su kısıntısı uygulanması durumunda verim ve bitki gelişimindeki etkilerini araştırmışlardır. Su kısıntısı uygulamaları iki hibrit mısır çeşidi için bitki yaprak sayısı sekiz veya dokuz olunca başlatılmıştır. Kontrol parsellerine yetiştirme mevsimi boyunca, bitki kök bölgesindeki kullanışlı suyun %80'i veya daha fazlası sağlanacak biçimde devamlı sulama yapılmıştır. İki yıllık denemenin ilk yılında 21, ikinci yılında 18 gün hiç sulanmayan parsellerdeki bitkilerin yaprak oluşumu gecikmiş ve yaprak alan üretimi azalmıştır. Diğer taraftan yaprak boyları ve iki yaprak arasında kalan boğum uzunluğu gözle görülür biçimde azalmış, tepe püskülü ve koçan püskülü dönemleri gecikmiş, tane doldurma 2 ile 3 gün geç başlamış ve %15–25 arasında verim kayıpları

yaşanmıştır. Kısıntılı sulanan bitkilerin verimlerindeki azalma, iyi gelişmiş tanelerin sayısında da bir azalamaya neden olmuştur.

Ul (1992), Menemen ovası koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinde kısıntılı sulama uygulamasının verim üzerine etkisini araştırmıştır. Sulama sayısı ve ıslatma derinliğindeki artışa bağlı olarak uygulanan toplam sulama suyunda ve mevsimlik bitki su tüketiminde artış meydana gelmiş, mevsimlik bitki su tüketimi ile verim arasında oldukça yüksek bir ilişki bulunmuştur. Bu yönde yapılan regresyon analizinde su tüketimi ile verim arasındaki ilişki $Y=1.19X-12.3$ eşitliği ile tanımlanmış, korelasyon katsayısı ise $r = 0.984$ olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı, değişik ıslatma derinlikleri için belirlenen su kullanım randımanı değerlerine göre, su kaynağının kısıtlı olduğu ve buna bağlı olarak ancak 3 kez sulama yapılabildiği koşullarda ıslatılacak toprak katmanının derinliğinin 60 cm, sulamanın 5 kez yapılabildiği koşullarda ise 40 cm alınmasının birim sudan en fazla yararlanma yönünden optimum olduğu sonucuna varmıştır.

Yıldırım ve ark. (1995), kısıntılı sulamanın mısır tane verimi üzerindeki etkisini saptamak ve su-verim ilişkilerini elde etmek amacıyla, Ankara koşullarında yürüttükleri çalışmada, vejetatif gelişme, çiçeklenme, tane oluşumu ile olgunlaşma dönemlerinde ve bu dönemlerin değişik kombinasyonlarında sulama yapmayarak, bunun yanında, toplam büyüme mevsimi boyunca bitki sulama suyu ihtiyacının %0, %25, %50, %75 ve %100'ünü karşılayarak oluşturulan su kısıtlarını kapsayan 19 deneme konusu oluşturmuşlar ve kapalı karık sulama yöntemini uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, mısırın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğu, en duyarlı periyodun çiçeklenme periyodunda gerçekleştiği, bunu sırasıyla vejetatif gelişme, tane oluşumu ve olgunlaşma dönemlerinin izlediği, yüksek verim elde etmek için gerek toplam büyüme mevsimi boyunca, gerekse bireysel büyüme dönemlerinde ya da bunların kombinasyonlarında su kısıntısına gidilmemesi gerektiği bulunmuştur. Su-verim ilişkisi faktörü k_y , toplam büyüme mevsimi için 0.94, vejetatif gelişme (1), çiçeklenme (2), tane oluşumu (3) ve olgunlaşma (4) dönemleri için sırasıyla, 0.56, 0.77, 0.46 ve 0.38 olarak elde edilmiştir.

Yıldırım ve ark. (1996), Ankara koşullarında yürütülen bir denemede, toplam ve bireysel bitki gelişme dönemleri içerisinde sulamanın tam karşılanması ve kısıntılı uygulanmasının mısırın tane verimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. En yüksek tane verimini 1085 kg/da olarak toplam gelişme dönemi için suyun tam olarak karşılandığı konudan, en düşük (347 kg/da) ise çimlenme dönemi dışında sulama yapılmayan konudan elde etmişlerdir. Çalışmada, su kısıntısına en duyarlı dönemin çiçeklenme

olduğu, oransal verim azalmasının vejetatif, çiçeklenme, tane oluşum, vejetatif ve çiçeklenme, vejetatif ve tane oluşum, çiçeklenme ve tane oluşum ile toplam gelişme dönemlerinde sulama yapılmadığı zaman, sırasıyla %27.9, %25.2, %21.2, %57, %27.9, %50.8 ve %68 olduğunu saptamışlardır. Toplam büyüme mevsimi için $k_y=0.97$, çiçeklenme dönemi için $k_y=0.78$, vejetatif ve tane oluşum dönemleri için ise $k_y=0.47$ olarak bulunmuştur.

Gençoğlan ve Yazar (1997), farklı düzeylerdeki su kısıntısının Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinin kök dağılımına ve toprak profilinin farklı katmanlarından olan su kullanımına etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, kök yoğunluğunun, bitki sıra üzeri ve sıra arasında aynı katmanlarda eşdeğer olduğunu gözlemişlerdir. Kök yoğunluğunun, hemen bitkinin altındaki ilk katmanda en fazla ve derinlere inildikçe azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, kök ağırlık yüzdesi ile yüzde evapotranspirasyon, toprak profilinin ilk 0–40 cm'lik katmanında daha fazla, kök bölgesinde derinlere doğru inildikçe her ikisinin birbirine paralel olarak azaldığı, su kısıntısı azaldıkça anılan katmanda kök ağırlık yüzdesinin arttığı, bunun yanında su kısıntısının fazla olduğu konularda kök ağırlık yüzdesinin, bitki kök bölgesinin alt katmanlarında daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Stan ve Naescu (1997), Romanya'da yağmurlama sulama yöntemi altında 6 farklı hibrit mısır çeşidi üzerindeki su stresinin etkilerini araştırmışlardır. Bitkinin 80 cm'lik kök bölgesindeki kullanışlı suyun %50'si tüketildiğinde suyun tam olarak karşılandığı ve %40 kısıntı uygulanan iki konu ele alınmıştır. Bitki su tüketiminin kısıntılı sulama koşulları altında 259.4 mm (hibrit Danubiu) ve 389.2 mm (hibrit Robust) arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kısıntılı sulama uygulamaları altında tane verimlerinin 895 kg/da (Volga) ve 1325 kg/da (Robust) arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bitki su tüketimi ile tane verimi arasında iyi bir korelasyon ($r = 0.912$) bulmuşlardır. Danubiu çeşidinin en düşük verim azalma (%30.9) oranına sahip olduğunu ve yüksek düzeyde su kısıntısı koşullarında, en yüksek WUE değerini (28.0 kg/mm) yine bu çeşidin verdiğini belirlemişlerdir. Su stresine en dayanıklı çeşitlerin sırasıyla Danubiu ($k_y = 0.66$), Fundulea 365 ($k_y = 0.78$) ve Dacic ($k_y = 0.86$) olduğunu belirtmişlerdir.

Carcova ve ark. (1998), ılıman nemli bir iklim kuşağında yer alan Arjantin'de farklı bünyeye sahip topraklarda yetiştirilen üç adet mısır çeşidinin bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerini belirlemek amacıyla tarla denemesi yürütmüşlerdir. CWSI üzerinde toprak bünyesinin tek başına ve açık olarak bir etkiye sahip olmadığını ancak çeşitler arasında farklılıklar bulunduğunu belirlemişlerdir. CWSI ve mevcut toprak suyu

arasında, tüm çeşitler ve farklı çevre koşullarına göre bir ilişki bulmuşlardır ($r^2 = 0.52$, $n = 51$, $P < 0.001$). Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %60'ı tüketildiği zaman bitkinin su stresine duyarlı eşik noktasına geldiğine ilişkin bulgular elde etmişlerdir.

Değirmenci ve ark. (1998), Harran ovası koşullarında, 1995–1997 yılları arasında, II. ürün mısırın farklı gelişim dönemlerindeki su kısıntılarının verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada mısır bitkisinin mevsimlik verim tepki etmenini, $k_y = 1.178$, 1. dönem için $k_y = 0.415$, 2. dönem için $k_y = 2.344$ ve 3. dönem için ise $k_y = 2.067$ olarak hesaplamışlardır. İkinci ürün mısır yetiştiriciliğinde kısıntılı su uygulaması yapılmasının zorunlu olması durumunda, uygulama zamanı olarak bitki boyu 15–90 cm arasındaki dönem içerisinde yapılması, bitki boyu 90 cm'yi geçtikten sonra ve süt olumu dönemleri içerisinde kısıntılı sulama yapılmaması gerektiğini önermişlerdir.

Kang ve ark. (2000), Çin'in kuzeybatı kesimlerinde yarı nemli iklime sahip bir tarlada kontrollü kısıntılı sulama uygulamaları altında yetiştirilen mısırın su kullanım etkinliğini iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Buna göre 1996 ve 1997 yıllarında yürüttükleri denemelerde, fide dönemi (ekimden itibaren 23 ile 43. günler arası) ve gövde uzama dönemi (ekimden itibaren 46 ile 80. günler arası) olmak üzere iki farklı bitki gelişme dönemi ele alınmış ve bu dönemler için, 60 cm'lik üst toprak profilinde bulunan toprak nem içeriğine yüksek (tarla kapasitesinin %40–50'si), orta (%50–60) ve düşük düzeylerde su kısıntısı oluşturularak 9 adet deneme konusu oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, toplam bitki su tüketiminin 337–506 mm, tane verimlerinin 800–1325 kg/da, WUE değerlerinin 2.11–3.38 kg/m³ arasında değiştiğini saptamışlardır. Fide döneminde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının tane verimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmadığını, fakat fide döneminde kısıntıya maruz kalan bitkilerin gövde uzama dönemindeki su kısıntısına daha iyi uyum sağladığını, diğer taraftan, fide döneminde iyi sulanmış ancak gövde uzama döneminde su kısıntısı uygulanan parsellerin tane verimlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Buna göre, yarı nemli iklim bölgelerinde mısır üretimi için en uygun sulama yöntemini, fide döneminde sert, gövde uzama döneminde ise orta düzeyde bir su kısıntısının yapıldığı yöntem olarak önermişlerdir. Bu koşulda, her dönemde yeterli sulanan konulara yakın tane verimi elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Pandey ve ark. (2000a,b), yarı kurak bir iklimde yer alan Afrika kıtasında, Nijerya'da 5 farklı kısıntılı sulama ile 5 farklı azot dozu uygulamalarının mısır bitkisi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre, vejetatif gelişme döneminde iki sulama kısıntısı yapıldığı zaman, tane verimi deneme yılları için sırasıyla %11.1 ve %6.6 oranında azalmıştır. Vejetatif gelişme ve çiçeklenme

döneminin ilk zamanları boyunca sürekli su kısıntısı uygulanması durumunda verim azalma oranı ortalama %26.4'e çıkmıştır. Vejetatif ve çiçeklenme dönemleri boyunca 6 ya da 8 kısıntılı sulama uygulamasında ise tüm farklı azot dozlarında dahi tane verimi, %52'den fazla oranda düşmüştür. Azot dozlarının tane verimi üzerindeki etkileri, su kısıntısına göre farklı olmuş, su kısıntısı ve uygulanan azot dozu arttıkça tane verimleri daha fazla düşmüştür. Haftalık olarak sulamaların tam yapıldığı ve 160 kg N/ha dozu uygulanan konudan elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi, deneme yılları için 641 ve 668 mm olarak gerçekleşirken, su kısıntısının en fazla yapıldığı ve 80 kg N/ha dozu uygulanan deneme konusundan meydana gelen bitki su tüketimi ise 275 ve 281 mm olarak gerçekleşmiştir.

Lamm ve Trooien (2001), Kansas şartlarında 1997–2000 yıllarında mısır üretiminde toprak altı damla sulama yöntemi altında bitki sıklığı ve kısıntılı sulama uygulamalarının etkilerini inceledikleri araştırmada, Pioneer 3162 hibrid çeşidine, 6 farklı sulama miktarı (0, 2.54, 3.30, 4.31, 5.08 ve 6.35 mm/gün) ve 4 farklı bitki sıklığı (5851, 6617, 7382, 8712 bitki/da) uygulamışlardır. Araştırmada 6.35 mm/gün sulamanın yapıldığı uygulamada düşük sıklıktan yükseğe doğru sırasıyla 2055, 2150, 2150 ve 2389 kg/da tane verimi elde edilmiştir. Ayrıca 5.08 mm/gün sulamanın yapıldığı parsellerden elde edilen tane verimleri düşük sıklıktan yükseğe doğru sırasıyla 2006, 2170, 2270 ve 2320 kg/da olmuş, 4.31 mm/gün sulamanın yapıldığı parsellerden ise sıklık sıralamasına göre 2080, 2080, 2175 ve 2230 kg/da tane verimleri elde edilmiştir. Yine bu araştırmada 3.30 mm/gün sulamanın uygulandığı parsellerden elde edilen tane verimleri düşük sıklıktan yükseğe doğru sırasıyla 1935, 2030, 2040 ve 2050 kg/da olmuş ve 2.54 mm/gün su uygulanan parsellerden ise yine düşük sıklıktan yüksek sıklığa göre sırasıyla 1770, 1840, 1860 ve 1880 kg/da tane verimleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre bitki sıklığı ve sulama suyu miktarı arttıkça verim de artmıştır.

Stone ve ark. (2001a), şeker mısırı üzerindeki kısıntılı sulama uygulamalarının su kullanımı, radyasyon kullanım etkinliği, büyüme ve verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kısıntılı sulama uygulamalarının verim ve kuru madde verimi üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu saptanan araştırmada, su kısıntısıyla beraber özellikle koçan püskülü döneminden sonra radyasyon kullanım etkinliğinin azalmasıyla birlikte, kuru madde veriminin de azaldığı belirlenmiştir. Benzer olarak, su kısıntısıyla birlikte topraktan buharlaşan su miktarının artmasına rağmen, WUE ve transpirasyon etkinliklerinin de azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan su kısıntısının uygulama

zamanıyla verim bileşenlerinin değişmesine karşın su kısıntısına özellikle duyarlı bir dönemin bulunmadığını ileri sürmüşlerdir.

Stone ve ark. (2001b), yukarıda belirtilen çalışmanın ikinci ayağında, mısır bitkisinin gölgeleme (örtü) gelişimini incelemişler, su kısıntısının zamanı ve düzeyine bağlı olarak yaprak alanlarının azaldığını belirtmişlerdir. Çiçeklenme dönemi öncesinde yapılan su kısıntılarının yaprak büyüme oranlarını, buna bağlı olarak bireysel yaprak alanlarını ve sonuç olarak yaprak alan indeksi (LAI) değerlerini azalttığını saptamışlardır. Diğer taraftan, koçan püskülü oluşumundan sonra orta derecede su kısıntısı uygulamanın LAI değerlerini pek düşürmediğini, kısıntı oranı arttıkça LAI değerleri ve buna bağlı olarak gölgeleme yüzdesinin düştüğünü belirlemişlerdir.

Norwood ve Dumler (2002), Kansas'ta kısıntılı sulama ve kuru arazi koşullarında iki hibrit mısır çeşidi (H1 ve H2) üzerinde 3 yıllık (1998–2000) yürüttükleri denemede, kısıntılı sulama uygulamalarını, yalnızca tepe püskülü oluşumunda bir kez (150 mm sulama suyu) ve bitkinin 7 yapraklı olduğu vejetatif gelişme başlangıcı ile tepe püskülü döneminde olmak üzere 2 kez (300 mm sulama suyu) sulanması biçiminde oluşturmuşlar, kuru arazi koşullarında ise sadece yağışı dikkate almışlardır. Araştırmacılar aynı zamanda P1 ve P2 olarak simgelenen iki farklı bitki yoğunluğunu (1998: 40000–65000 bitki/ha, 1999: 45000–68000 bitki/ha, 2000: 48000–73000) ele almışlardır. Kuru arazi koşullarında tane verimi, 2000 yılında P2 bitki yoğunluğunda H2 çeşidinde 3.59 Mg/ha ile 1998 yılında P1-H2'de 8.65 Mg/ha arasında değişmiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarında ise 1999 yılında yalnızca 1 sulama ile H1 çeşidi için 7.09 Mg/ha ile 1998 yılında iki sulamayla P2–H2 uygulamasında 12.09 Mg/ha arasında değişmiştir. Her iki kısıntılı sulama uygulamasında da WUE değerlerini bitki yoğunluğu fazla olan deneme konularında daha yüksek elde etmişlerdir. Diğer taraftan bir sulama uygulamasındaki WUE değeri, iki sulama uygulamasından daha yüksek bulunmuştur.

Zamfir ve ark. (2003), Romanya'da 2000–2002 yıllarında yürüttükleri bir çalışmada, tam sulama (%100) ile tam sulama uygulanan konuya göre %25, %50 ve %75 kısıntılı sulanan mısır bitkisinin toprak–su–bitki–atmosfer ilişkilerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar, bitki kök bölgesindeki kullanışlı suyun %50'si tüketildiğinde sulama yapılan tanık konuya göre %50 ve %75 kısıntı uygulandığında sırasıyla 700 kg/da ve 1000 kg/da verim almanın olası olduğunu belirtmişlerdir.

Çakır (2004), Trakya Bölgesinde 1995 ve 1997 yılları arasında yürüttüğü denemede, mısır bitkisinin 4 farklı gelişme dönemini (vejetatif, tepe püskülü, koçan çıkarma ve süt olum) göz önüne alarak 16 farklı kısıntılı sulama suyu uygulaması ele almış ve karık sulama yöntemi altında bu uygulamaların vejetatif gelişme, tane verimi

ve diğ er verim parametrelerine olan etkisini araştırmıştır. Araştırmacı, tepe püskülu ve koç an çıkarma dönemlerinde sulama yapılmadığı durumlarda, tüm vejetatif ve verim parametrelerinin önemli ölçüde olumsuz etkilendiğini, vejetatif ve tepe püskülu çıkarma dönemlerinde su stresinin uygulanması halinde bitki boyu ve LAI değerlerinin azaldığını, vejetatif geliş me döneminde uygulanan kısıntıların toplam kuru madde verimini %28–32 azalttığını belirlemiştir. En yüksek tane verimini (1244 kg/da) tüm fenolojik geliş me dönemlerinde sulama kısıntısı uygulanmayan deneme konusundan elde ederken, tepe püskülu ve koç an çıkarma dönemlerinde sulama yapılmaması durumunda verimin %66–93 oranında azaldığını gözlemlemiştir. Kısıntı yapılmayan deneme konusuna 390–575 mm arasında sulama suyu uygulamış, k_y değerlerini ise deneme yılları için sırasıyla 1.22, 1.36 ve 0.81 olarak belirlemiştir.

Panda ve ark. (2004), subtropik iklim kuşağında yer alan Hindistan'da, kısıntılı sulama uygulamalarıyla mısır bitkisi için etkin bir sulama suyu yönetim stratejisi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Deneme üç yıllık olarak yapılmış ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin %10, %30, %45, %60 ve %75'i biçiminde beş farklı sulama konusu ele alınmıştır. Aynı zamanda araştırma bölgesi için CERES-Maize bitki geliş im modeli test edilmiştir. Araştırmada, bitkilerin topraktaki suyun büyük bir çoğunluğunu ilk 45 cm'lik bölümünden aldığını, bu nedenle subtropik bölgelerde kumlu tınlı topraklarda yetiştirilen bitkilerde mısırın sulama programlarında 0-45 cm'lik toprak profilinin göz önüne alınmasını önermişlerdir. Daha yüksek su kullanım etkinliği ve net geri dönüşler için, kritik olmayan bitki geliş me dönemlerinde dahi, kullanılabilir su tutma kapasitesine %45'den daha fazla kısıntı uygulanmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Payero ve ark. (2006a), Nebraska koşullarında, kısıntılı sulama uygulamalarının mısır verimine etkilerini belirlemek amacıyla, 2003 yılında 8, 2004 yılında ise 9 farklı konu ele almışlardır. Buna göre, farklı sulama programlarının FAO-56'daki yöntemlere göre hesaplanan gerç ek mevsimlik bitki su tüketimlerinin, su kısıntısı uygulanmayan konuyla karşılaştırıldığında, 2003 yılında %37–79 ve 2009 yılında ise %63–91 azaldığını belirlemişlerdir. Her iki deneme yılında da uygulanan sulama suyu ile verim arasında doğrusal ilişkiler olduğunu, ancak yıldan yıla farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Bitkiden terlemeyi, kök bölgesinden buharlaşmayı ve her ikisini (evapotranspirasyon) ayrı ayrı hesaplamışlar ve tane verimi ile olan ilişkilerinde en yüksek korelasyonu bitki su tüketiminden elde etmişler ve buna göre regresyon eşitliğini " $Y = 0.028ET_d - 5.04$; $R^2 = 0.95$ " olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar, son olarak bitki verimliliğinin artırılması için su kısıntısına gidilmemesini önermişlerdir.

Gökçel (2008), Çukurova koşullarında yarı ıslatmalı (PRD) ve kısıntılı sulama programlarının II. ürün mısır verimi ve su kullanma randımanı üzerine etkilerini araştırmıştır. Denemede A sınıfı buharlaşma kabından 7 günlük sulama aralığındaki yığılımlı buharlaşma miktarları, tam su %100 (TS-100), kısıntılı su %50 (KS-50), yarı ıslatmalı %100 (PRD-100), %75 (PRD-75), %50 (PRD-50) olarak damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Tam su ve kısıntılı sulama konularına 7 günlük sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarı sırasıyla %100 ve %50 olarak uygulanmıştır. Yarı ıslatmalı konularda ise laterallerin dönüşümlü olarak çalıştırılmasıyla 7 günlük sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarının %100'ü, %75'i ve %50'si uygulanarak yürütülmüştür. Tam su alan konulara 644 mm, kısıntılı su ve PRD-100 konularına 396, PRD-75 konularına 333 mm ve PRD-50 konularına 271 mm su uygulanmıştır. En fazla verim TS-100 konusundan 1040.3 kg/da olarak elde edilirken KS-50 ve PRD-100 konularında elde edilen verimler 772.3 kg/da ve 774.3 kg/da olarak benzerlik göstermiş ve konular arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tane verimi (Y) ile sulama suyu (I) arasında $Y = -0.0006I^2 + 1.6213I + 296.99$ ($R^2 = 0.91^{**}$) şeklinde ikinci dereceden bir ilişki elde edilmiştir. Tane verimi (Y) ile su tüketimi (ET) arasında $Y = -0.0027 ET^2 + 4.2591 ET - 585.65$ ($R^2 = 0.88^{**}$) şeklinde ikinci dereceden bir ilişki belirlenmiştir. En yüksek WUE PRD-75 konusunda 1.77 kg/m^3 elde edilirken, en düşük WUE TS-100 konusunda 1.54 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır.

Kara ve Biber (2008), Samsun koşullarında 2005 yılında yürüttükleri bir çalışmada, sulama sıklığının mısır verimine etkisini araştırmışlardır. Damla sulama yöntemi altında yürütülen deneme konuları, A: Sulama yapılmaması, B: Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde sulama, C: Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30'u tüketildiğinde sulama ve D: Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %15'i tüketildiğinde sulama yapılması biçiminde tasarlanmıştır. Deneme konularına uygulanan ortalama su miktarları 257.14 ile 285.71 mm arasında değişirken, sulama aralıklarının bitki verimlerini önemli ölçüde etkilediği, ortalama tane verimlerinin 798 ile 2916 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır. D konusundan elde edilen tane veriminin (2916 kg/da), diğer deneme konularından elde edilen tane verimlerinden (B: 2159 kg/da; C: 1915 kg/da; A: 798 kg/da) daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Farre ve Faci (2009), İspanya'nın kuzeydoğusunda killi bünyeye sahip topraklarda yüzey sulama altında kısıntılı sulamanın mısır bitkisi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla iki yıllık deneme yürütmüşlerdir. Bitkinin üç gelişme döneminin (vejetatif gelişme, çiçeklenme ve tane doldurma) dikkate alındığı denemede, bu üç

dönemde tam sulama ya da kısıntılı sulamanın tüm birleşimleri deneme konularını oluşturmuştur. Ayrıca, sulamalar arasındaki aralıklar artırılarak sulama kısıntısı oluşturulmuştur. Toprak nem içeriği, bitki gelişimi, toprak üstü kuru madde verimi ve verim bileşenleri ölçülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, su kısıntısına en duyarlı dönemin çiçeklenme olduğu, bu dönemde yapılan sulama kısıntısında biomas verimi, tane verimi ve hasat indeksi düşmüştür. Çiçeklenme döneminde kısıntı yapılan uygulamaların ortalama tane verimi (691 g/m^2), iyi sulanan konulardan elde edilen tane veriminden (1069 g/m^2) daha düşük bulunmuştur. Tane doldurma döneminde kısıntılı sulama yapılması ya da sulama aralığının artırılması, bitki gelişimini ve verimi önemli ölçüde etkilememiştir. Çiçeklenme döneminden önce ve sonra tam olarak sulamaların yapıldığı konulardan elde edilen IWUE değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Gheysari ve ark. (2009), silajlık mısır üzerinde üç farklı azot dozunun (0, 150 ve 200 kg/ha) ve ikisi kısıntılı (0.70 toprak su derinliği (SWD) ve 0.85 SWD), tam sulama (1.00 SWD) ve fazla sulama (1.13 SWD) olmak üzere toplam 4 sulama uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Hem 2003 hem de 2004 deneme yıllarında, azot ve sulama dozlarının kuru madde verimi üzerindeki etkileri arasında farklılık bulunmuş, ancak azot ve su interaksyonları arasında fark bulunamamıştır. Su ve azot dozları arttıkça kuru madde verimi de artmıştır. Araştırmacılar, su dozunun artması halinde gübre dozunun da artırılmasının uygun, biri artarken diğeri azaltılmasının ise uygun olmadığını belirtmişlerdir. Araştırma alanı için en uygun sulama konusunun 0.85 SWD olduğunu, yüksek dozda azotun ise kuru madde verimini azalttığını saptamışlardır.

Kızıloğlu ve ark. (2009), yarı kurak bir iklim bölgesinde yer alan Erzurum koşullarında, silajlık mısır bitkisi için, mevsimlik kısıntılı sulama uygulamalarının yeşil ot verimi, bitki boyu ve su kullanım etkinliği değerlerini belirlemek, ayrıca tam sulama uygulamaları altında silajlık mısırın k_c ve k_p katsayısını (k_p) tespit etmek amacıyla iki yıllık çalışma yürütmüşlerdir. Tam sulama yapılan konu için sulama uygulamalarına, etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su içeriğinin yaklaşık olarak %50'si tüketildiği zaman başlamışlardır. Kısıntılı sulama uygulanan konulara, tam sulama yapılan konuya uygulanan suyun %80, %60, %40, %20 ve %0'ı kadar su uygulamışlar ve yağmurlama sulama yöntemini kullanmışlardır. Su kısıntısı arttıkça orantılı olarak koçan, yaprak, gövde ve yeşil ot verimlerinin azaldığını belirlemişler, bitki su tüketimi ile toplam yeşil ot verimi arasında doğrusal bir ilişki elde etmişlerdir. Benzer olarak WUE değerini, en yüksek tam sulama yapılan konudan, en düşük ise sürekli su stresi altında tutulan konudan hesaplamışlardır. İki yıllık ortalama verilerden, k_p ve k_c değerlerini sırasıyla 0.84 ve 1.01 olarak saptamışlardır.

Payero ve ark. (2009), yarı kurak bir iklime sahip Amerika'nın Nebraska eyaletinde mısır bitkisi üzerinde, damla sulama yöntemi altında kısıntılı sulama uygulamalarının, bitki su tüketimi (ET_c), WUE, IWUE ve kuru madde verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla 2005 ve 2006 yıllarında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında her yıl için 8 olmak üzere toplam 16 adet farklı su kısıntısı ve uygulama zamanı konularını ele almışlardır. Uygulamalar arasında ET_c %7.2 ile %18.8, verim %17 ile %33, WUE %12 ile %22 ve IWUE yönüyle %18 ile %33 arasında farklılık bulmuşlardır. ET_c ile beraber verim ve WUE değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Verim tepki etmeni (k_v) değeri her iki mevsim için ortalama olarak 1.50'nin üzerinde hesaplanmıştır. Sulama zamanlamasının kuru madde verimi, tane verimi ve koçan ağırlığı üzerinde etkili olduğu, ayrıca hasat indeksi ile ET_c arasında doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Bitkinin çiçeklenme döneminde, temmuz ayında en yüksek bitki katsayısı tespit edilmiş, bu dönemden sonra Ağustos ve Eylül aylarında düşüş göstermiştir. Araştırmacılar, 150 mm'lik su dağıtımının söz konusu aylar için iyi bir uygulama olduğunu belirtmişlerdir.

Mansouri-Far ve ark. (2010), İran'da yürüttükleri bir çalışmada, mısır bitkisinin vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde uygulanan kısıntılı sulama ve iki farklı azot uygulamalarının (100 ve 200 kg/ha) iki farklı çeşit üzerindeki fizyolojik ve agronomik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, herhangi bir dönemde veya her ikisinde de sulama yapılmadığında tanelerdeki aminoasit içeriğinin arttığını, oransal su içeriği, yeşil yaprak alanı, 1000 tane ağırlığı ve tane veriminin azaldığını belirlemişlerdir. En yüksek IWUE değerini, vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayan konudan elde etmişlerdir. Tam sulama yapılan konuyla karşılaştırıldığında, çiçeklenme döneminde sulama yapılmayan konudaki verim azalma oranının, vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayan konuya göre daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Vejetatif gelişme döneminde yalnızca bir kez sulama yapılmadığı durumda, uygulanan azot dozunun arttırılmasıyla verim ve IWUE değerlerinin arttığı, ancak çiçeklenme döneminde yalnızca bir kez ve hem vejetatif hem de çiçeklenme dönemlerinde sulama yapılmadığında ise yüksek azot dozunun mısır verimi üzerindeki etkinliğinin azaldığını ileri sürmüşlerdir.

2.2. Su-Verim İlişkileri

Musick ve Dusek (1980), Bushland Texas'da mısır bitkisi su-verim ilişkilerini, kısıtlı suyun verime etkilerini ve kısıtlı sulama suyu koşullarındaki üretim potansiyelini

araştırmışlar, yüksek verim elde etmek için mevsimlik bitki su tüketimini 667–789 mm, sulama suyu ihtiyacını 160–400 mm ve tane verimini 952–1085 kg/da olarak bulmuşlardır.

Wright ve ark. (1984), tınlı-kum bünyeye sahip toprakta mısır üzerinde yaptıkları dört yıllık deneme sonucunda bitki su ihtiyacını tam olarak karşılayacak şekilde sulama yapılması ile 10866 kg/ha'lık ortalama verim elde etmişlerdir.

Szaloki ve Nemeth (1985), lizimetre denemesinde 0, 60, 130 ve 187 mm sulama suyu uyguladıkları konulardan sırasıyla 4.3, 6.3, 8.2 ve 9.0 t/ha verim elde etmişlerdir. Araştırmacılar, toprak tipi ve taban suyu düzeylerinin verim üzerinde büyük ölçüde öneme sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Stegman (1986), yarı nemli iklim bölgesindeki farklı toprak bünyesine sahip olan iki ayrı alanda mısır bitkisinin su–verim ilişkilerini araştırmış ve mevsimlik sulama suyundan kaba bünyeli toprakta % 23, orta bünyeli toprakta ise % 30 düzeyinde bir kısıntı yapılması halinde maksimum verimde % 5 civarında bir verim azalması olduğunu saptamıştır.

Anaç ve ark. (1992), Ege bölgesinde 1988 ve 1989 yıllarında yürüttükleri bir çalışmada, mısır verimi üzerinde su kısıntıları ile su–verim fonksiyonlarını incelemişlerdir. En yüksek su kullanım etkinliğini (WUE), vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde iki kez sulama uygulaması yapıldığında elde etmişlerdir. Ayrıca, k_y ve bitki duyarlılık faktörü değerlerini en düşük bu uygulamada elde etmişlerdir.

Öğretir (1993), Eskişehir koşullarında mısırın dört farklı gelişme dönemini dikkate alarak mısırın su verim ilişkilerini araştırmıştır. Araştırmacı, verim tepki etmenini, vejetatif gelişme dönemi için $k_y = 0.395$, tepe püskülü dönemi için $k_y = 0.931$, koçan oluşum dönemi için $k_y = 0.911$ ve süt olum dönemi için $k_y = 0.390$ olarak tespit etmiştir. En yüksek tane verimini, su eksikliği olmayan ve tüm gelişme dönemlerinde sulanan konudan 1082 kg/da olarak elde etmiş ve bu konuya uygulanan sulama suyu miktarını ve mevsimlik bitki su tüketimini sırasıyla 440 mm ve 659 mm olarak belirlemiştir. Ayrıca, tepe püskülü ve koçan oluşum dönemlerinde yapılan su kısıntılarının 100 tane ağırlığının azalmasına yol açtığını saptamıştır.

Köksal (1995), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın değişik gelişme dönemlerinde yağmurlama sulama yöntemiyle farklı sulama katsayılarını uygulayarak yaptığı çalışmasında, mevsimlik k_y değerini 0.85 olarak belirlerken, en yüksek bireysel k_y değerinin 1.03 ile tepe püskülü döneminde olduğunu saptamıştır.

Yüksel ve ark. (1997), Tekirdağ koşullarında yetiştirilen mısırın su verim ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla 1994–1995 yıllarında yürüttükleri denemede,

göllendirmeli karık sulama yöntemini uygulamışlar ve üç değişik gelişme dönemini içeren sekiz konuyu ele almışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, mısırın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğu, en duyarlı döneminin tepe püskülü çıkarma olduğu, bunu sırasıyla koçan püskülü çıkarma ve vejetatif gelişme dönemlerinin izlediğini saptamışlardır. Ayrıca, yüksek verim elde etmek için su kısıntısına gidilmemesi gerektiğini, ancak zorunlu koşullarda vejetatif gelişme döneminde su verilmemesi biçiminde bir su tasarrufu yapılabileceğini belirlemişlerdir. Mevsimlik su tüketimi ile tane verimi arasında 0.01 düzeyinde önemli $Y=1.3786 ET-157.4685$ eşitliğiyle tanımlanan doğrusal bir ilişki elde etmişler ve toplam büyüme mevsimi için k_y değerini 0.76 olarak bulmuşlardır.

Howell ve ark. (1998), Bushland/Tektaş sulu şartlarında farklı olgunlaşma grubundan hibrit mısır çeşitlerinin bitki su tüketimi, verim ve su kullanım etkinliği üzerine yaptıkları araştırmada; kısa sezon (SS, Pioneer 3737) ve tam sezon (FS, Pioneer 3245) hibrid mısır çeşitlerine tam sulama uygulayarak bitki su tüketimi, bitki gelişimi, verim ve WUE değerlerini belirlemişlerdir. Kısa sezon mısıra 465 mm ve tam sezon mısıra 577 mm sulama suyu verilmiştir. Mevsimsel bitki su tüketimi kısa sezon hibritte 673 mm, tam sezon hibritte 802 mm olmuştur. Kısa sezon mısır çeşidi, tam sezon mısır çeşidine göre 12 gün daha erken fizyolojik olgunluğa ulaşmıştır. Tane verimi tam sezon hibrit mısırdaki 1322 kg/da olurken, kısa sezon hibrit mısırdaki 1130 kg/da bulunmuştur. WUE, kısa sezon hibritte ve tam sezon hibritte birbirine yakın saptanmıştır (kısa sezon = 1.68 kg /m³, tam sezon = 1.65 kg/m³).

Yıldırım ve Kodal (1998), Ankara koşullarında mısır bitkisinin farklı sulama suyu miktarındaki verimini belirlemek amacıyla 9 konulu 4 tekrarlı bir deneme yürütmüşlerdir. Kontrol parsellerine, bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek biçimde sulama suyu uygulanırken, diğer parsellere ise kontrol parseline uygulanan suyun %0, %25, %50, %75, %125, %150, %175 ve %200'ü kadar sulama suyu uygulanmıştır. Üç yıllık deneme sonuçlarına göre, deneme konularına 79.3 mm ile 1673 mm arasında sulama suyu uygulanırken, mevsimlik bitki su tüketimi 300.6 mm ile 1023.8 mm, buna karşılık tane verimleri 290 ile 1089 kg/da arasında değişmiştir. Aşırı miktarda su uygulamasının verimi önemli ölçüde artırmadığı belirlenen araştırmada, mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) 0.96 olarak bulunmuştur.

Ayars ve ark. (1999), Su Yönetimi Araştırma Laboratuvarında, 15 yıl içerisinde, bilim insanları tarafından yapılan, sıra bitkileri için yüzey altı damla sulama ile ilgili çalışmaları değerlendirmişlerdir. Mısırdaki birim alan başına düşen koçan sayısının,

yüzeysel altı damla sulama yöntemlerinde, düşük sıklıklarla uygulanan yüzeysel damla sulama yöntemlerine göre %6 daha fazla olduğunu, yüksek sıklıklarla yapılan yüzeysel sulama yöntemleriyle ise istatistiksel yönden fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, Kaliforniya bölgesinde, gerek yüzeysel ve damla gerekse yüzeysel altı damla sulama uygulamalarının, diğer yöntemlerle sulanan mısırdaki, verim ortalamaları yönüyle %65 daha yüksek sonuçlar verdiğini ileri sürmüşlerdir.

Gençoğlan ve Yazar (1999), Çukurova koşullarında, toplam büyüme mevsimi boyunca farklı düzeylerdeki su kısıntılarının mısır tane verimi, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve WUE üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, her 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinde tüketilen suyun %100, %80, %60, %40, %20 ve %0'ına uygulanması biçiminde deneme konuları oluşturmuşlardır. Araştırmada, toprak profilindeki eksik nemin tamamının karşılandığı konuya denemenin birinci yılında 6, ikinci yılında 7 kez olmak üzere, sırasıyla toplam 752 mm ve 823 mm su uygulanmış, buna karşılık bitki su tüketimi birinci yıl 999 mm, ikinci yıl ise 1052 mm olarak hesaplanmıştır. Bu deneme konusundan alınan tane verimi deneme yılları için sırasıyla 1001.5 kg/da ile 1003.5 kg/da elde edilmiş olup, eksik suya %20 kısıntı uygulandığında alınan verim istatistiksel olarak anılan konudan farklı bulunmamış, diğer kısıntılarda ise verimin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Tane verimi ile sulama suyu ve su tüketimi arasında sırasıyla ikinci dereceden eğrisel ve doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Deneme konularına göre IWUE değerlerinin 1.0–2.43 kg/m³, WUE değerlerinin ise 0.22–1.25 kg/m³ arasında değiştiğini saptamışlardır.

Zand–Parsa ve Sepaskhah (2001), mısır bitkisi için en uygun su ve azot miktarlarını, bitki verimi ve kar maksimizasyonu analizleriyle belirlemişlerdir. Bitki üretimi ve maliyet fonksiyonları üzerine temel oluşturan bu analizlerde, maksimum verim, sınırlı arazi büyüklüğü durumlarında maksimum kar ve sınırlı su durumları altında maksimum kar koşulları olmak üzere toplam 3 koşul için uygulanması gerekli su ve azot miktarlarını belirleyen eşitlikler geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, azot fiyatlarının düşük olduğu durumlarda, en uygun azot miktarını her 3 koşul için de benzer bulmuşlardır. Eğer azot ve su fiyatları artarsa, o zaman uygulanması gereken azot ve su miktarlarının (toprak derinliği olarak), bu koşullar için sırasıyla 212, 67 ve 61 kg/ha ile 1.00, 0.93 ve 0.84 m olduğunu saptamışlardır. Su sınırlı olduğu zaman, optimum uygulanan su miktarının su fiyatının değişimiyle farklılık oluşturmayacağını, bununla birlikte azot fiyatı arttığı zaman çok küçük miktar da olsa artacağını ileri sürmüşlerdir.

Istanbulluoglu ve ark. (2002) tarafından Tekirdağ koşullarında yapılan bir araştırmada, mısır bitkisinin değişik gelişme dönemleri (vejetatif, tepe püskülü ve koçan

oluşumu) göz önüne alınarak sulama zamanı, mevsimlik bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği ve verim tepki etmeni belirlenmiştir. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi, vejetatif, çiçeklenme ve tane dönemlerinde sulamaların tam olarak yapıldığı konudan 586 mm olarak hesaplanmış ve aynı uygulamadan en yüksek tane verimi 992 kg/da olarak alınmıştır. Tepe püskülü döneminin, nem stresine en duyarlı dönem olduğu vurgulanmış ve mevsimlik $k_y=0.76$ olarak saptanmıştır. Suyun kısıntılı olduğu koşullarda, sulamaların tepe püskülü ve koçan oluşum dönemlerinde yapılmasını önermişler, bu koşulda %26.3 sulama suyu tasarrufuyla yalnızca %2.7 oranında bir verim azalmasının olacağını belirtmişlerdir.

Kipkorir ve ark. (2002), yarı kurak bir iklimde yer alan Kenya/Perkerra'da, killi tınlı bünyeli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin, karık sulama yöntemi altında sulanması koşullarında k_y değerini 1.21 olarak belirlemişler ve derine sızma olduğu zamanlarda, bitki toprağa uygulanan suyun tamamını kullanamadığı için su üretim fonksiyonunun eğrisel bir yapı gösterdiğini ispatlamışlardır. Araştırmacılar, mısır bitkisi için su verim ilişkisini $Y = -0.06x^3 + 0.734x^2 + 63.785x$; $R^2=0.89$ olarak üçüncü dereceden bir fonksiyonla tanımlamışlardır. Gün aralıkları 7, 14, 21 ve 28 alınarak yapılan sulama uygulamalarının ele alındığı deneme konularına sırasıyla, 881, 468, 319 ve 278 mm toplam sulama suyu uygulanmıştır. En yüksek verim 7 gün sulama aralığında, toplamda 13 kez sulama yapılan ve her sulamada ortalama 68 mm sulama suyu uygulanan deneme konusundan 7.3 t/ha olarak elde edilmiştir.

Ogola ve ark. (2002), İngiltere'de iki yıllık yürüttükleri bir denemede, doğal yağış ve sulanan koşullar altında yetiştirilen mısır bitkisine 0 ve 100 kg/ha azot uygulaması yaparak verim unsurlarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, 100 kg/ha azot dozu uygulaması, toprak üstü kuru madde verimini %25–42 oranında artırırken, tane verimlerini %43–68 oranında artırmıştır. Diğer taraftan yağışın yetersiz kaldığı durumlarda sulama yapılması ile kuru madde verimi %21–46 tane verimi ise çimlenme döneminde sulama yapılmayan konuya göre %59 oranında artmıştır. 100 kg/ha azot uygulaması altında WUE değerlerinde %18–33 oranında bir artış sağlanmış, sulanan konudan elde edilen WUE değeri, doğal yağışlardan elde edilen WUE değerine göre daha yüksek olmuştur.

Viswanatha ve ark. (2002), Hindistan'ın Karnataka Eyaletine bağlı Bangalore ilinde yaptıkları bir denemede, tek sıra ve çift sıra olarak düzenlenmiş ekim deseninde, 4 farklı damla sulama uygulamasının su verim ilişkilerini incelemiştir. Tek sıra ekim ve damla sulama yöntemi altında ve A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %80'inin uygulandığı (0.8 Epan) konudan elde edilen koçan verimi (20.07 t/ha) ve kuru ot verimi

(24.87 t/ha), damla sulama yöntemi altında 0.6 Epan uygulaması veya karık sulama yöntemi altında 0.8 Epan uygulamasından elde edilen koçan ve kuru ot verimlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan, tek sıra ekimde ve damla sulama yöntemi altında 0.4 Epan uygulamasında, 330.46 mm su gereksinimiyle, taze koçan ve kuru ot verimine bağlı WUE değerleri (48.21 ve 61.22 kg/ha/mm) diğer konulara göre daha yüksek hesaplanmıştır. Su kullanımı arttıkça WUE değerlerinin azaldığı belirlenen çalışmada, 0.8 Epan damla sulama uygulamasında ekimden 20, 50 ve 60 gün sonra ve sulama öncesinde, yaprak su potansiyeli değerleri (-4, -7, -8 bar) daha yüksek saptanmıştır.

Yazar ve ark. (2002), Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesinde 2000 yılı üretim mevsimi içerisinde yaptıkları bir denemede, iki sulama aralığı (3 ve 6 gün) ve A sınıfı kaptan buharlaşan suyun tamamı, %67'si ve %33'ü olmak üzere üç farklı sulama konusunun mısır bitkisindeki su verim ilişkilerini incelemişlerdir. Her iki sulama aralığı için de tam sulanan konuya toplam 581 mm su uygulanmıştır. Mevsimlik bitki su tüketiminin 358 ile 562 mm arasında değiştiğini, en yüksek tane veriminin 6 gün aralıklarla tam olarak sulanan konudan 1192 kg/da olarak alındığını belirtmişlerdir. Üç ve altı gün sulama aralıkları için kısıntılı sulama uygulamalarına göre tane verimlerinin sırasıyla 794 ile 1133 kg/da ve 725 ile 1192 kg/da arasında değiştiğini, en yüksek IWUE ve WUE değerlerinin 6 gün aralıklarla A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %33'ünün uygulandığı deneme konusundan sırasıyla 2.53 ve 2.27 kg/m³ olarak elde edildiğini saptamışlardır.

Karam ve ark. (2003), Lübnan'da 1998 ve 1999 yıllarında yürüttükleri çalışmada, damla sulama yöntemi altında tam ve kısıntılı sulama uygulamalarının mısırın bitki su tüketimi, verim ve su kullanım etkinliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sulama uygulamalarını, lizimetreden ölçülen bitki su tüketiminin tamamı (I-100) ve %60 kısıntılı (I-60) olarak oluşturmuşlardır. Ekimden hasada kadar olan deneme yılları için sırasıyla 128 ve 120 günlük dönemler için mevsimlik bitki su tüketimini 952 ve 920 mm olarak ölçmüşler, LAI ve kuru madde içeriğinin I-60 kısıntılı konusunda azaldığını belirlemişlerdir. I-100 konusundan elde edilen LAI değeri 1998 yılında 7, 1999 yılında ise 6 olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte I-60 konusundan ölçülen LAI değerlerinin her iki yılda da %25'ten daha fazla azaldığını tespit etmişlerdir. Kuru ağırlığa göre ölçülmüş tane verimlerinin 1998 yılında lizimetre üzerinden 1520g/m² elde ederken, tam sulanan konuda 1450 g/m², kısıntılı sulanan konuda ise 1080 g/m²'ye azaldığını belirlemişlerdir. Denemenin ikinci yılında ise lizimetre üzerinden 1340 g/m², I-100 konusundan 1280 g/m² ve I-60 konusundan ise 1040 g/m²

verim elde etmişlerdir. Toprak üstü kuru madde verimi ise su kısıntısıyla azalmıştır. Lizimetreye karşılaştırıldığında deneme yılları için sırasıyla I-100 konusunda $130-100 \text{ g/m}^2$, I-60 konusunda ise $800-400 \text{ g/m}^2$ toprak üstü kuru madde verimi azalması gerçekleşmiştir. Tane verimine ilişkin su kullanım etkinliği (WUE_g), lizimetre üzerinde yetiştirilen bitkilerden $1.52-1.34 \text{ kg/m}^3$, I-100 konusundan $1.68-1.54 \text{ kg/m}^3$ ve I-60 konusundan ve en yüksek ise I-60 konusundan $1.88-1.87 \text{ kg/m}^3$ olarak saptanmıştır. Toprak üstü kuru madde verimine ilişkin su kullanım etkinliği (WUE_b) I-100 konusunda 3.16 ve 2.46 kg/m^3 , I-60 konusunda 3.23 ve 2.97 kg/m^3 , lizimetreden ise 3.00 ve 2.34 kg/m^3 olarak belirlenmiştir.

Öktem ve ark. (2003), Şanlıurfa koşullarında şeker mısırı üzerinde damla sulama yöntemi altında uygulanan su kısıntılarının su verim ilişkilerini incelemişlerdir. A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun %100, %90, %80 ve %70'inin uygulandığı çalışmada, 2, 4, 6 ve 8 gün aralıklarla yapılan sulamaların verim üzerine etkileri araştırılmıştır. Uygulanan sulama suyu, 1998 yılında $610-876 \text{ mm}$ arasında değişirken, 1999 yılında ise $612-889 \text{ mm}$ arasında değişmiştir. Araştırmacılar en yüksek WUE değerlerini deneme yılları için sırasıyla 1.38 kg/m^3 ve 1.24 kg/m^3 olarak 4 günlük sulama aralığında, en yüksek $IWUE$ değerlerini ise 1998 yılında 4 günlük sulama aralığında 1.66 kg/m^3 , 1999 yılında ise 6 günlük sulama aralığında 1.59 kg/m^3 olarak bulmuşlardır. Deneme yılları için k_y değerlerini sırasıyla $0.76-1.22$ ve $0.96-1.29$ arasında değiştiği vurgulanmış, en yüksek koçan ağırlığının $13.66-13.19 \text{ t/ha}$ ile 2 günlük sulama aralığından, en düşük koçan ağırlığının ise $8.55-7.29 \text{ t/ha}$ ile 8 günlük sulama aralığından alındığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlara göre, yöre için en uygun damla sulama uygulamasının, 2 gün aralıklarla kaptan buharlaşan suyun %100'ünün uygulandığı konu olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Humphreys ve ark. (2005), Coleambally/Avustralya'da mısır bitkisinde yağmurlama, karık ve damla sulama yöntemlerinin etkinliğini araştırmışlardır. Denemede Pioneer 3153 hibrid mısır çeşidi kullanılmış, her üç sulama yönteminde de topraktaki yarayırlı suyun %40'ı tüketildiğinde sulamaya başlanmıştır. Damla sulama lateralleri mısır sıralarının merkezine ve 20 cm toprak altına yerleştirilmiştir. Yağmurlama sulama uygulamasında toplam 620 mm , karık sulama uygulamasında 600 mm ve damla sulama uygulamasında ise 510 mm su uygulanmış, damla sulamada yağmurlama ve karık sulama yöntemlerine göre sırasıyla %21.5 ve %17.6 daha az su uygulanmıştır. Tane verimi (% 12 nemde) damla sulamada 1150 kg/da , yağmurlama sulamada 1030 kg/da , karık sulamada ise 990 kg/da olarak elde edilmiş, damla

sulamada yağmurlama sulama ve karık sulamaya göre verim artışı sırasıyla; % 4.3 ve 13.9 olmuştur.

Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005), sabit debili açık, değişken debili açık ve kapalı karıklar yöntemleri ile sığ ve derin taban suyuna sahip alanlarda farklı sulama aralıkları altında sulanan mısır bitkisinin verim ve su kullanım etkinliğini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, 4 günlük sulama aralığında dahi hem sığ hem de derin taban suyunun olduğu topraklarda, açık karıklar yöntemiyle, mısır bitkisinin gereksinim duyduğu suyun karşılanamadığı ve su kısıntısıyla beraber tane verimlerinin azaldığı saptanmıştır. Taban suyu derinliğinin sığ olduğu (1.31–1.67 m arası) Kooshkak ilinde, açık karık yöntemiyle 4 ve 7 gün aralıklarla yapılan sulamalardan elde edilen verimlerin, kapalı karık yöntemiyle sulandığında aynı verimlerin sırasıyla 7 ile 10 gün aralıklarla yapılan sulamalardan karşılanabileceği bulunmuş, bu durumun yer altı suyundan bitkilerin %5–10 civarında yararlanmış olabileceği tezine dayandırılmıştır. Diğer taraftan Badjgah alanında derin su tablasının olduğu koşullarda açık karık yöntemiyle 7 gün aralıklarla yapılan sulamalardan elde edilen verimin kapalı karıklarda 10 gün aralıklarla yapıldığında alınabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, kapalı karıklarla yapılan sulamalarda 4 veya 7 gün aralıklarla sulama yapılmasının verim üzerinde farklılık yaratmayacağı, hatta sığ tablasının olduğu yerlerde 10 gün aralıklarla sulama yapmanın daha uygun olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre araştırmacılar, mevsimlik sulama suyunun 700 mm'den daha az olduğu koşullarda, su kullanım etkinliğini artırmak için kapalı karık yöntemi ile 10 gün aralıklarla sulama yapmanın tercih edilmesi gerektiğini, tam sulama için suyun yetersiz olduğu durumlarda ise açık karıklar yerine kapalı karıkların kullanılmasının tane verimi yönüyle daha uygun olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Şimşek ve Gerçek (2005), mısır bitkisinde damla sulama yöntemi altında dört farklı sulama aralığındaki (2, 4, 6 ve 8 gün) su verim ilişkisini belirlemek ve k_y değerlerini saptamak amacıyla Harran ovası koşullarında iki yıl süren bir çalışma yürütmüşlerdir. Buna göre deneme konularına 1998 ve 1999 yıllarında sırasıyla 814–1116 ve 843–1206 mm arasında sulama suyu uygulamışlar, en yüksek IWUE değerini 4 günde bir sulanan konudan sırasıyla 1.43 ve 1.22 kg/m^3 olarak saptamışlardır. WUE değerlerinin ise her iki yılda ve tüm konularda benzer (1.02 ve 1.13 kg/m^3) olduğunu belirlemişlerdir. Denemenin her iki yılında da en yüksek oransal su eksilişini 8 günlük sulama aralığında %29.6 ve %29.3, verimdeki oransal azalışı ise %27.0 ve %28.4 olarak hesaplamışlar, bu oranların sulama aralığı azaldıkça düştüğünü ileri sürmüşlerdir. k_y değerlerinin ilk yıl 0.72–0.95, ikinci yılda ise 0.70–0.97 arasında

değiştirdiğini belirtmişlerdir. Her iki yıl için de en yüksek tane veriminin 4 günlük sulama aralığında 1.41 ve 1.33 t/da, en düşük verimin ise 8 günlük sulama aralığında 1.03 ve 0.95 t/da olduğunu, buna göre Harran ovası için 4 günlük sulama aralığının mısır bitkisi için uygun olduğunu saptamışlardır.

Öktem (2006), yarı kurak bir iklim kuşağında yer alan Şanlıurfa koşullarında 1998 ve 1999 yıllarında yaptığı bir denemede, damla sulama yöntemi altında farklı sulama aralıkları ve kısıntılı sulama uygulamalarının, at dişi mısır bitkisi verimi üzerine etkilerini araştırmıştır. A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %100, %90, %80 ve %70'inin uygulandığı 2, 4, 6 ve 8 aralıklarla sulamaların yapıldığı araştırmada, deneme konularına 1998 yılında 814–1116 mm, 1999 yılında ise 843–1206 mm arasında sulama suyu uygulamıştır. En yüksek WUE değerinin 1.15 kg/m³, en yüksek IWUE'nin ise 1.43–1.22 kg/m³ olarak 4 gün aralıklarla sulama yapılan konudan elde edildiği çalışmada, yine en yüksek tane verimi (1407–1330 kg/da) bu konudan elde edilmiştir. En düşük tane verimi (1027–953 kg/da) ise 8 gün aralıklarla sulama yapılan konudan bulunmuştur. Araştırmacı, damla sulama yöntemi ile yapılacak sulama uygulamalarında, A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun %90'ını karşılayarak 4 gün aralıklarla yapılacak sulama uygulamalarının daha fazla tane verimi alma yönüyle önerilebileceğini ileri sürmüştür.

Payero ve ark. (2006b), Nebraska koşullarında karık sulama yöntemi altında dört farklı sulama uygulamasının (1–sulama yok, 2–tepe püskülü oluşumu başlangıcında 1 sulama, 3–koçan püskülü döneminde 1 sulama ve 4–geleneksel çiftçi uygulamaları) mısır verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yarı kurak bir iklimde yer alan araştırma alanında yıllık ortalama 508 mm yağış düştüğünü ve bu yağışın %80'inin bitki yetiştirme döneminde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Yıllar arasında yağış dağılımı farklı olmuş, 1992, 1993 ve 1996 yıllarında daha fazla, 1994 ve 1995 yıllarında ise kurak yıllar yaşanmıştır. Uygulamalar arasında verim farklılıkları yalnızca kurak geçen 1994 ve 1995 yıllarında olmuş, tüm deneme yıllarında çiftçi uygulamaları tarafından yapılan sulama suyu gerekenden fazla gerçekleşmiş, bu nedenle derine sızma ve yüzey akış kayıpları gözlenmiştir. Yağışların yeterli olduğu üç yıl için verim yönünden önemli farklılıklar olmamasına karşın, kurak yıllarda verimler düşmüştür. Deneme sonuçlarına göre araştırmacılar, su stresinin mısır bitkisi su üretkenliğini (ET başına verim) artırma açısından iyi bir strateji olmadığını, sulama suyu kayıplarının en aza indirilmesi gerektiğini ve sulama programlarının iyileştirilmesinin zorunlu olduğunu belirtmişlerdir.

Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2006), açık karık yöntemi ile 7 gün aralıklarla sulanan mısır bitkisinin farklı bitki gelişme dönemlerinde, kapalı karık yöntemiyle destekleme sulama uygulamasında verim ve su ilişkilerini incelemişlerdir. Yalnızca açık karık yöntemi kullanıldığında verimde azalmalar olduğu saptanan araştırmada, kapalı karık yöntemiyle tepe püskülü veya tane oluşum dönemlerinde 1 veya 2 kez desteklenirse, sürekli kapalı karık yöntemiyle elde edilen tane verimine eş verim alınabileceği, böylece sulama suyundan %30 su tasarrufu sağlanabileceğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, her iki durum için WUE değerlerini sırasıyla 1.04 ile 0.97 kg/m³ olarak hesaplamışlardır.

Trejo ve ark. (2006), Meksika'da toprakaltı damla sulama ve karık sulama yöntemlerinin, silajlık mısır üzerindeki su kullanım etkinliği ve verim özelliklerini araştırmışlardır. Karık sulamanın kontrol uygulaması olarak alındığı çalışmada, laterallerin 0.25, 0.35 ve 0.45 m derinliğe gömüldüğü toprakaltı damla sulama uygulamaları ele alınmıştır. Toprakaltı damla sulama yönteminde 0.47 m, karık sulama yönteminde ise 0.67 m derinliğe sulama suyu uygulanmış ve damla sulamayla %28 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Toprakaltı damla sulama uygulamalarında hesaplanan WUE (2.9 kg/m³) değeri karık sulama uygulamasında elde edilenden (2.0 kg/m³) daha yüksek bulunmuştur. En yüksek yeşil ot verimi 0.45 m toprakaltı damla sulama uygulamasında 4620 kg/da, karık sulama uygulamasında ise 4380 kg/da olarak elde edilmiştir. Bitki boyu, 0.25 m toprakaltı damla sulama uygulamasında (1.72 m) karık uygulamasından (1.67 m) daha yüksek olduğu belirlenen araştırmada, gövde çapı, yaş ağırlık, koçan çapı, koçan boyu ve koçan ağırlıkları arasında önemli farklılıklar saptanamamıştır.

Iqbadun ve ark. (2007), dört farklı bitki üretim fonksiyonu modelini mısır bitkisi için yaptıkları iki yıllık deneme ile test edip karşılaştırmışlardır. Mısır bitkisinin vejetatif, çiçeklenme ve tane oluşum dönemleri için nem stresi duyarlılık göstergesi değerlerini sırasıyla, Jensen modeline göre 0.29, 1.07 ve 0.54, Minhas ve ark. modeline göre 1.24, 3.36 ve 1.69, Bras ve Cordova modeline göre 0.21, 0.86 ve 0.49, modifiye edilmiş Stewart ve ark. modeline göre ise 0.21, 0.86 ve 0.49 olarak belirlemişlerdir. Modellerin performanslarını oldukça yeterli bulmalarına karşın, Jensen ve modifiye edilmiş Bras-Cordova modellerinin performansını, Minhas ve ark. ile modifiye edilmiş Stewart modellerinin performanslarına göre daha iyi olarak nitelendirmişler, farklı bölgeler için denemelerin yapılması gerekliliğini vurgulamışlardır.

Manal ve ark. (2007), mısır bitkisinde 2005–2006 yıllarında bir çalışma yürütmüşler ve sulama konularını, A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen

buharlaşmaya 1.2, 1.0 ve 0.8 katsayıları uygulayarak oluşturmuşlardır. Çalışmada, 1.0 kap katsayısı ile yapılan sulamaların deneme yıllarında sırasıyla %6.1 ve %8.0 verim azalmasına, 0.8 katsayısına göre yapılan sulamaların da yine yıllara göre sırasıyla %36.1 ve %36.0 oranında verimde azalmaya neden olduğunu belirlemiştir.

EI-Hendawy ve ark. (2008), 2005 ve 2006 yıllarında yürüttükleri denemelerle, damla sulama yöntemi kullanılarak kumlu topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinde en uygun su uygulama düzeyini ve bitki yoğunluğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla üç su uygulama düzeyi (hesaplanan bitki su tüketiminin I_1 : 1.00, I_2 : 0.80 ve I_3 : 0.60'ı) ve üç bitki yoğunluğu (D_1 : 48000, D_2 : 71000 ve D_3 : 95000 bitki/ha) ele alınmıştır. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı I_1 , I_2 ve I_3 için sırasıyla 5955, 4762 ve 3572 m³/ha olmuştur. Sulama aralığının 3 gün alındığı çalışmada, mısır tane verimi, verim bileşenleri ve IWUE, su uygulama düzeyinin artması ve bitki yoğunluğunun azalmasıyla artmıştır. Su uygulama düzeyi ve bitki yoğunluğu arasında, her iki deneme yılında da verim, verim bileşenleri ve IWUE için önemli ilişkiler elde edilmiştir. En yüksek tane verimi, verim bileşenleri ve IWUE I_1D_1 , I_1D_2 ya da I_2D_1 konularından, en düşük ise I_3D_2 veya I_3D_3 konularından elde edilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçlara göre, kumlu topraklarda damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisi için, düşük ya da orta bitki yoğunluğunda yüksek bir su uygulama düzeyi veya düşük bitki yoğunluğunda orta düzeyli bir su uygulamasını önermişlerdir.

Gündüz ve ark. (2008), Güney Marmara koşullarında mısırın su verim ilişkilerini belirlemek amacıyla, Balıkesir ilinde üç yıllık deneme yürütmüşlerdir. Bitkinin vejetatif, tepe püskülü, koçan çıkarma ve süt olum dönemlerinin esas alındığı çalışmada, anılan dönemlerin birinde veya birden fazla farklı dönemlerde yapılacak kısıntıların etkilerini belirlemek amacıyla 16 deneme konusu oluşturmuşlardır. Araştırmacılar, kısıntı uygulanmayan konuya 586 mm sulama suyu uygulamışlar ve mevsimlik bitki su tüketimini 761 mm olarak belirlemişlerdir. Aynı deneme konusundan 882 kg/da ortalama tane verimi almışlardır. Mevsimlik k_y değerinin 1.191 olarak bulunduğu çalışmada, mısırın bitki boyu 40–45 cm iken, tepe püskülünde, koçan çıkarmada ve süt olum dönemlerinde sulanması, yeterli miktarda sulama suyunun olduğu durumlarda sulama kısıntısı yapılmaması, su kısıntısı yapılması gerekiyorsa tepe püskülü ve süt olum dönemleri dışında yapılması gerektiği önerilmiştir.

Iqbadun ve ark. (2008), Tanzania'nın güneybatısında bir havzada sulanan mısır bitkisi üzerinde kimi seçilmiş kısıntılı sulama programı uygulamalarının etkisini belirlemeye yönelik olarak iki yıllık deneme yürütmüşler, denemede yüzey sulama yöntemini kullanmışlar ve bitkileri seddelerle çevrili kapalı bir alanın içine ekmişlerdir.

Denemeden elde edilen sonuçlara göre, mevsimlik uygulanan sulama suyu miktarı 400 ile 750 mm, kuru madde verimi 6.966 ile 12.672 kg/ha ve tane verimleri 1625 ve 4349 kg/ha arasında değişmiştir. Mısır bitkisinin her fenolojik gelişme döneminde uygulanan kısıntılı sulama, kuru madde verimi ve tane verimi ile mevsimlik bitki su tüketimi ve derine sızmanın azalmasına neden olmuştur. Mısırın yalnızca bir gelişme döneminde yapılan kısıntılı sulamanın ise tane verimini düşürürken, kuru madde verimini etkilemediğini, ancak iki veya daha fazla gelişme döneminde yapılan kısıntıların hem biomas hem de tane verimlerini önemli ölçüde düşürdüğünü belirlemişlerdir. WUE ve IWUE değerlerinin gelişme dönemlerinde uygulanan kısıntılı sulama sayısının artmasıyla büyük ölçüde etkilendiği ve düşüş gösterdiği saptanmıştır. En yüksek WUE tam sulama yapılan konudan, en yüksek IWUE ise vejetatif gelişme döneminde kısıntı uygulanan deneme konusundan elde edilmiştir.

Karaşahin (2008), Konya koşullarında yürüttüğü bir çalışmada, farklı FAO olum grubundan 3 ayrı atdiği hibrit mısır çeşidinin damla ve karık sulama yöntemleri altında, optimum bitki sıklığını araştırmıştır. Araştırmacının bulduğu sonuçlara göre, çeşit ve bitki sıklıklarının ortalaması olarak damla sulama yönteminde tane verimi, karık sulama yöntemine göre önemli ölçüde yüksek olmuş, bu verim artışı birinci deneme yılında % 8, ikinci deneme yılında %9 olarak bulunmuştur.

Kim ve ark. (2008), mısır bitkisi yetiştiriciliğinde farklı dozlarda uygulanan azot ve su uygulamalarının azot ve su kullanım etkinliğine etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, eş zamanlı su ve azot uygulamalarının etkisi farklı zamanlardaki uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar, 112 kg N/ha uygulamasından hesapladıkları WUE değerini 223 kg/cm, 0 kg N/ha konusundan hesapladıkları WUE değerinden 170 kg/cm daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte, mısır bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça, bitkinin topraktan kaldırdığı azot miktarının da arttığı, kullanılan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketiminin arttığı, kök bölgesine doğru azot taşınımının artan su miktarı ile arttığı ve su kısıntısıyla beraber gübre kullanım etkinliğinin de düşmesiyle beraber tane veriminin düştüğü saptanmıştır.

Mengü ve Özgürel (2008), Türkiye'nin batı kesimlerinde yetiştirilen mısır bitkisinin kısıntılı sulama uygulamaları altındaki su verim ilişkilerini incelemek amacıyla 1999 ve 2000 yıllarında bir deneme yürütmüşlerdir. Sulama konuları, 120 cm'lik toprak profili içinde eksilen suyun %100, %70, %50 ve %30'u karşılanacak biçimde ve sulama yapılmaması biçiminde oluşturulmuştur. Denemenin ilk yılında konulara, 0–323.20 mm, ikinci yılında ise 0–466.61 mm arasında sulama suyu uygulanmış, mevsimlik bitki su

tüketimlerinin ise 1999 yılında 142.19–481.91 mm, 2000 yılında ise 136.25–599.45 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Ortalama en yüksek ve en düşük verimleri ise sırasıyla tam sulama yapılan konudan 1064–1038 kg/da ve hiç sulama yapılmayan konudan 375–214 kg/da olarak elde etmişlerdir. Verim ve uygulanan sulama suyu arasında doğrusal ilişki olduğunu, deneme yılları için sırasıyla WUE değerlerinin 1.49–2.71 kg/m³, IWUE değerlerinin ise 1.44–2.55 kg/m³ arasında değiştiğini bulmuşlardır. İki yıllık birleştirilmiş verilerden toplam büyüme mevsimi için k_y değerini 0.99 olarak saptamışlar, ayrıca, kuru madde verimi ile LAI değerlerinin de kısıntılı sulama uygulamalarından belirgin bir şekilde etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, su kısıntısının olmadığı koşullarda yarı nemli bölgelerde yetiştirilen mısırın sulanmasında sulama kısıntısı yapılmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Öktem (2008), Şanlıurfa koşullarında 1998 ve 1999 yıllarında yürüttüğü bir denemede, kısıntılı damla sulama uygulamaları altında mısırın su verim ilişkilerini ve kalite özelliklerini belirlemiştir. Anılan denemede sulama uygulamaları A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun tamamı ile %10, %20 ve %30 eksiği biçiminde yapılmıştır. Buna göre, WUE değerlerinin 1.18–1.36 kg/m³ ve IWUE değerlerinin 1.36 ile 1.62 kg/m³, k_y değerlerinin 0.82–1.43, sulama suyu tasarrufunun ise %10.9–31.1 arasında değiştiğini belirlemiştir. Sulama uygulamaları ile koçan verimleri arasında %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde etmiş ve su kısıntısı arttıkça verimin azaldığını, kök kuru madde içeriğinin ise arttığını saptamıştır. En yüksek LAI değerini tam sulama yapılan konudan, en düşük ise %30 su kısıntısında bulmuştur. Diğer taraftan su kısıntısı arttıkça protein içeriğinin arttığını ancak tanelerdeki Fe, Zn ve Cu konsantrasyonlarının azaldığını belirlemiştir. Araştırmacı, su eksikliğinin %10 düzeyinde olduğu koşullarda pazarlanabilir koçan sayılarının pek düşmediğini ve kabul edilebilir düzeylerde olduğunu belirtmiştir.

Vural ve Dağdelen (2008a), Aydın koşullarında 2006 yılında yürüttükleri bir çalışmada, cin mısırında farklı sulama aralığı ve su düzeylerinin tane verimi ile su kullanım randımanı ve verim azalma oranı üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemelerde 3 ve 6 gün aralıklarında A sınıfı buharlaşma kabından oluşan birikimli buharlaşmanın % 40, % 60, % 80, % 100'ünün karşılandığı ve hiç sulama yapılmaması biçiminde beş su düzeyi olmak üzere toplam 10 sulama konusu incelenmiştir. En yüksek verimi, 3 gün sulama aralığında ve %100 sulama suyu uygulanan deneme konusundan (641,6 kg/da) elde etmişlerdir. Önerilen bu konuya toplam 19 sulama sayısı ile 563 mm sulama suyu uygulanmış ve bu konudan 579 mm'lik mevsimlik bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, sulama konularının verim ve

agronomik özellikler üzerine etkisinin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Konulara uygulanan sulama suyu miktarı 234–571 mm, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri 130–609 mm arasında ve ortalama tane veriminin ise 108.8–641.6 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır (Vural ve Dağdelen 2008b).

Garcia ve ark. (2009), Amerika'nın Georgia Eyaletinde, 2006 yılında, şeker mısırı üzerinde yürüttükleri bir denemede, sulama ve doğal iklim koşulları altında farklı ekim tarihlerinin verim ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, her iki koşulda da su kullanımı ve su kullanım etkinliği üzerinde farklılıklar elde edilmiştir. Sulama koşulları altında bitki su tüketimi 266 mm kadar daha fazla olmuştur. Araştırmacılar, en yüksek koçan verimini (20.4 t/ha), mısır tohumlarının 10 Nisan'da ekildiği ve sulama uygulamalarının yapıldığı konudan elde etmişler ve bu konu için su kullanım etkinliğini (koçan verimine göre) 7.65 kg/m^3 olarak hesaplamışlardır. Diğer taraftan en düşük koçan verimini (13.1 t/ha) 27 Mart'ta ekimin yapıldığı ve doğal yağış koşullarında yetiştirilen konudan almışlar ve su kullanım etkinliğini 10.73 kg/m^3 olarak belirlemişlerdir.

Hassanlı ve ark. (2009), temiz su ve atık su kullanılarak üç farklı sulama yönteminin, su tasarrufu, verim ve IWUE değerini, İran'ın güneyinde yer alan Marvdasht ilinde 2005 ve 2006 yıllarında mısır bitkisi üzerinde belirlemişlerdir. Sulama programı, toprak nemi ve kök derinliğinin izlenmesi üzerine temel oluşturmuştur. Denemeler, toprakaltı damla sulama, yüzey damla ve karık sulama ana uygulamaları altında, temiz ve atık su alt konularıyla bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre tasarlanmıştır. Deneme sonuçlarına göre, en fazla su kullanımı karık sulama yönteminde olmuş, en fazla su tasarrufu $591 \text{ m}^3/\text{da}$ su uygulamasıyla toprakaltı damla sulama yönteminden, en az su tasarrufu ise $682 \text{ m}^3/\text{da}$ su uygulamasıyla karık sulama yönteminden sağlanmıştır. Basınçlı sulama yöntemlerinden elde edilen tane verimleri karık sulama yöntemine göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek verim (1211 kg/da) toprakaltı damla sulama yönteminden en düşük ise (975 kg/da) karık sulama yönteminden alınmıştır. En yüksek IWUE (2.12 kg/m^3) ile toprakaltı sulama yönteminden, en düşük ise (1.43 kg/m^3) karık sulama yönteminden elde edilmiştir. Temiz suyla karşılaştırıldığında, atık sulardan elde edilen IWUE değeri daha yüksek olmuştur.

Vories ve ark. (2009), Amerika Birleşik Devletlerinin orta-güney kesimlerinde çoğu yıllar sulama yapılmaksızın mısır yetiştirilmesine karşın, sulama yapıldığında verim artışı sağlandığını belirtmişlerdir. Araştırma alanında, toprak altı damla sulamanın mısır üretimine etkisi araştırılmış ve 2002–2004 yıllarında denemeler

yürütülmüştür. Damla sulama borularının yaklaşık olarak 30 cm toprak derinliğine gömüldüğü çalışmada, üç sulama düzeyi (günlük hesaplanan su kullanımının %100'ü, %60'ı ve %0'ı) ve üç farklı olgunlaşma dönemine sahip çeşit ele alınmıştır. Üç yıllık ortalama sonuçlara göre sulanmayan konulardan önemli ölçüde daha düşük verimler elde edilmesine rağmen, 2003 ve 2004 yıllarında uygulamalar arasında önemli farklılık bulunamamıştır. Çalışmanın yürütüldüğü yıllar içerisinde en az yağışın düştüğü 2002 yılında büyük bir farklılık gözlenmiş, ancak sulanan konular için tüm yıllar genelinde farklılık saptanamamıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça IWUE değerleri yükselmiştir. Araştırmacılar, toprak altı damla sulama altında günlük hesaplanan bitki su tüketiminin %60'ı uygulandığında, WUE ve verimin en uygun değerlerde olduğunu ve bu uygulamayı söz konusu yöre için önermişlerdir.

EI-Hendawy ve Schmidhalter (2010), Mısır/İsmaila'da 2008 ve 2009 yıllarında yürüttükleri denemelerle, su üretim fonksiyonları ve su kullanımı-verim ilişkilerini kullanarak damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisinde en uygun sulama aralığı ve oranını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla dört sulama aralığı (1, 2, 3 ve 4 gün) ve üç sulama oranını (hesaplanan bitki su tüketiminin %100, 80 ve 60'ı) deneme konusu olarak almışlardır. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlara göre, verim değişkenleri ve WUE, sulama sıklığı ve oranı arttıkça yükselmiş, 1 ve 2 gün sulama aralıklarında, %100 ve %80 sulama oranlarında WUE yönüyle önemli bir farklılık bulunmamıştır. Bununla birlikte, bazı sulama sıklığı ve oranı arasındaki birleşimler, verim ve WUE üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuş, en yüksek değerler 1 gün sulama aralığı %80 sulama oranı ve 2 gün sulama aralığı %100 sulama oranından, en düşük değerler ise 3 ve 4 gün sulama aralığı ile %60 sulama oranından elde edilmiştir. Mevsimlik k_y değeri deneme yılları için sırasıyla 1.81 ve 1.86 olarak hesaplanmıştır. Mevsimlik bitki su tüketimi ile verim arasında doğrusal ilişkilerin bulunduğu çalışmada, damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisinde en yüksek verim eldesi için 2 günde bir %100 oranında sulama, eğer kısıntılı sulama yapılması gerekiyorsa her gün sulama yapmak şartıyla %60 oranında sulama yapılması önerilmiştir.

Jin ve ark. (2010), Çin'in yarı kurak bir bölgesinde sığ ve derin karıklara ekilen mısır tohumları ile geleneksel olarak seddelere ekilen tohumlardan elde edilen verim ve su kullanım durumlarını değerlendirmişlerdir. Bu amaçla sığ ve derin karıklarda yetiştirilen mısır sıra aralarına, bitki 8 yapraklı vejetatif gelişme dönemine geldikten sonra tekrar karıklar açılmıştır. Tane verimleri, sığ ve derin karıklara ekimin yapıldığı uygulamalarda, geleneksel seddeler üzerine yapılan uygulamadan daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca bu uygulamalarda suyun daha etkin kullanıldığı belirlenmiştir.

2.3. Bitki Su Tüketimi ve Sulama Zamanının Planlanması

Oylukan ve Güngör (1975), Eskişehir'de tarla şartlarında yaptıkları mısır su tüketimi araştırmasında, mısırın su tüketimini 725 mm ve sulama suyu ihtiyacını 400 mm olarak bulmuşlardır. Ayrıca sulama zamanı için bitki boyu 40–45 cm olunca birinci, tepe püskülünde ikinci, koçan oluşumu döneminde üçüncü ve süt olum döneminde de dördüncü sulama yapılmasını önermişler ve her sulamada verilecek sulama suyu miktarını 100 mm olarak belirlemişlerdir.

Bayrak (1979), Bafra ovası koşullarında yürüttüğü denemede, mısır bitkisinin tepe püskülü ve süt olum dönemlerinde sulanması gerektiğini, bu durumda sulama suyu gereksiniminin 400–430 mm, su tüketiminin 673 mm ve tane veriminin de 736 kg/da olduğunu belirlemiştir.

Doorenbos ve Kassam (1979), mısır bitkisinin toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesinin %55'i tüketildiği zaman sulanması halinde iyi bir verim elde edilebileceğini, mevsimlik verim tepki etmeninin (k_y) 1.25 alınabileceğini vurgulamışlardır. Anılan araştırmacılar, deneysel veri eksikliği, iklim değişiklikleri, bitki su tüketimi miktarı ve doyurulan toprak derinliğine bağlı olarak k_y değerlerinden sapmaların olabileceğini belirtmişlerdir.

Derviş (1986), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın ekimden hemen sonra, tepe püskülü, koçan püskülü ve süt olum dönemlerinde olmak üzere toplam 4 kez sulanması gerektiğini ve bu durumda sulama suyu gereksiniminin 578 mm olduğunu saptamıştır.

Kanber ve ark. (1990a), ikinci ürün mısırın üç farklı gelişme dönemi ve her dönem içinde farklı sulama sayısı olarak oluşturdukları deneme konularına göre, Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın ekimden 27 gün sonra, tepe püskülünde, koçan püskülünde, tane oluşumunda ve süt olum döneminde olmak üzere toplam 5 kez sulanması gerektiğini belirlemişlerdir. Toplam büyüme mevsimi için k_y değerinin 0.98 olarak tespit edildiği çalışmada, 100 tane ağırlığının, tepe püskülü, koçan püskülü ve tane oluşum dönemlerindeki sulamalarla arttığını belirlemişlerdir.

Uzunoğlu (1991), mısırın gelişme dönemlerini dikkate alarak yaptığı çalışmada, Ankara yöresinde mısırın, boğaz doldurma, tepe püskülü, koçan oluşumu ve süt olum dönemlerinde sulanması gerektiğini, bu durumda sulama suyu gereksiniminin 615 mm, mevsimlik bitki su tüketiminin 809 mm ve ortalama tane veriminin ise 859 kg/da olduğunu belirlemiştir.

Jama ve Ottman (1993), Arizona'da yaptıkları tarla denemelerinde, ilk sulama uygulamalarının zamanını belirlemeye çalışmışlar, bitkinin 2, 4, 6 ve 8 yaprak sayısına ulaştığında ilk sulamalara başlamışlar, ayrıca tüm deneme konularını tane oluşum başlangıcı ve süt olum dönemlerinde topraktaki eksik suyu tarla kapasitesi düzeyine getirecek kadar sulamışlardır. Mevsimlik bitki su tüketimini, bitki iki yapraklı iken ilk sulama yapılan konudan 796 mm, 6 ve 8 yapraklı iken ilk sulama yapılan konudan ise 652 mm olarak hesaplamışlardır. Aynı bölgede, başka bir denemede, farklı gelişme dönemlerini dikkate alarak yaptıkları çalışmada, koçan çıkarma döneminde sulanan konuda ilk sulamaların etkisinin önemsiz olduğunu, koçan çıkarma döneminde su kısıntısına gidildiğinde ise tane verimi ve kuru madde veriminin azaldığını belirlemişlerdir.

Yıldırım (1993), Ankara koşullarında mısırın 0–90 cm etkili kök derinliğindeki kullanışlı suyun %50'si tüketildiğinde sulama uygulamalarını başlatmış, sulama suyu uygulamalarını bu tanık konuya göre arttırarak diğer deneme konularını oluşturmuştur. Araştırmacı, Ankara koşulları için mısırın mevsimlik k_y değerini 1.09 olarak bulmuştur.

Caldwell ve ark. (1994), mısır bitkisinde, yüzey altı damla sulama yöntemi uygulamalarında, sulama aralığının çok önemli olmadığını; 1, 3, 5 veya 7 gün ara ile yapılan sulamalarda 1190 ile 1250 kg/da arasında, birbirine yakın düzeylerde verimler alındığını belirtmişlerdir. Su kullanım etkinliğini ise en yüksek 7 günlük sulama aralığında elde etmişler, bunun nedenini ise kök bölgesinin aşağısındaki derine sızmaların azalmasına ve yetiştirme dönemi içinde düşen yağışların toprakta daha iyi tutulmasına bağlamışlardır.

Çetin (1996), Harran ovası koşullarında ikinci ürün mısırın su gereksinimini belirlemek amacıyla 1990–1992 yılları arasında yaptığı araştırmada, mısırın gelişme dönemleri ve gün aralıklarını dikkate alarak deneme konularını oluşturmuştur. En yüksek tane verimi (1015 kg/da) sulamaların en sık aralıklarla yapıldığı (5 gün) konudan elde ederken, buna en yakın verimin alındığı 10 günde bir sulamadan ise 771 kg/da verim elde etmiştir. Sulama aralığının 5 ve 10 gün alınması durumunda, uygulanan sulama suyunun sırasıyla 1303 ve 970 mm, su tüketimlerinin ise 1371 ve 1037 mm olduğunu, bu konular için en yüksek su tüketiminin Ağustos ayında olduğunu ve sırasıyla 610 ve 428 mm, günlük su tüketiminin ise 19.7 ve 13.8 mm olduğunu saptamıştır. Araştırmacı, ikinci ürün mısır yetiştiriciliğinde en fazla verim almak için bu yörede 5 günde bir sulama yapılmasını, eğer su yetersiz ise sulama aralığının 1 hafta veya en fazla 10 gün alınmasını önermiştir.

Beyazgül (1997), Menemen ovası koşullarında yetiştirilen ikinci ürün mısırın sulama zamanı, sulama suyu gereksinimi, günlük, aylık ve mevsimlik su tüketimini belirlemek amacıyla, 1993–95 yılları arasında yürüttüğü denemelerde, sulama konularının seçiminde mısırın suya duyarlı olduğu fenolojik dönemleri dikkate almıştır. Bu çalışmada, tav suyu hariç (150–160 mm), II. ürün mısırın yıllık sulama suyu gereksinimi 515 mm, mevsimlik su tüketimi 636 mm ve tüketimin maksimum olduğu Ağustos ayında günlük su tüketimi 8.4 mm olarak bulunmuştur. Araştırmacı, II. ürün mısırın; çıkıştan sonra en az 25 mm olmak üzere tercihen yağmurlama ile yapılacak hafif bir sulama uygulamasını takiben, boğaz doldurma, tepe püskülü çıkarma, koçan püskülü tozlanma ve süt olumu dönemlerinde sulanmasını önermiş ve bu koşulda ortalama 11.7 t/ha verim elde etmiştir.

Orta ve ark. (1997), Tekirdağ koşullarında mısır bitkisinin su tüketimini belirlemek amacıyla iki yıllık bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, etkili kök derinliği olarak 90 cm kabul edilmiş ve kullanılabilir suyun %65'i tüketildiğinde sulama uygulamaları yapılmıştır. Elde edilen değerler, bitki su tüketimi tahminlerinde kullanılan Blaney–Criddle, Penman–Monteith, Penman yönteminin modifikasyonu, Jensen–Haise, Kap buharlaşması yönteminin FAO ve Christiansen–Hargreaves modifikasyonları ile hesaplanan potansiyel bitki su tüketimi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta bu yöre için gerçek verilere en yakın tahminin Jensen–Haise yöntemi ile elde edilebileceğini saptamışlardır. Buna göre, deneme yılları için sırasıyla toplam 306–285 mm su uygulanmış, bitki su tüketimi 599–573 mm olarak belirlenmiş ve tane verimi 1069–915 kg/da olarak saptanmıştır.

Bergez ve Nollet (2003), sulama zamanlamasının, mısır bitkisinin tane verimi üzerindeki etkilerini saptamaya çalışmışlar ve bu amaç için MODERATO bitki yönetim sistemi modelini kullanmışlar, toprak derinliği, mevcut toprak su düzeyi, akış oranı ve sulama planlamasını test etmişlerdir. Akış oranı ve sulama planını, tarlanın tamamının sulanması için gereksinim duyulan gün sayısına göre modifiye etmişlerdir. Test edilmiş düzenlemelere göre, maksimum tane verimi değişiminin ortalama 1410 kg/da olduğunu ve bazı yıllarda ise 2110 kg/da'a çıktığını belirlemişlerdir. Akış oranı, toprak derinliği, gravimetrik toprak su içeriği arttıkça ve sulama miktarı azaldıkça, mısır tane verimlerindeki değişim oranının azaldığını tespit etmişlerdir.

Li ve ark. (2003), yarı kurak bir iklime sahip Çin'in kuzeyinde yer alan Naiman'da yetiştirilen mısırın bitki su tüketimini belirlemişlerdir. Anılan bölgede, çimlenme dönemi için bitki su tüketimi haftalık 16.7 mm iken, ekimden sonra 12. haftaya karşılık gelen çiçeklenme döneminde haftalık 48.45 mm ile en yüksek değerine

ulaşmış ve son gelişme döneminde ise haftalık 13.33 mm'ye azalmıştır. Mevsimlik bitki su tüketimi 572.5 mm ve günlük ortalama bitki su tüketimi ise 4.09 mm olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda 5 farklı referans bitki su tüketimi tahmin yöntemiyle (FAO-56 Penman-Monteith (56PM), FAO-24 Penman (24Pn), FAO-24 Blaney Criddle (24BC), FAO-24 Radiation (24Rd) ve 1985 Hargreaves (Harg)) hesapladıkları bitki su tüketimleri içerisinde, yöreye en uygun değeri FAO-56 Penman-Monteith yöntemiyle elde etmişlerdir. Bu yöntemle göre, çimlenme, bitki büyüme, yetiştirme mevsimi ortası, mevsim sonu dönemleri için bitki katsayısı (k_c) değerlerini sırasıyla 0.50, 1.02, 1.26 ve 0.68 olarak hesaplamışlardır.

Sepaskhah ve ark. (2003), Kurak ve yarı kurak bölgelerde, sığ su tablasının bitki su kullanımıyla beraber düşürülebileceğini belirtmişlerdir. İran'ın Fars iline bağlı Kooshkak alanında 1-2 m arasında değişen su tablasının, mısır ve sorgum bitkilerinin mevsimlik ve kısa süreli dönemler için su kullanımlarında sığ su tablasından yararlanma ve su tablası derinliğinin azaltılması olanaklarını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Anılan bitkiler için, bitki su kullanımında su tablasının katkısını tahminleyen iki farklı basit lineer eşitlik elde etmişler ve bu eşitliklerin eğimlerini her iki bitki için de benzer bulmuşlardır. Mısırın su tablasındaki azalmaya katkısını sorgumdan %22 daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Şimşek ve ark. (2003), Şanlıurfa'da farklı sulama yöntemlerinin mısır bitkisinde verim ve su tüketimine etkisi üzerine yaptıkları araştırmada, karık ve damla sulama yöntemlerinin mısır bitkisinde dört farklı sulama aralığında (2, 4, 6 ve 8 gün) verim, su ilişkilerini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Her iki sulama yönteminde de 2 günlük sulama aralığında toplam buharlaşmanın %100'ü, 4 günlük sulama aralığında toplam buharlaşmanın %90'ı, 6 günlük sulama aralığında toplam buharlaşmanın %80'i ve 8 günlük sulama aralığında toplam buharlaşmanın %70'i uygulanmıştır. En yüksek verim 4 günlük sulama aralığında damla sulama yönteminde 1368 kg/da olarak saptanırken, en düşük ortalama verim 8 günlük sulama aralığında karık sulamada 959 kg/da olarak belirlenmiştir. Araştırmada birinci deneme yılında sulama yöntemleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken, ikinci deneme yılında önemli bulunmuştur. İkinci deneme yılında tane verimi, damla sulama yönteminde karık sulamaya göre %11.6 daha yüksek saptanmıştır. Karık sulamada 1998 yılında 909-1292 mm, 1999 yılında 923-1306 mm, damla sulamada ise aynı yıllar için sırasıyla 814-1116 mm ve 843-1206 mm sulama suyu uygulanmıştır. Böylelikle denemenin birinci yılında damla sulama yönteminde karık sulamaya göre %11-15 arasında, ikinci deneme yılında %8-9 arasında daha az su kullanıldığı ortaya çıkmıştır.

Watanabe ve ark. (2004), yarı nemli iklim kuşağında yer alan Tayland'ın kuzeydoğusunda yetiştirilen mısırın günlük su tüketiminin 2–6 mm arasında değiştiğini belirtmiştir. Gerçek bitki su tüketiminin referans bitki su tüketimine oranı olan bitki katsayısını (k_c) mısır için en yüksek 1.20 olarak belirlemişlerdir.

Kar ve Verma (2005), Hindistan'ın doğusunda, çeltik yetiştiriciliği sonrası nadasa bırakılan topraklarda yetiştirilen kışlık mısırın fenolojik gelişme dönemleri temel alınarak sulanması ve bitki katsayısının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Olgunluğa 120 gün içerisinde erişen erkenci bir hibrit mısır çeşidi için sulama konuları, vejetatif gelişme döneminin başlangıcında 1 sulama, tepe püskülü döneminde 1 sulama, tepe püskülü + tane oluşumu dönemlerinde 2 sulama, vejetatif + tepe püskülü + tane oluşumu dönemlerinde olmak üzere 3 sulama ve vejetatif + tepe püskülü + koçan püskülü + tane oluşumu dönemlerinde olmak üzere 4 sulama biçiminde tasarlanmıştır. Araştırmacılar, tepe püskülü döneminde 1 sulama yapmanın vejetatif gelişme döneminde 1 sulama yapmaktan daha karlı olduğunu, 3 sulamaya kadar, sulama sayısı arttıkça WUE'nin doğrusal olarak arttığını, 4 sulama yapılan konudan elde edilen verimin daha yüksek olduğunu, ancak WUE değerinin 3 sulama yapılan konuya göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte, bitkinin başlangıç, büyüme, orta dönem ve mevsim sonu için k_c değerleri sırasıyla 0.42–0.47, 0.90–0.97, 1.25–1.33 ve 0.58–0.61 olarak hesaplanmıştır.

Nazirbay ve ark. (2005), iki farklı sulama yöntemi ve programında mısırın su tüketimini belirlemek amacıyla Özbekistan'da yaptıkları araştırmada; karık ve damla sulama yöntemleri altında, bitki kök bölgesindeki toprak nemini tarla kapasitesinin %75'i ve % 65'i seviyesinde tutacak miktarda sulama yapmak üzere iki farklı sulama programı uygulamışlardır. Araştırmacılar, karık sulama yönteminde daha fazla sulamanın yapıldığı programda diğerine göre % 6 daha fazla verim elde etmişler, damla sulama yönteminde ise aynı uygulamalar arası farkın % 9'a çıktığını saptamışlardır. Karık sulama yöntemiyle karşılaştırıldığında, damla sulama yönteminden %1.5 ile 5.5 daha fazla verim alınmış ve % 35 ile 43 arasında su tasarrufu sağlanmıştır.

Sweeney ve Marr (2005), Kansas'ta farklı bitki yoğunluğu altında yetiştirilen cin mısırında, iki farklı gelişme döneminde yapılan destekleyici nitelikteki sulamaların, verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bunun için 6 farklı sulama konusu oluşturmuşlardır. Bunlar, sulama yapılmaması, koçan püskülü (R1) döneminde 2.5 cm veya 5 cm sulama yapılması, süt olum döneminde (R3) 2.5 cm veya 5 cm sulama yapılması ve her iki gelişme döneminde 2.5 cm sulama yapılmasıdır. Bu sulama

konuları, 37000, 49000 ve 62000 bitki/ha bitki yoğunluklarında denenmiştir. Denemeler 1995 ve 1998 yılları arasında yürütülmüş, söz konusu sulama uygulamalarının verim üzerindeki etkisi yalnızca iki ve dördüncü yıllarda görülmüştür. En kurak geçen 1996 yılında verimler düşük olmasına karşın, R1 döneminde 2.5 veya 5 cm sulama yapılan konulardan elde edilen tane verimleri, sulanmayan ya da R3 döneminde yapılan sulamalarla karşılaştırıldığında daha yüksek olmuş ve %60 civarında verim artışı saptanmıştır. Diğer taraftan 1997 yılında, R1 döneminde 2.5 cm sulama yapılması ya da hem R1 hem de R3 döneminde 2.5 cm sulama yapılması durumunda, sulama yapılmayan konuya oranla %23 ile %27 arasında verim artışı sağlanmıştır. Araştırmacılar, en uygun bitki yoğunluğunu, 49000 bitki/ha olarak belirlemişler, bu yoğunlukta bitki başına bir koçan alınmış ve en yüksek tane ağırlığı ve verim elde edilmiştir.

Anğın (2006), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırdaki farklı sulama suyu zamanlarının fotosentetik su kullanım etkinliği (FSKE) ile FSKE'ni etkileyen diğer yaprak özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Denemede, 90 cm'lik toprak derinliğinde kullanılabilir suyun %40, %60 ve %80'i azaldığı zaman mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu uygulanması biçiminde (I40, I60, I80) üç farklı sulama konusu ele alınmıştır. En yüksek FSKE I60 konusundan $142.3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, en düşük ise I80 konusundan $125.3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak elde edilen çalışmada biokütlenin artan sulama sıklığına bağlı olarak önemli artış gösterdiği belirlenmiştir. Tane veriminin sulama uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmediği, ancak verimlerdeki artışta $I40 > I60 > I80$ olarak bir eğilim olduğu saptanmıştır.

Chuanyan ve Zhongren (2007), nemli bir iklime sahip olan Çin'in kuzeybatı kesimlerinde mısır ekili alanlar için, iki yönlü bitki katsayısı yöntemini kullanarak bitki su tüketimindeki değişiklikleri tahmin etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Gerçek bitki su tüketiminin (ET_0) belirlenmesinde önemli bir parametre olan referans bitki su tüketiminin (ET_0) hesaplanmasında, FAO Penman–Monteith eşitliğini temel almışlar ve çalışma alanının yerel iklim koşullarına göre düzeltme yaptıktan sonra, Allen ve ark. (1998) tarafından önerilen k_c değerlerini kullanmışlardır. Başlangıç dönemi için ET_c değerlerini çok düşük (ortalama 1.09 mm/gün), ardından bir artış (ortalama 3.67 mm/gün), yetiştirme mesvimi ortasında maksimum (ortalama 5.49 mm/gün) ve son gelişme döneminde yine azalma (ortalama 3.33 mm/gün) olarak belirlemişlerdir. Genelde, bitki su tüketiminin (ET_c) 0.54–7.69 mm/gün arasında değiştiğini ve araştırma alanı için mevsimlik toplam gerçek bitki su tüketiminin 611.5 mm olduğunu saptamışlardır.

Dağdelen ve Gürbüz (2008), Aydın koşullarında 2003 ve 2004 yılları arasında yürüttükleri bir çalışmada, yüzey sulama (kapalı karıklarda göllendirme) yöntemi ile sulanan mısır bitkisinin 10'ar günlük dönemler için ölçülen su tüketimi değerlerini, 6 ayrı yöntemle (FAO 56 Penman-Monteith (FAO56-PM); Kimberley Penman (1996-KPEN); Orijinal Penman (PEN-ORJ); Penman (FAO 24 modifikasyonu) (FAO24-PN); Radyasyon (FAO modifikasyonu) (FAO24-RD) ve Hargreaves (HAR) tahmin edilen değerler ile karşılaştırmışlardır. Bu yolla, ikinci ürün mısır için sulama zamanının planlanmasında kullanılabilecek en uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. En yüksek bitki su tüketimi 2003 ve 2004 yıllarında Ağustos ayının ikinci döneminde 7.5 mm/gün ve 7.4 mm/gün olarak gözlenmiştir. Denemenin ilk yılında ölçülen mevsimlik toplam su tüketimi 547 mm, uygulanan sulama suyu 488 mm, elde edilen ortalama tane verimi 1163 kg/da, denemenin ikinci yılında ise bu değerler sırası ile 569 mm, 497 mm ve 1105 kg/da olmuştur. Sonuçta, bitki su tüketimi tahmininde Radyasyon (FAO modifikasyonu) (FAO24-RD) yönteminin daha uygun sonuç verdiği belirlenmiş ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı (k_c) eğrisi hazırlanmıştır.

Payero ve ark. (2008), Nebraska'da yarı kurak bir iklimde yetiştirilen mısır bitkisi üzerinde toprak altı sulama yöntemiyle uygulanan sulama programlarının, bitki su tüketimi (ET_c), verim, WUE, IWUE ve kuru madde verimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sekiz deneme konusuna, 2005 yılında 53-356 mm ve 2006 yılında 22-226 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Günlük toprak su içeriği ve ET_c değerlerinin hesaplanmasında FAO-56'yı temel alan bir toprak su dengesi yaklaşımını kullanmışlar, mevsimlik ET_c değerlerini deneme yılları için sırasıyla 580-663 mm ve 466-656 mm olarak hesaplamışlardır. Uygulamalar arasında verim yönüyle 2005 yılında %22, 2006 yılında %52 kadar farklılık belirlemişlerdir. Her iki üretim mevsimi için sulama uygulamalarının verimi etkilediği ve su miktarı arttıkça verimin de arttığını saptamışlardır. Mevsimlik ET_c ile verim arasında doğrusal ilişkiler bulunmuş, k_y değeri iki üretim mevsimi için ortalama 1.58 olarak tespit edilmiştir. WUE değerinin, mevsimlik ET_c ve verimle doğrusal olmayan biçimde artış gösterdiği, sulamayla beraber IWUE değerleri de keskin bir biçimde arttığı bulunmuştur. Kuru madde verimi ve diğer verim bileşenlerinin (tane, koçan ve koçan dışındaki bitki parçaları) sulama uygulamalarıyla farklılık gösterdiği ve mevsimlik ET_c artışıyla beraber verim bileşenlerinin de arttığı saptanmıştır.

Ko ve Piccinni (2009), Teksas koşullarında, 2002 ile 2004 yılları arasında yürütülen denemelerle, center pivot sulama yöntemi altında, hesaplanan bitki su tüketiminin %100, %75 ve %50'ini uygulayarak 3 farklı mısır çeşidinin sulamaya etkisini

araştırmışlardır. Araştırmacılar, sulama arttıkça tane verimlerinin de arttığını, hacimsel toprak su içeriği ve oransal yaprak su içeriği değerlerinde sulama uygulamaları arasında farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Bitki su tüketiminin %75'inin uygulandığı sulama konusunu, %10 tane verimi azalmasıyla ve artan WUE ile en fizibil uygulama olarak saptamışlardır. En yüksek WUE ($1.6 \text{ g/m}^2\text{-mm}$) 456 mm'lik su uygulamasından elde edilmiş, diğer konulara ise en fazla 600 mm sulama suyu olarak uygulanmıştır. Yazarlar, bitki su tüketimine dayalı sulama uygulamalarının, etkili bir su dağıtım programı olabileceğini belirtmişlerdir.

Zhao ve ark. (2010), Çin'in Heihe havzasında yetiştirilen mısırın su tüketimini 6 farklı yöntemle belirlemişlerdir. Gerçek bitki su tüketiminin (ET_c) belirlenmesinde toprak su dengesi ve Bowen oranı-enerji dengesi yöntemleri kullanılırken, referans bitki su tüketiminin (ET_0) hesaplanmasında Priestley-Taylor, Penman, Penman-Monteith ve Hargreaves yöntemleri kullanılmıştır. Bowen oranı-enerji dengesi, Penman, Penman-Monteith, toprak su dengesi, Priestley-Taylor ve Hargreaves yöntemleriyle mevsimlik toplam ET_c değerleri sırasıyla 777.75, 693.13, 618.34, 615.67, 560.31 ve 552.07 mm, aynı yöntemlerden sırasıyla günlük değerler ise 5.26, 4.68, 4.18, 4.16, 3.79 ve 3.73 mm/gün olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, Çin'in kurak bölgelerinde ET_c değerinin belirlenmesinde, Hargreaves ve Priestley-Taylor yöntemlerini alternatif yöntemler olarak önermişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu deneme arazisinde 2008 ve 2009 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma yeri, 40° 02' kuzey enlemi ve 28° 23' doğu boylamında yer almakta olup, deniz seviyesinden yüksekliği 22 metredir.

3.1.2. Toprak Özellikleri

Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi, araştırma alanında 120 cm toprak derinliğindeki her 30 cm'lik katmanda toprak bünye sınıfı killi-tındır. Hacim ağırlığı değerleri 1.36 – 1.49 g/cm³ arasında değişmektedir. Deneme alanının 90 cm toprak derinliği için toplam kullanılabilir su tutma kapasitesi 184.37 mm/90cm olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı toprakları alkali (pH=7.9), orta düzeyde kireçli, tuzsuz, organik madde bakımından orta, azot bakımından çok iyi, fosfor bakımından yetersiz ve diğer mikro besin elementleri yönüyle yeterlidir.

3.1.3. Su Kaynağı Özellikleri

Sulama suyu, deneme alanına 30 m uzaklıktaki bir sondaj kuyusundan elektrik motorlu pompa ile sağlanmıştır. Su örnekleri, Laben Zirai Analiz Laboratuvarında analiz edilmiş ve Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk Laboratuvarı'nın hazırladığı diyagrama göre sınıflandırılmıştır. Buna göre EC değerine göre tuzluluk durumu değerlendirildiğinde 3. sınıfta (C₃) yer alan sulama suyu, yüksek düzeyde tuz içermektedir. Potansiyel tuzluluk durumuna göre killi topraklar için 2.sınıf, kumlu ve tınlı topraklar için ise 1. sınıf bir sulama suyudur. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) bakımından değerlendirildiğinde sulama suyu, 1.sınıfa (S₁) girmektedir. Klor (Cl) ve sülfat (SO₄) içeriği yönünden 1. sınıf bir sulama suyudur (Çizelge 3.3) (Yurtsever ve Sönmez 1992).

Çizelge 3.1. Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Tane İrilik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi	
	Kum	Silt	Kil			Pw (%)	(mm)	Pw (%)	(mm)	Pw (%)	(mm)
0 – 30	23.90	47.40	28.70	Killi-Tın	1.44	37.47	161.46	22.77	98.13	14.70	63.33
30 – 60	23.47	41.37	35.17	Killi-Tın	1.36	39.82	162.05	25.34	103.13	14.48	58.92
60 – 90	23.51	42.00	34.48	Killi-Tın	1.44	39.90	172.79	25.55	110.67	14.34	62.12
90 – 120	29.05	44.42	26.54	Killi-Tın	1.49	36.02	160.63	21.84	97.37	14.19	63.26
0 – 90	–	–	–	–	–	–	496.30	–	311.94	–	184.37

Çizelge 3.2. Deneme Alanı Topraklarının Kimyasal Özellikleri

Yıllar	Toprak Derinliği (cm)	pH	Kireç (%)	Tuz (%)	Organik Madde (%)	Toplam N (%)	Alınabilir P P ₂ O ₅ (kg/da)	Alınabilir K K ₂ O (kg/da)	Alınabilir Ca CaO (kg/da)	Alınabilir Mg MgO (kg/da)	Alınabilir Fe (ppm)	Alınabilir Mn (ppm)	Alınabilir Zn (ppm)	Alınabilir Cu (ppm)
2008	0 – 30	7.8	11.2	0.018	1.8	0.165	7.9	142.3	1953.4	293.8	4.14	3.11	1.09	1.74
	30 – 60	7.8	11.8	0.021	2.5	0.146	3.9	74.9	2083.6	323.6	7.51	3.36	0.60	2.28
	60 – 90	8.0	13.5	0.026	1.9	0.090	3.5	75.2	1936.2	480.1	8.99	4.35	0.29	2.58
2009	0 – 30	7.8	11.0	0.020	2.2	0.145	7.1	130.5	1935.2	288.1	6.48	4.12	0.95	1.85
	30 – 60	7.7	11.2	0.025	2.8	0.140	4.2	72.4	1986.3	314.5	7.41	3.48	0.54	2.42
	60 – 90	7.9	12.8	0.028	2.0	0.090	3.2	73.2	1940.2	381.2	7.62	4.26	0.25	2.54

Çizelge 3.3. Denemede Kullanılan Sulama Suyunun Özellikleri

Elektriksel İletkenlik, EC (dS/m)	1.49 C₃
Sodyum Adsorpsiyon Oranı, SAR (me/L)	0.707 S₁
Ph	7.3
K ⁺ (me/L)	0.5
Ca ⁺² (me/L)	6.5
Mg ⁺² (me/L)	7.9
Na ⁺ (me/L)	1.9
HCO ₃ ⁻ (me/L)	11.3
Cl ⁻ (me/L)	3.0
SO ₄ ⁻² (me/L)	2.5
Potansiyel Tuzluluk PS, (me/L)	4.3

3.1.4. İklim Özellikleri

Çalışma alanı ılıman bir iklime sahip olup, yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlıdır. Mustafakemalpaşa için ilk don 16 Aralık, son don ise 16 Mart tarihlerinde gerçekleşmektedir. Mustafakemalpaşa Devlet Meteoroloji İstasyonundan alınan uzun yıllar ortalama iklim verilerine göre yağış, sıcaklık ve oransal nem değerleri sırasıyla 679 mm, 14.2 °C ve %67'dir (Çizelge 3.4). Yıllık ortalama yağış miktarına göre araştırma alanı, yarı nemli iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır (600–700 mm arası) (Jensen 1980). Ancak yağışın büyük bir bölümü kış aylarında düşmekte, bitki gelişme döneminde ise çok sınırlı miktarda yağış gerçekleşmektedir. Denemenin yürütüldüğü 2008 ve 2009 yıllarında, bitki yetiştirme dönemi boyunca düşen yağış miktarı sırasıyla 102 mm ve 191.6 mm'dir. Bu değerler, yıllık ortalama yağışın %15-28'ine karşılık gelmektedir. Deneme yıllarına ilişkin iklim parametreleri Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6'da özetlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü yıllarda yetiştirme dönemleri için gerekli iklim parametreleri deneme alanına yaklaşık 1 km uzaklıkta bulunan Mustafakemalpaşa Devlet Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır.

Çizelge 3.4. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 1975–2007 Yılları Arasında Ölçülen Ortalama İklim Verileri

İklim Parametreleri	Gözlem Süresi (Yıl)	Yıllık Değeri	AYLAR											
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	33	14.2	5.3	5.8	8.4	12.9	17.2	21.6	23.6	23.3	19.6	15.2	10.2	7.0
Ortalama Bağıl Nem (%)	33	67	75	72	69	66	65	60	61	62	65	70	74	75
Yağış Miktarı (mm)	30	678.9	87.1	79.1	64.9	57.9	42.9	23.4	13.9	14.9	31.2	69.7	92.2	101.7
Ortalama Karla Örtülü Gün Sayısı	13	10.4	2.4	5.3	2.2	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.4
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	26	2.0	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.8	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	2.1
Ortalama Toprak Sıcaklığı (5 cm)	33	16.2	4.8	5.9	9.1	14.9	20.8	26.3	27.9	27.3	22.6	16.1	10.9	7.2
Ortalama Toprak Sıcaklığı (10 cm)	33	-3.6	-3.6	-3.4	-1.4	2.5	8.2	12.8	14.7	11.8	10.4	1.0	0.0	-0.6
Güneşlenme Süresi (saat/gün)	33	6.34	2.59	3.34	4.21	6.02	8.13	10.16	11.13	10.40	8.23	6.56	4.16	3.06

Çizelge 3.5. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 2008 Yılında Ölçülen Ortalama İklim Verileri

İklim Parametreleri	Yıllık Değeri	AYLAR											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	15.1	2.5	5.5	12.5	15.9	18.1	23.1	24.3	24.1	20.2	16.0	11.9	7.3
Ortalama Bağıl Nem (%)	75	88.2	82.4	71.0	68.6	66.7	63.2	60.9	62.0	76.1	82.8	89.2	89.8
Yağış Miktarı (mm)	534.0	32.8	41.4	106.4	31.2	24.8	10.8	-	-	87.2	48.8	73.4	77.2
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2.2	2.0	2.5	2.5	2.3	2.3	2.6	2.7	1.9	2.2	2.1	1.8	1.9
Ortalama Toprak Sıcaklığı (5 cm)	16.5	3.7	5.8	11.1	14.0	19.7	25.3	27.8	27.3	23.3	17.3	13.6	8.5
Ortalama Toprak Sıcaklığı (10 cm)	16.6	3.9	5.9	11.1	14.0	20.1	25.8	27.9	28.0	23.6	17.4	13.7	8.6
En Yüksek Sıcaklık (°C)	39.4	14.1	22.4	26.8	35.4	34.6	39.4	36.7	36.9	36.6	28.9	26.8	24.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.2	-6.8	-9.2	3.4	3.5	5.3	10.2	13.8	12.5	11.7	7.0	0.8	-1.9

Çizelge 3.6. Mustafakemalpaşa Meteoroloji İstasyonunda 2009 Yılında Ölçülen Ortalama İklim Verileri

İklim Parametreleri	Yıllık Değeri	AYLAR											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	15.2	6.4	7.4	8.9	12.1	18.4	23.2	25.2	23.4	19.7	17.3	10.7	9.6
Ortalama Bağıl Nem (%)	78.2	86.5	86.6	80.2	80.4	69.5	62.2	64.0	68.1	78.5	83.3	90.7	88.1
Yağış Miktarı (mm)	762.5	106.6	136.6	111.1	36.9	37.8	6.4	-	-	67.4	80	70.6	109.1
Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2.3	1.9	2.5	2.3	2.1	2.6	2.5	2.6	2.8	2.2	2.0	1.7	1.8
Ortalama Toprak Sıcaklığı (5 cm)	16.7	6.3	8.3	9.4	14.2	19.3	25.0	29.1	28.2	22.8	18.0	10.6	8.8
Ortalama Toprak Sıcaklığı (10 cm)	16.9	6.4	8.4	9.6	14.3	19.5	25.4	29.4	28.6	23.0	18.3	11.0	8.9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	37.8	20.3	23.3	25.3	26.7	32.9	37.0	37.8	34.0	34.8	30.7	25.0	23.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.9	-2.9	-0.2	-0.7	2.8	7.9	12.2	15.4	12.8	9.4	8.0	-0.6	-0.9

3.1.5. Bitki Özellikleri

Araştırmada, Bursa, Ege, Çukurova ve Adapazarı için ana ürün olarak önerilen yüksek verim potansiyeline sahip hibrit Pioneer 31P41 mısır çeşidi kullanılmıştır. Anılan çeşidin olgunlaşma süreci 115–125 gün arasında değişmektedir. Pioneer 31P41, yaprak hastalıklarına dayanıklı olup sap ve kök sistemi çok kuvvetlidir. Hem taneye hem de silaja uygun bir çeşit olmakla beraber genellikle tane mısırı olarak tarımı yapılmaktadır. Anılan çeşidin, değişik toprak bünyelerine karşı uyum yeteneği yüksektir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak ve Su Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri

3.2.1.1. Toprak ve Su Örneklerinin Alınması

Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, üç adet profil çukuru açılarak, 0–120 cm profil derinliğinden 30 cm'lik katmanlardan bozulmuş ve 100 cm³ lük çelik silindirlerle bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı, bozulmuş örneklerden ise toprağın diğer fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Şekil 3.1). Ayrıca, gübreleme gereksinimini ve toprağın kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, sistematik örnekleme esasına göre Hollanda tipi burgu ile 0–30, 30–60 ve 60–90 cm derinliklerden örnekler alınmıştır (Ülgen ve Yurtsever 1984).

Denemelerde kullanılan sulama suyunun özelliklerini belirlemek amacıyla, Ayyıldız (1983) tarafından belirtilen esaslara göre denemeler başlamadan önce su örnekleri alınmıştır.

3.2.1.2. Toprak ve Sulama Suyu Örneklerinin Analizleri

Toprağın fiziksel analizleri, Eskişehir Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsünde, kimyasal analizleri ise Antalya Laben Zirai Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanmasında; toprak bünyesi, Bouyoucos (1962) tarafından esasları verilen Hidrometre yöntemiyle, hacim ağırlığı, bozulmamış toprak örneklerinden belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve solma

noktası, basınçlı plaka aleti kullanılarak, bozulmuş toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttukları nem miktarlarının saptanmasıyla bulunmuştur. pH, saturasyon çamurunda cam elektrotlu bir pH metre ile toplam tuz, doymuş durumdaki toprak macununun elektriksel direncini ölçen "Conductivity Bridge Model RC 216 B2" aleti ile belirlenmiştir (Carter ve Gregorich 2008). Organik madde, Reuterberg ve Kremkus yöntemi kullanılarak organik karbon'un belirlenmesiyle hesaplanmıştır (Kovancı 1964). Toplam azot, Makro-Kjeldhal Yöntemi kullanılarak (Bremner 1965), alınabilir fosfor ise Bray ve Kurtz I Yöntemine göre spektrofotometre ile ölçülmüştür (Olsen ve Dean 1965). Değişebilir potasyum, Kacar (1962)'de belirtilen esaslara göre Fleymfotometre ile ölçülmüştür.

Sulama suyu analizleri, Amerikan Tarım ve Biyoloji Mühendisleri Kurumu (ASABE) talimatlarına göre yapılmıştır.



Şekil 3.1. Toprak Örneklerinin Alınması

3.2.2. Tarımsal İşlemler

Deneme süresi boyunca yapılan tarımsal işlemler Çizelge 3.7’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.7. Deneme Süresince Yapılan Tarımsal İşlemler

Tarımsal İşlemler	2008 Deneme Yılı	2009 Deneme Yılı
Deneme alanı topraklarının sürülmesi.	14.04.2008	13.04.2009
7 kg/da P ₂ O ₅ , 10 kg/da N gübre uygulanması.	16.04.2008	21.04.2009
Diskaro ve rotovatorle toprak işleme.	16.04.2008	21.04.2009
Parselasyon hazırlanması.	24–25.04.2008	25–26.04.2009
Damla sulama sistemi kurulması.	05–12.05.2008	26–30.04.2009
Tüm parsellere eşit miktarda sulama suyu verilmesi.	13.05.2008	07.05.2009
Mısır ekiminin elle yapılması.	14.05.2008	08.05.2009
Tüm parsellerin TK ne kadar sulanması.	14.05.2008	08.05.2009
200 ml/da Cengaver ot ilacı atılması.	16.05.2008	11.05.2009
Çapa yapılması.	22–24.05.2008	-
Tekleme ve çapa yapılması.	27–29.05.2008	22–25.05.2009
Konulara göre ilk sulama uygulaması.	25.06.2008	16.06.2009
Hasat.	07.10.2008	04.10.2009

3.2.3. Toprak Hazırlığı ve Ekim

Denemeler için toprak hazırlıklarına 2007 ve 2008 yılları sonbaharında başlanmıştır. Sonbahar döneminde kulaklı pullukla derin bir biçimde sürülen toprak, 2009 ve 2010 ilkbaharlarına kadar boş bırakılmıştır. Her iki yılda da ilkbaharda yüzlek bir sürüm yapılmıştır. Toprak örneklerinin analizine göre önerilen gübreleme programı uygulanmış, diskaro ve ardından toprak frezesi çekilerek deneme alanı toprakları ekime hazır duruma getirilmiştir. Araştırma alanı kazıklarla ve iplerle daha önce tasarlandığı gibi parsellere ayrılmıştır. Parsellerin ortaya çıkmasından sonra damla sulama sistemi kurulmuş, her sıraya bir damla sulama borusu çekilmiştir.

Gravimetrik yöntemle deneme parsellerinin mevcut nem içeriği belirlenmiş ve 0–90 cm’lik toprak profilinin tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan sulama suyunun yarısı ekimden önce, diğer yarısı da ekimden hemen sonra verilerek sulama yapılmıştır. Gerdirilmiş damla sulama borularının 5 cm uzağına ve 4–5 cm derinliğe elle, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri ise 20 cm olacak biçimde 14 Mayıs 2008 ve 08 Mayıs 2009 tarihlerinde, dekara 7143 adet mısır tohumu ekilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Toprak Hazırlığı, Parsellerin Oluşturulması ve Ekim

3.2.4. Gübreleme

Uygulanan gübre miktarı, alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizler sonucu belirlenmiştir. Gübre, pullukla sürüm sonrası, diskaro çekmeden önce, ekimin elle yapılması nedeniyle serpmeye şeklinde uygulanmıştır. Mısır gübrelemesi konusunda yapılan çalışmalara göre özellikle hesaplanan azotlu gübre miktarının 2/3'ünün ekimle birlikte, kalan 1/3'ünün ise yapılacak birinci sulamadan önce uygulanması gerektiği önerilse de (Kırtok 1998), araştırma konusu sulama olduğundan ve parsellere su kısıntılı uygulandığından, bitki gelişme dönemlerinde uygulanacak gübrenin verim üzerine olası etkilerini önlemek amacıyla tüm konulara gübrenin tamamı ekimle birlikte uygulanmıştır (Ul 1990). Bu amaçla dekara 50 kg Amonyum Sülfat ve 15 kg Triple Süper Fosfat gübre uygulanmıştır.

3.2.5. Yabancı Ot ve Zararlı Kontrolü

Bitkisel üretimde verim üzerine önemli oranda olumsuz etkisi bilinen yabancı otların, özellikle daha önce yapılan denemelerde de gözlenmesi nedeniyle, mısır tohumlarının toprağa ekilmesini izleyen 1–4 gün içinde, çıkıştan önce kullanılması önerilen Cengaver adlı herbisit, ekimden 1 gün sonra 200ml/da olacak biçimde tüm deneme alanına uygulanmıştır. Cengaver, litrede 768 g Acetochlor etken madde içermekte olup emülsiyon konsantre (EC) formunda bir ilaçtır. İlaçlama, sırt pülverizatörü ile yapılmıştır.

2009 yılında yapılan denemede yaprak biti ve yaprak piresi ile mücadele amaçlı suda eriyebilir toz (SP) formunda %20'lik Acetamiprid etken maddeli insektisit 01.06.2009 tarihinde 20g/da uygulama yapılmıştır. Deneme süresi boyunca, mısır bitkisinde yaygın olarak görülen sap kurdu ve koçan kurdu zararlılarına rastlanmamıştır.

3.2.6. Deneme Deseni ve Araştırma Konuları

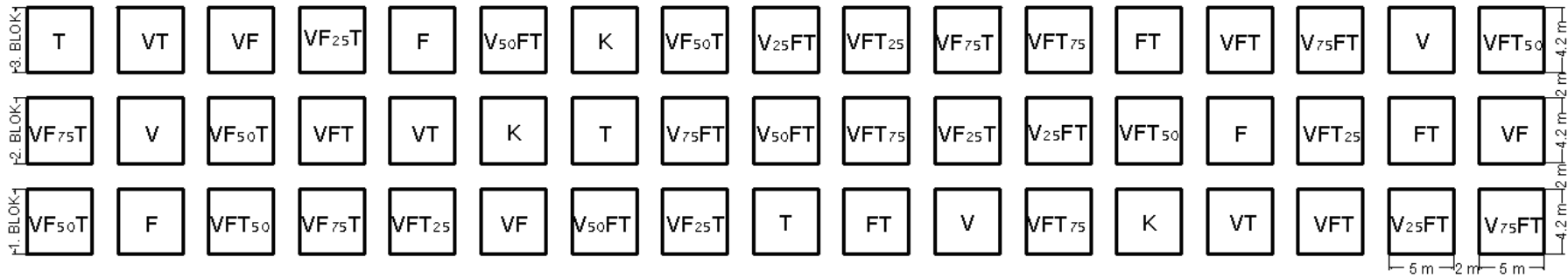
Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Deneme parselleri, 0.7 m sıra aralığı ve 0.2 m sıra üzeri ekim planında 6 sıra bitki içerecek biçimde $4.2 \times 5 \text{ m} = 21 \text{ m}^2$ boyutlarında hazırlanmıştır. Blokların ve aynı blok içindeki parsellerin birbirine olan uzaklıkları 2 m olacak biçimde planlanmıştır. Bir parselin ayrıntılı görünümü ile deneme konularının dağılımı, sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir.

Konular, mısır bitkisinin toplam gelişme süresi içinde sulama yönünden kritik bitki gelişim aşamaları dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Sulama konularına esas olacak kritik bitki gelişim aşamalarını belirlemek amacıyla aşağıda verilen 3 kritik bitki gelişim dönemi ele alınmıştır (Doorenboss ve Kassam 1979, Musick ve Dusek 1980, UI 1990, Igbadun ve ark. 2007).

1. Vejetatif gelişme dönemi (V): Bitkide 6–8 yaprak oluşumundan sonra başlayıp, yapraklanmanın veya başka bir anlatımla boyuna uzamanın durmasına (tepe püskülü oluşumu) kadar geçen süreyi kapsamaktadır.

2. Çiçeklenme dönemi (F) : Tepe püskülü ve koçan püskülü oluşumu ile birlikte döllenmeyi de içine alan bu gelişim aşaması, tepe püskülünün oluşumu ile birlikte başlamakta, koçanın normal büyüklüğüne ulaşmasıyla sona ermektedir.



Şekil 3.4. Tesadüf Blokları Deneme Desenine Göre Konuların Dağılımı

Çizelge 3.8. Fenolojik Gelişme Dönemlerine Göre Kısıntılı Sulama Programı

Sulama Konuları	Fenolojik Gelişme Dönemleri			
	Çimlenme (0)	Vejetatif Gelişme (I)	Çiçeklenme (II)	Tane Oluşum ve Olgunlaşma (III)
K	+	-	-	-
V	+	+	-	-
F	+	-	+	-
T	+	-	-	+
VF	+	+	+	-
VT	+	+	-	+
FT	+	-	+	+
VFT	+	+	+	+
V ₇₅ FT	+	%25 Kısıntı ^a	+	+
V ₅₀ FT	+	%50 Kısıntı ^b	+	+
V ₂₅ FT	+	%75 Kısıntı ^c	+	+
VF ₇₅ T	+	+	%25 Kısıntı ^a	+
VF ₅₀ T	+	+	%50 Kısıntı ^b	+
VF ₂₅ T	+	+	%75 Kısıntı ^c	+
VFT ₇₅	+	+	+	%25 Kısıntı ^a
VFT ₅₀	+	+	+	%50 Kısıntı ^b
VFT ₂₅	+	+	+	%75 Kısıntı ^c

- Sulama yok.

+ 0 – 90 cm toprak derinliği için tarla kapasitesi ile mevcut nem arasındaki fark kadar sulama.

^a Belirtilen gelişme döneminde, 0–90 cm toprak derinliği için, tarla kapasitesi ile mevcut nem arasındaki farka %25 kısıntı yapılarak sulama.

^b Belirtilen gelişme döneminde, 0–90 cm toprak derinliği için, tarla kapasitesi ile mevcut nem arasındaki farka %50 kısıntı yapılarak sulama.

^c Belirtilen gelişme döneminde, 0–90 cm toprak derinliği için, tarla kapasitesi ile mevcut nem arasındaki farka %75 kısıntı yapılarak sulama.

3.2.7. Toprak Nemi Gözlemleri

Toprak nemi gözlemleri gravimetrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Sulamadan 1 gün önce, orta bloklardaki tüm parsellerden (Ul 1990, Yılmaz ve ark. 2005a, Demir ve ark. 2006) ve 0–30, 30–60, 60–90 ve 90–120 cm toprak katmanlarından örnekler alınmıştır (Şekil 3.5). Buradan elde edilen değerlere göre nem içerikleri ağırlık yüzdesi (%), hacim yüzdesi (%) ve derinlik (mm) cinsinden hesaplanmıştır (Karam ve ark. 2003).

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, toprak nem içeriğini belirlemek amacıyla 1. ve 3. bloklardan örnek alınmamış, ancak, bu bloklardaki parsellere de örneğin alındığı orta bloktaki benzer konular için hesaplanan sulama suyu miktarına eşit miktarda su uygulanmıştır (Ul 1990, Yılmaz ve ark. 2005a, Demir ve ark. 2006).



Şekil 3.5. Toprak Nem İçeriğinin Gravimetrik Yöntemle Belirlenmesi

3.2.8. Sulama Yöntemi, Sulama Zamanı ve Uygulanacak Sulama Suyunun Belirlenmesi

Deneme parsellerinin uzunluğu 5 m, genişliği 4.2 m olacak biçimde düzenlenmiştir. Her bitki sırasına bir lateral boru hattı gelecek biçimde, bitki sırasının 5 cm uzağına damla sulama boruları yerleştirilmiştir. Bu koşulda ıslatılan alan oranı (P) 0.29 olarak belirlenmiştir. Laterallere su, parsellerin kenarından geçirilmiş 25 mm dış çaplı polietilen kangal borulardan verilmiştir. Her lateral boru hattı, manifold boru hatlarına mini küresel vana ile bağlanmıştır. Damla sulama sistemine ilişkin bir parselin ayrıntılı görünümü Şekil 3.4'de verilmiştir.

Sistemde, dış çapı 16 mm olan, 1 atm işletme basıncında 2 L/h debiye sahip, 20 cm aralıklarla laterallere geçik tipte (inline) damlaticılar içeren, 1 mm et kalınlığında, basınç regülatörlü damla sulama boruları kullanılmıştır.

Uygulanacak sulama suyu, derinlik cinsinden belirlendikten sonra, damlaticı debilerine bağlı olarak bir parselde verilecek su miktarı, sulama süresine çevrilmiştir. Sulama sisteminde basınç regülatörü kullanılarak basıncın 1 atm işletme basıncında tutulması sağlanmıştır.

Sulama suyu, kısıntılı sulama yapılan parsellere 0–90 cm toprak derinliğinin tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan suyun %75, %50 ve %25'i kadar, kısıntısız sulama yapılan parsellere ise tamamı uygulanmıştır.

Sulamalar mısır bitkisinin gelişme dönemleri dikkate alınarak kısıntılı ve tam uygulamalar biçiminde haftalık olarak yapılmıştır (Okay 2006, Igbadun ve ark. 2008). Bitkiler fizyolojik olgunluğa ulaştığı zaman sulama uygulamalarına son verilmiştir.

3.2.9. Mısır Bitkisine İlişkin Gözlem ve Ölçümler

3.2.9.1. Gelişme Dönemleri

Mısır bitkisinin vejetatif gelişme, çiçeklenme, tane olum ve olgunlaşma dönemlerinin tarihleri ve bu dönemlerdeki gelişmeleri, 3.2.6 bölümünde açıklanan özelliklere göre gözlenmiştir.

3.2.9.2. Bitki Boyu, Gövde Kalınlığı ve Yaprak Sayısı

Denemede yer alan 51 parselde; her parselin 1. ve 6. sıraları sınır etkisi nedeniyle gözlem dışı bırakılmış, 2, 3, 4 ve 5. sıralardan 10 bitki etiketlenerek toprak yüzeyinden tepe püskülünün ucuna kadar olan uzunlukları şerit metre ile ölçülmüş ve elde edilen değerlerden ortalama bitki boyu hesaplanmıştır (Kang ve ark. 2000). Çıkış döneminden tepe püskülü dönemine kadar olan gelişme döneminde ise en son çıkan yaprağa kadar olan uzunluklar ölçülmüştür. Aynı bitkilerin toprak üzerindeki ilk boğum arasının çapı kumpasla ölçülerek gövde kalınlıkları belirlenmiştir. Ayrıca işaretli olan bu bitkilerin yaprakları sayılarak ortalamaları alınmıştır (Turgut ve ark. 2005). Ölçümler haftalık olarak yapılmıştır.

3.2.9.3. Yaprak Alan İndeksi

Yaprak alanı gözlemlerine, ekim tarihinden itibaren 35 gün sonra başlanmıştır. Ölçümler haftalık olarak tekrar edilmiş ve tane olgunlaşma dönemine kadar (ekimden itibaren 105. gün) devam edilmiştir (Karam ve ark. 2003, Çakır 2004).

Sulama konularına göre yaprak alanları, her üç bloktaki tüm parsellerden, kenar etkisi olarak bırakılan tanık bitkiler üzerinden yapılmıştır. Bu amaçla her ölçümde 1 bitki toprak yüzeyinden kesilerek örneklenmiştir. Örneklenen bitkinin yaş ağırlığı ölçülüp yaprakları gövdeden ayrıldıktan sonra yaprak alanları, LI-3000 A (LI-COR, Lincoln, Leaf area meter) aleti ile ölçülmüştür. Bir bitkinin toplam yaprak alanı, bitkiye arazide bırakılan alana oranlanarak yaprak alan indeksi (LAI) belirlenmiş ve üç bloğun ortalaması alınmıştır (Jensen 1980).

3.2.9.4. Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas) Verimi

Toprak üstü kuru madde verimi, mısır bitkisinin farklı fenolojik dönemlerinde ve hasat aşamasında belirlenmiştir (Karam ve ark. 2003, Çakır 2004).

Fenolojik gelişme evrelerinde ölçümler haftalık olarak yapılmıştır (Çakır 2004). Bu amaçla, her parselin 1. ve 6. sıralarından parseli temsil eden 1 bitki toprak seviyesinden kesilmiştir. Alınan örnekler bir sera içerisinde 1 hafta boyunca kurumaya bırakılmış ve daha sonra etüvde 70 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) kurutulmuştur (Payero ve ark. 2008). Kurutulan bitkinin ağırlığına göre, bir bitkinin kapladığı alan (0.14 m²) dekara oranlanarak toprak üstü kuru madde verimi kg/da olarak hesaplanmıştır (Howell ve ark. 1995).

Hasatta ise her parselin 2, 3, 4 ve 5. sıralarından ve her sıranın başındaki ve sonundaki 3 bitki dışında kalan alandan rastlantısal olarak alınan 10 adet bitki toprak seviyesinden kesilmiş, yapraklar ve koçanlar gövdeden ayrılmıştır. Koçanlar kavuzlarından ayrıldıktan sonra elle tanelenmiştir. Yukarıda belirtilen yöntemle kurutulduktan sonra 10 bitkinin toplam kuru ağırlığı belirlenmiş ve 10 bitkinin kapladığı alan (1.4 m²) dekara oranlanarak toprak üstü kuru madde verimi hesaplanmıştır (Gökmen ve ark. 2001, Çakır 2004, Turgut ve ark. 2005).

3.2.9.5. Yeşil ot verimi

Yeşil ot verimi, farklı yetiştiricilik uygulamaları karşısında bitkilerin sergiledikleri performansları karşılaştırmak için kullanılan temel özelliklerden biridir (Çarpıcı 2009). Yeşil ot verimi, süt olum dönemi ile sarı olum dönemi arasında kalan hamur olum döneminde, her parselin 6. sıralarından 12, 13 ve 14. bitkiler toprak seviyesinden kesilmiş, tartılmış ve yeşil ot verimleri belirlenmiştir. Bu üç bitkinin kapladığı alandan (0.7 x 0.6 m = 0.42 m²) elde edilen yeşil ot verimleri daha sonra dekar verimine dönüştürülmüştür (Çarpıcı 2009).

3.29.6. İlk Koçan Yüksekliği, Koçan Boyu ve Koçan Çapı

Hasatta, sulama konularından etiketlenmiş 10 bitkide ölçümler yapılmıştır. Koçan yüksekliği ölçülürken, toprak seviyesinden koçanın bağlı olduğu boğuma kadar olan mesafe ölçülerek ortalaması alınmıştır. Koçan boyu ölçülürken, koçanın uzunluğu

esas alınarak ortalama koçan boyu bulunmuştur. Koçan çapı ise koçan'ın tam ortasından kumpasla ölçülerek belirlenmiştir (Okay 2006).

3.2.9.7. Taneleme Yüzdesi

Hasatta, her üç bloktan 10 adet koçan kopartılarak tartılmıştır. Söz konusu koçanlar elle tanelerine ayrılarak, tane ağırlıkları hassas tartı ile tartılmış ve tane ağırlığının koçan ağırlığına oranı ile taneleme yüzdesi hesaplanmıştır (Okay 2006).

3.2.9.8. Tek Koçan Ağırlığı

Hasatta, her üç bloktan çeşidi temsil eden 10 adet koçan kopartılarak tek tek tartılmıştır. Elde edilen ağırlıkların ortalaması alınarak gram cinsinden ifade edilmiştir (Gökmen ve ark. 2001).

3.2.9.9. Bin Tane Ağırlığı

Hasat aşamasında, her parseli temsil eden tanelenmiş mısırlardan rastgele 200 tanesi seçilerek ağırlıkları ve tanedeki nem içeriği %15'e düşürüldükten sonra, ortalama değerler 5 ile çarpılarak 1000 tane ağırlığı hesaplanmıştır (Gökmen ve ark. 2001).

3.2.9.10. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı, 100 litre hacimdeki tane mısırın kg ağırlığı olarak ifadesidir. Ölçümler, bu amaç için geliştirilmiş hektolitre ağırlığı ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.6). Ölçü silindirindeki madeni ağırlık üstte duracak biçimde ayarlandıktan sonra bıçak, ölçü silindirindeki yerine yerleştirilmiştir. Üzerine doldurma borusu takılıp, tanelenmiş mısır örnekleri doldurma borusuna 4 cm yukarıdan 12 saniye içinde boşaltılmıştır. Bıçak çekildikten sonra madeni ağırlığın etkisiyle mısır tanelerinin ölçü silindirine dolması sağlanmış ve bıçak tekrar yerine takılmıştır. Bıçağın üzerinde, dolayısıyla doldurma borusunda kalan mısır taneleri boşaltılmıştır. Bıçak çekildikten sonra ölçü silindirinin içinde kalan mısır, darası alınmış bir kaptan tartıldıktan sonra, sonuç 100 ile çarpılarak hektolitre ağırlıkları belirlenmiştir (Şehirli 2002).



Şekil 3.6. Hektolitire Ölçüm Cihazı

3.2.9.11. Hasat Nemi

Koçanlardan ayrılan taneler karıştırılarak, nem ölçümü Kett Grain Moisture Tester PM-400® marka nemölçer aleti ile üç yinelemeli olarak yapılmış ve nem değerlerinde herhangi bir uç değer olmadığı görüldüğünde ortalamaları alınarak hasat nemi belirlenmiştir (Çarpıcı 2009).

3.2.9.12. Tane Verimi

Tane veriminin belirlenmesi amacıyla örnekleme parselinden hasat edilen koçanlar, bir harman makinesinden geçirilerek tanelerine ayrılıp tartılarak o parselin tane verimi doğrudan ölçülmüştür (Şekil 3.7). Daha sonra parsel verimleri aşağıdaki eşitliğe göre % 15 nem esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\%15 \text{ Nem'e göre düzeltilmiş ağırlık} = \text{Parsel tane ağırlığı} \times \frac{(100 - \text{nem})}{85}$$

3.2.9.13. Hasat İndeksi

Beadle (1985), hasat indeksini (HI), birim alandan elde edilen tane veriminin toprak üstü kuru madde miktarına oranı olarak tanımlamıştır. Buna göre eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$HI = \frac{Y}{DM}$$

Eşitlikte;

- HI : Hasat indeksi,
 Y : Birim alandan elde edilen tane verimi (kg),
 DM : Birim alandan elde edilen toprak üstü kuru madde ağırlığıdır (kg).



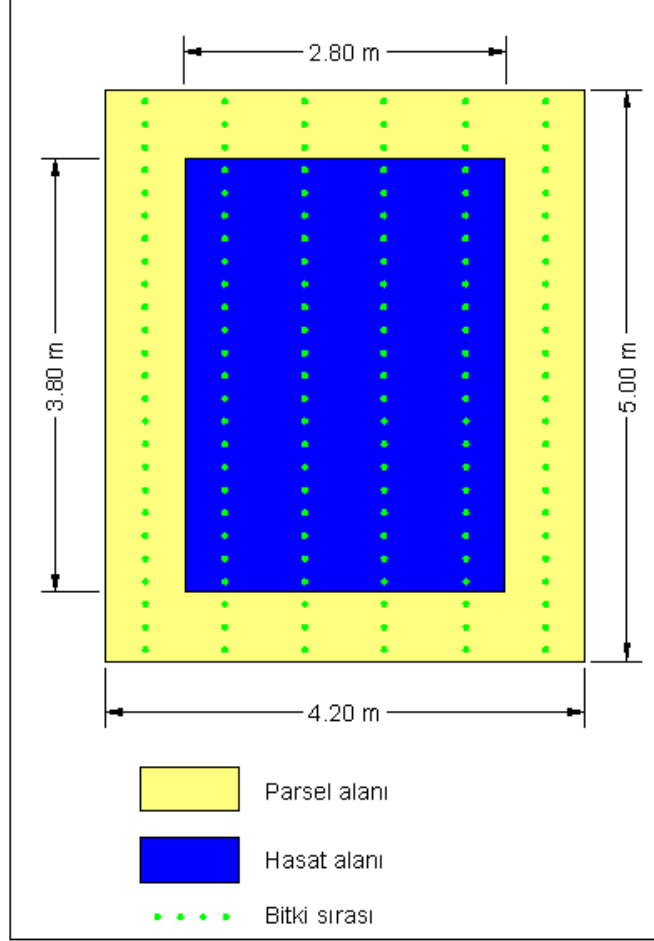
Şekil 3.7. Örnekleme Parselinden Hasat Edilen Koçanların Tanelenmesi

3.2.10. Hasat

Koçan püsküllerinin kuruduğu, tanelerin sertleştiği, koçan kavuzlarının iyice sarardığı ve tanelerdeki su oranının %50'den aşağı düştüğü dönemde, koçanlar elle hasat edilmiştir (Gençoğlan 1996).

Hasatta kenar etkisini gidermek için parsellerin 1 ve 6. sıraları hasat edilmemiş, 2, 3, 4 ve 5. sıralardan parsel başından ve sonundan 3'er bitki ayrılarak, kalan 4 sıra elle hasat edilmiştir (Okay 2006). Tane veriminin belirlenmesinde göz önüne alınan hasat alanına ilişkin bir plan Şekil 3.8'de verilmiştir.

Örnekleme alanından hasat edilen koçanlar bir harman makinasıyla, bazı verim bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla her parselden örnekleme amacıyla kesilen mısır bitkilerinden ayrılan koçanlar ise elle tanelenmiştir. Tanelenmiş mısırın su içeriğini belirlemek için örnekler alınarak ayrı ayrı tartılmış ve tane verimi %15 nem içeriğine göre düzeltilmiştir (Howell ve ark. 1995, Gençoğlan 1996, Howell ve ark. 1997).



Şekil 3.8. Tane Veriminin Belirlenmesinde Göz Önüne Alınan Hasat Alanı

3.2.11. Bitki Su Tüketimi

Her sulama konusu için bitki su tüketimi (ET), aşağıda verilen su dengesi eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Garrity ve ark. 1982, James 1993).

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

Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi (mm),

I : Uygulanan sulama suyu miktarı (mm),

- P : Sulama dönemi içerisinde düşen yağış miktarı (mm),
 R : Yüzey akışı ve kılcal yükselme (mm),
 ΔS : Toprak profilindeki nem değişim miktarı (mm/90cm) ve
 D : Etkili kök bölgesi olarak kabul edilen 90 cm'nin altına inen drenaj suyu (mm) değerini göstermektedir.

Burada sulama suyu değeri, konulara verilen sulama suyunun ölçümlerinden; yağış değeri deneme alanı yakınındaki Mustafakemalpaşa Devlet Meteoroloji İstasyonu rasat ölçüm kayıtlarından alınmıştır. Nem değişim miktarı, toprak profilinden gravimetrik yöntemle yapılan nem ölçümlerinden elde edilmiştir. Denemede düşen yağış değerleri 25 mm'nin üzerine çıkmadığı için tümü etkili yağış olarak kabul edilmiş ve derine sızma kayıpları da gözlenmiştir. Etkili kök derinliği 90 cm alınmasına karşın derine sızan suyun da değerlendirilebilmesi için 120 cm derinliğindeki nem değişimi dikkate alınmıştır. Damla sulama yöntemlerinde yüzey akışı olmadığı ve tarla kapasitesini aşacak düzeyde sulama konusu olmadığı için yüzey akış değeri sıfır alınmıştır. Alanda taban suyu sorunu bulunmadığından dolayı kılcal yükselme de sıfır kabul edilmiştir (Hanks ve ark. 1976).

Mevsimlik bitki su tüketimi, iki sulama aralığı için hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinin yığışımı toplamları alınarak belirlenmiştir.

3.2.12. Su-Üretim Fonksiyonu

Su-üretim fonksiyonları, toplam mevsimlik bitki su tüketimine karşılık oransal bitki verimi ile ilişkilidir (Stewart ve Hagan 1973, Hanks 1983, Doorenbos ve Kassam 1979) ve bitki gelişme dönemindeki su kısıntısının, verimdeki azalma oranını belirler (Jensen 1968, Minhas ve ark. 1974, Sunder ve ark. 1981). Kimi bitki gelişme dönemlerindeki su kısıntısıyla verim azalması arasındaki ilişki olarak bilinen bitki su üretim fonksiyonu, her bitki gelişme dönemindeki su kısıtlarının, bitki verimi üzerine ayrı bir etkisi olduğu varsayımıyla formüle edilir ve bir bitki gelişme dönemindeki su kısıntısının etkisi diğer gelişme dönemleri üzerinde de etkilidir (Igbadun ve ark. 2007). Genel olarak bitki su üretim fonksiyonlarının iki tipi bulunmaktadır. Bunlar çarpımsal tip ve toplamsal tiptir (Tsakiris 1982). Çarpımsal tipe göre, iki ya da daha fazla bitki gelişme döneminde bitki su kısıntısı çarpımsal bir biçimde bitki veriminde azalmaya, toplamsal tipte ise iki ya da daha fazla dönemde yapılan su kısıntısının etkisi toplamsal bir biçimde verimde azalmaya neden olabileceği yönündedir. Çarpımsal bitki su üretim fonksiyonlarının tipik örnekleri olarak Jensen (1968), Minhas ve ark. (1974) ve

Bernardo ve ark (1988) modelleri, toplamsal bitki su üretim fonksiyonlarının tipik örnekleri olarak Stewart ve ark. (1977) ile Bras ve Cordova (1981) modelleri gösterilebilir.

Bu çalışmada, toplamsal tip modellerinden modifiye edilmiş Stewart ve ark (1977) modeli, çarpımsal tip modellerinden ise Jensen (1968) modeli kullanılarak bitki su üretim fonksiyonları belirlenmiştir.

Stewart ve ark. (1977) tarafından modifiye edilmiş fonksiyon; farklı bitki gelişme dönemlerindeki su kısıntısının etkisini göz önüne alarak verim azalmasını belirlemek için önerilmiş ve aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Stegman ve ark. 1980).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = \sum_{i=1}^n k_{y_i} \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)_i$$

Eşitlikte;

k_{y_i} : Stewart nem stresi verim azalma katsayısı,

n : Bitki gelişme dönemi sayısı,

Σ : Toplam sembolü,

Y_a : Nem stresi uygulanan deneme konusundan elde edilen tane verimi (kg/da),

Y_m : Nem stresi uygulanmayan konudan (tanık konu) elde edilen tane verimi (kg/da),

ET_a : Bitkinin i . gelişme dönemi içinde nem stresi uygulanan deneme konusundan elde edilen gerçek bitki su tüketimi (mm),

ET_m : Bitkinin i . gelişme dönemi içinde nem stresi uygulanmayan deneme konusundan elde edilen gerçek bitki su tüketimidir (mm).

Jensen (1968) fonksiyonu aşağıda verilmiştir (Kipkorir ve Raes 2002, Igbadun ve ark. 2007).

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ET_{a_i}}{ET_{m_i}}\right)^{\lambda_i}$$

Burada; λ_i Jensen nem stresi duyarlılık indeksi, \prod çarpım sembolü olup, diğer parametreler daha önce açıklandığı gibidir.

3.2.13. Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Su kullanım etkinliği (WUE), bitki tarafından kullanılan birim su başına elde edilen tane verimi veya toprak üstü kuru madde verimini (Hatfield ve ark. 2001), sulama

suyu kullanım etkinliği (IWUE) ise bitkiye uygulanan birim su başına elde edilen tane verimi veya toprak üstü kuru madde verimini göstermektedir (Howell 2001).

Tane verimine ilişkin su kullanım etkinliği (WUE_g) ve sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE_g$) ile toprak üstü kuru madde verimine ilişkin su kullanım etkinliği (WUE_b) ve sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE_b$) değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Sinclair ve ark. 1984, Yazar ve ark. 1999, Howell 2001).

$$WUE = \frac{GY_i}{ET_i}$$

$$IWUE = \frac{GY_i - GY_0}{I_i - I_0}$$

Eşitliklerde;

WUE : Su kullanım etkinliği (kg/m^3),

$IWUE$: Sulama suyu kullanım etkinliği (kg/m^3),

GY_i : Deneme konusundan elde edilen tane verimi veya toprak üstü kuru madde verimi (g/m^2),

GY_0 : Çimlenme dönemi dışında bir daha sulama yapılmayan konudan elde edilen %15 nem'e göre tane verimi veya toprak üstü kuru madde verimi (g/m^2),

ET_i : Deneme konusundan elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi (mm),

I_i : Deneme konusuna göre uygulanan sulama suyu (mm),

I_0 : Çimlenme dönemi dışında bir daha sulama yapılmayan konuya uygulanan sulama suyudur (mm).

3.2.14. Verilerin Değerlendirilmesi

Tesadüf blokları deneme planında, 3 yinelemeli olarak yürütölen denemelerden elde edilen verilerden, MINITAB–14 bilgisayar paket programı kullanılarak Turan (1995)'e göre varyans analizleri yapılmış ve ortalamalar MSTAT–C paket programı kullanılarak LSD (En küçük önemli fark) testine göre gruplandırılmıştır. Önemlilik testlerinin belirlenmesinde %1 ve %5, farklı grupların belirlenmesinde ise %5 olasılık düzeyleri kullanılmıştır. Ayrıca farklı sulama konuları için elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi ve uygulanan sulama suyu değerleri ile bu değerlere karşılık verimde ve kimi bitki kalite özellikleri arasındaki ilişkiler, regresyon analizi ile araştırılmıştır. Regresyon analizleri ve grafiksel değerlendirmeler MINITAB–14 ve MS-EXCEL programları aracılığı ile yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Mısır Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Bitkinin fenolojik gelişme dönemleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mısır ekimi, 14 Mayıs 2008 ve 8 Mayıs 2009 tarihlerinde yapılmış ve ekimden 6 gün sonra çıkışlar gözlenmiştir (Şekil 4.1). Bitki boyunun 40–50 cm ve yaprak sayısının 6–8 adet olduğundan sonra başlayan ve tepe püskülü oluşumuna kadar geçen süreyi içeren vejetatif gelişme dönemi (Doorenbos ve Kassam, 1979), tüm deneme konuları için ekimden yaklaşık 35 gün sonra başlamıştır (Şekil 4.2). Tepe püskülü, ekimden yaklaşık 2 ay sonra ve vejetatif gelişme döneminden 26 gün sonra çıkmıştır (Şekil 4.3). Tepe püskülü çıkarma döneminden 4 gün sonra koçan çıkarma dönemi başlamış (Şekil 4.4) ve bu dönemden 24 gün sonra süt olum dönemi, 31 gün sonra ise hamur olum dönemi başlamıştır. Koçanlar yeterli olgunluğa ulaştığında verim oluşumu ve olgunlaşma dönemi başladığı varsayılmıştır. Fenolojik gelişme dönemleri, deneme yıllarında benzerlik göstermiştir. Sulama kısıntısı yapılan konuların, 6–10 gün önce hasada geldiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. Bitki Gelişme Dönemleri

Gelişme Dönemleri	Tarih	Ekimden Sonra Gün Sayısı	Tarih	Ekimden Sonra Gün Sayısı
Ekim	14.05.2008	0	08.05.2009	0
Çimlenme	20.05.2008	6	14.05.2009	6
Vejetatif gelişme	18.06.2008	35	11.06.2009	35
Tepe püskülü çıkarma	14.07.2008	61	08.07.2009	61
Koçan çıkarma	24.07.2008	71	18.07.2009	71
Süt olum	06.08.2008	84	31.07.2009	84
Hamur olum	13.08.2008	91	07.08.2009	91
Hasat	07.10.2008	146	04.10.2009	149

Okay (2006), Tector adlı mısır çeşidinde, çıkışı 6. gün, vejetatif gelişme dönemini 40–50. gün, tepe püskülü çıkarma dönemini 79. gün, koçan çıkarma dönemini 83. gün, süt olum dönemini ise 112. gün olarak belirlemiş ve hasadı 164 gün sonra yapmıştır. Diğer taraftan Gençdoğan (1996), TTM–815 mısır çeşidinde, çıkışların 9–16. gün, vejetatif gelişme döneminin 44–52. gün, tepe püskülü çıkarma döneminin 65–76. gün olduğunu belirlemiş ve bu dönemden 7–8 gün sonra koçan çıkarma ve anılan dönemden 23–28 gün sonra ise süt olum döneminin başladığını saptamıştır.

Mısır bitkisinin gelişme dönemlerine ilişkin elde edilen sonuçlarla yukarıda anılan araştırmacıların sonuçları arasında kimi dönemler için benzerlikler, kimi

dönemler için ise farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların nedenlerinin, bitki çeşidi, toprak özellikleri ve iklim özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kırtok (1998), mısır bitkisinin çıkış süresinin toprak sıcaklığına göre değişebileceğini belirtmiştir.



Şekil 4.1. Bitkinin Çimlenme Dönemi



Şekil 4.2. Vejetatif Gelişme Dönemi



Şekil 4.3. Tepe Püskülü Çıkarma Dönemi



Şekil 4.4. Koçan Çıkarma Dönemi

4.2. Uygulanan Sulama Suyu

Denemenin yürütüldüğü 2008 ve 2009 yıllarında, bitki gelişme dönemlerinde uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Deneme konularına göre ilk sulama uygulamalarına, vejetatif dönemin başlangıcı ile beraber 25.06.2008 ve 16.06.2009 tarihlerinde (ekimden itibaren 42 ve 39 gün sonra) başlanmış ve bundan sonraki sulamalar 7 gün aralıklarla yapılmıştır. Denemenin ilk ve ikinci yılında sulama uygulamalarına, ekimden sırasıyla 91 ve 88 gün sonra son verilmiştir. Denemede sulama konuları, bitkinin fenolojik gelişme dönemlerinde belirlenen su kısıntısının olması ve olmamasına göre genelde tüm bitkiler için kabul edilen 3 gelişme dönemi (vejetatif, çiçeklenme ile tane oluşum ve olgunlaşma) dikkate alınarak 17 farklı sulama konusu oluşturulmuştur.

Çizelge 4.2'den görüldüğü gibi, sulama kısıntısı yapılmayan ve farklı fenolojik gelişme dönemleri için %25, %50 ve %75 oranlarında kısıntı yapılan parsellere vejetatif dönemde 3, çiçeklenme döneminde 3 ve tane oluşum ve olgunlaşma döneminde 2 olmak üzere 8 sulama yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Deneme Konularına Uygulanan Sulama Suyu Miktarları

Yıllar	Tarih	DOY*	Gelişme Dönemi	Yağış (mm)	Deneme Konuları ve Uygulanan Sulama Suyu (mm)																
					K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	14.05	135	Çimlenme	14.8	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
	25.06	177	Vejetatif Gelişme	0	0	139	0	0	145	138	0	143	106	68	36	136	146	145	140	144	147
	02.07	184			0	129	0	0	126	130	0	128	101	65	38	134	127	128	128	124	123
	09.07	191			0	115	0	0	117	120	0	116	102	75	46	113	108	112	115	119	114
	16.07	198	Çiçeklenme	0	0	0	193	0	114	0	195	112	118	146	176	84	58	30	112	113	123
	23.07	205			0	0	116	0	123	0	124	122	126	130	127	92	60	34	118	114	108
	30.07	212			0	0	119	0	111	0	116	107	116	112	118	83	54	33	109	118	121
	06.08	219	Tane	87.2	0	0	0	232	0	174	104	105	98	100	107	111	123	141	76	55	30
	13.08	226			0	0	0	102	0	96	106	109	117	119	120	98	92	121	81	55	33
Toplam				102	76	459	504	410	812	734	721	1018	960	891	844	927	844	820	955	918	875
2009	08.05	129	Çimlenme	47.8	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
	16.06	168	Vejetatif Gelişme	6.4	0	124	0	0	127	130	0	127	95	64	32	127	126	131	128	134	130
	23.06	175			0	68	0	0	67	65	0	67	61	48	30	67	68	65	67	65	66
	30.06	182			0	113	0	0	117	116	0	115	100	73	39	113	115	114	112	116	115
	07.07	189	Çiçeklenme	0	0	0	203	0	143	0	204	144	152	160	175	108	72	36	145	141	144
	14.07	196			0	0	141	0	140	0	137	139	141	137	138	106	81	44	138	141	139
	21.07	203			0	0	113	0	114	0	115	114	113	115	114	90	73	43	114	113	114
	28.07	210	Tane	137.4	0	0	0	244	0	186	126	105	105	104	104	115	129	144	79	52	26
	04.08	217			0	0	0	123	0	120	121	118	116	120	119	123	122	125	96	70	38
Toplam				191.6	66	371	523	433	774	683	769	995	949	887	817	915	852	768	945	898	838

* DOY: Julian takvimine göre gün sayısı

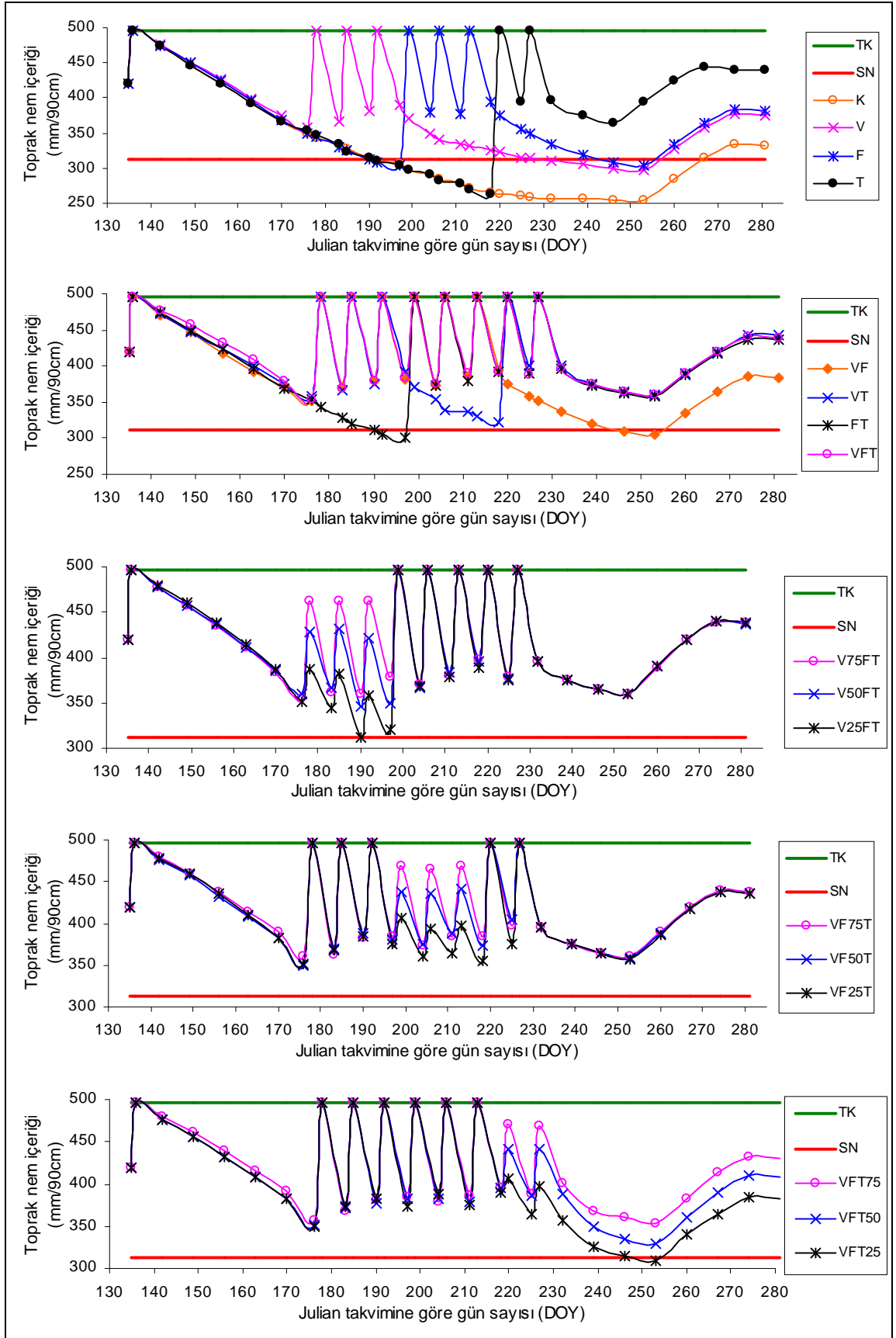
Çizelge 4.2'den izlenebileceği gibi, bitki su gereksiniminin tam olarak karşılandığı VFT deneme konusuna 2008 yılında toplam 1018 mm ve 2009 yılında ise toplam 995 mm sulama suyu uygulanmıştır. Denemenin ilk yılında, çimlenme dönemi hariç hiç sulama yapılmayan K konusu dışında en az su, yalnızca tane oluşum ve olgunlaşma döneminde toplam 410 mm sulama suyu uygulanan T konusu olurken, 2009 yılında yalnızca vejetatif gelişme döneminde toplamda 371 mm sulama suyunun uygulandığı V konusu olmuştur. Diğer sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları ise bu değerler arasında değişmiştir. Mısırın sulanmasıyla ilgili daha önce yapılan çalışmalarda, topraktaki eksik suyun tam karşılanması durumunda 306 ile 889 mm arasında sulama suyunun uygulandığı belirtilmektedir. (Kanber ve ark. 1990a, Yıldırım ve ark. 1995, Orta ve ark. 1997, Gençoğlu ve Yazar 1999, Yazar ve ark. 1999, Caverro ve ark. 2000, Pandey ve ark. 2000a, Yazar ve ark. 2002, Öktem ve ark. 2003, Çakır 2004, Okay 2006, Payero ve ark. 2006, Gündüz ve ark. 2008, Igbadun ve ark. 2008, Payero ve ark. 2008, Mengü ve Özgürel 2008, Öktem 2008, Kızıloğlu ve ark. 2009). Bu çalışmada, uygulanan sulama suyu miktarları, yukarıda belirtilen araştırmacıların uyguladıkları sulama suyu miktarlarından göreceli olarak daha fazla olmuştur. Söz konusu farklılık, toprak özellikleri, bitki çeşidi, yerel iklim koşulları, denemelerin yapıldığı yıllarda düşen yağış ve sıcaklık farklılıkları ile ekim aşamasında uygulanan sulama suyu miktarının toplam sulama suyuna dahil edilip-edilmemesi gibi nedenlere dayandırılabilir. Bunun yanında, Çetin (1996), Değirmenci ve ark. (1998) Şimşek ve Gerçek (2005) ile Öktem (2006) Şanlıurfa koşullarında sulanan mısır bitkisine, mevsimlik olarak 814 ile 1206 mm, Yıldırım ve Kodal (1998) ise Ankara koşullarında sulanan mısır bitkisine 658 ile 906 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulamışlardır. Araştırmadan elde edilen bulgular, bu araştırmacılar tarafından belirtilen değerlerle paralellik göstermektedir. Diğer taraftan Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005) İran koşullarında sulanan mısıra, karık sulama yöntemi ile 1503 mm sulama suyu uygulamışlardır. Söz konusu araştırmacıların uyguladığı su miktarı, bu çalışmada uygulanan su miktarının çok üzerindedir.

Toplamda uygulanan sulama suyu miktarları 2009 yılında, 2008 yılına göre biraz düşüktür. Söz konusu farklılığın nedeni olarak, 2009 yılında düşen toplam yağış miktarının 2008 yılına oranla daha fazla olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlara göre, sulama sayısındaki kısıntılar ile dönemsel uygulanan sulama kısıntıları, uygulanan toplam sulama suyu miktarının da azalmasına neden olmuştur. Eck (1984), Igbadun ve ark. (2008) ile Kızıloğlu ve ark. (2009), mısır bitkisinde yürüttükleri çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

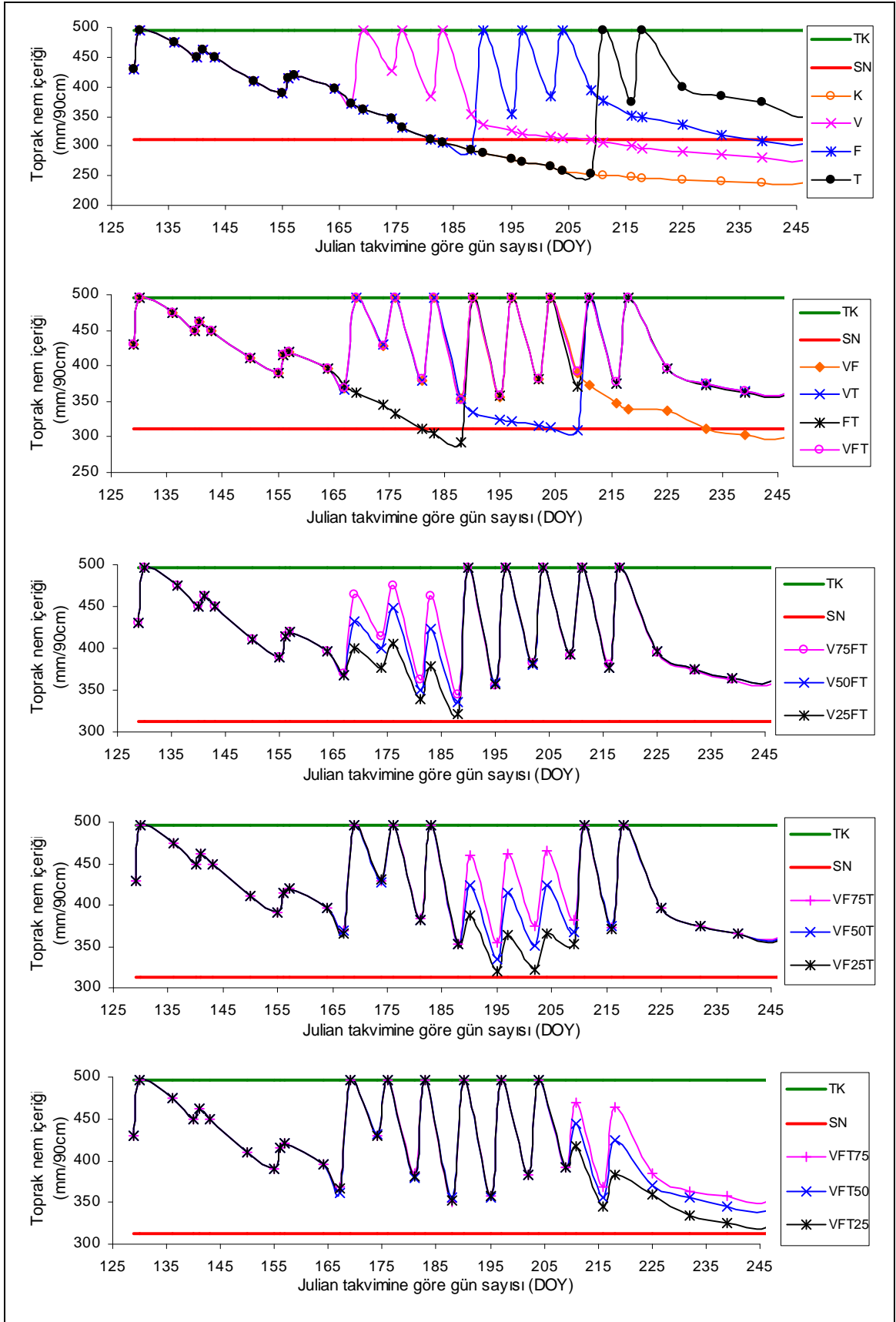
Özellikle vejetatif ve çiçeklenme dönemleri, bitkinin en fazla suya gereksinim duyduğu dönemler olmasına karşın, söz konusu dönemlerde 2008 yılında hiç yağış gözlenmemiş, 2009 yılında ise sadece vejetatif gelişme döneminde 6.4 mm yağış gözlenmiştir. Diğer taraftan, her iki yılda da tane oluşum döneminde hiç yağış gözlenmezken, yağışların büyük bir bölümü, hasada yakın dönemlerde gerçekleşmiştir.

Toprak nem içeriğindeki değişim, orta bloktaki tüm parsellerde, hem sulama öncesi hem sulama sonrası olmak üzere haftada 2 defa, gravimetrik yöntemle izlenmiştir. Toprak nem içeriğinin konulara ve zamana göre değişimi 2008 ve 2009 deneme yılları için sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Ekimden vejetatif gelişme dönemine kadar olan süre içerisinde, tüm konuların toprak nem içeriği benzerlik göstermiştir. Ancak vejetatif gelişme döneminden başlayarak sulama uygulamalarının, deneme konuları gereği kısıntısız, kısıntılı olması veya hiç sulama yapılmaması nedeniyle, toprak nem içeriği değerlerinde de farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Vejetatif gelişme döneminin başlangıcında 2008 yılı için tüm konuların ortalama topraktaki nem açığı %77 iken, bu değer 2009 yılında %69 olarak gerçekleşmiştir. İki yıl arasındaki farklılığın nedeni ise, fide döneminde 2009 yılında düşen yağış miktarının 2008 yılına oranla %30 daha fazla olmasıdır. Vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayan K, F, FT ve T konularında toprak nem içeriği, çiçeklenme döneminin başlangıcına yakın (ekimden 55–60 gün sonra) solma noktasının altına inmiş ve topraktaki nem açığı değerleri %100'ü aşmıştır. Vejetatif gelişme döneminde %75, %50 ve %25 oranlarında sulama suyu kısıntısı uygulanan V₂₅FT, V₅₀FT ve V₇₅FT konularında ise çiçeklenme döneminin başlangıcında, solma noktasına yakın değerler gözlenmiş ve iki yıllık ortalama sonuçlara göre, sırasıyla %96, %79 ve %64 oranında nem açığı olduğu belirlenmiştir. Vejetatif dönemde kısıntı yapılmayan deneme konularında ise çiçeklenme döneminin başında ortalama nem açığı değeri %60 olarak saptanmıştır. Diğer taraftan, tane oluşum döneminin başlangıcındaki nem açığı değerleri deneme konularına göre farklılık göstermektedir. Çiçeklenme döneminde hiç sulama yapılmayan K, V, T ve VT konularının iki yıllık ortalama sonuçlara göre nem açığı, sırasıyla, %128, %96, %128 ve %96 olarak gerçekleşmiştir. K ve T konularındaki değerlerin bu kadar yüksek çıkmasının nedeni ise çıkış döneminden beri hiç sulama suyu uygulanmamasıdır.



Şekil 4.5. 2008 Yılında Deneme Konularının Zamana Göre Toprak Nem İçeriği



Şekil 4.6. 2009 Yılında Deneme Konularının Zamana Göre Toprak Nem İçeriği

Diğer taraftan, çiçeklenme döneminde, %75, %50 ve %25 oranlarında sulama suyu kısıntısı uygulanan VF₂₅T, VF₅₀T ve VF₇₅T konularında ise tane oluşum döneminin başlangıcında, iki yıllık ortalama sonuçlara göre, sırasıyla %77, %68 ve %61 oranında nem açığı olduğu saptanmıştır. Buna göre, kısıntı arttıkça nem açığı değerlerinin de artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. Denemenin ilk yılında V konusu, tane oluşum ve olgunlaşma dönemine yakın, ekimden 80 gün sonra solma noktasının altına inmiş, F konusu ise 108. gün tekrar solma noktasının altına inmiştir. Buna benzer sonuçlar 2009 yılında da gözlenmiştir. Diğer konular ise solma noktasının altına hiç düşmemiştir. Ekimden 118 gün sonra, yağışların artmasıyla beraber toprak nem içeriği değerleri artış göstermiştir. Ekimden hasada kadar olan gelişme dönemlerinde, yapılan kısıntılı sulama uygulamalarına göre, bazı deneme konularında toprak nem içeriğinin solma noktasının altına düşmüş olması, bitkinin topraktaki sudan yeterince yararlanmış olmasıyla açıklanabilir. Diğer taraftan, 90 cm'lik toprak katmanında, toprak nem içeriği solma noktasında veya aşağısında olmasına karşın, bazı deneme konularındaki bitkilerin tam olarak solmadığı ve kurumadığı gözlenmiştir. Buna göre, bitkinin bu nem düzeylerinde de yaşamsal faaliyetlerini sürdürebileceği söylenebilir.

Hasat zamanındaki nem içerikleri incelendiğinde, toprak nem açığı en düşük olan konunun ortalama %22 ile VT konusunda, en yüksek olan konunun ise ortalama %83 ile K konusunda olduğu gözlenmiştir. Tane oluşum ve olgunlaşma döneminde kısıntı yapılmayan konulardaki nem açığı ise VT konusuna yakın değerler göstermiştir. Diğer taraftan, tane döneminde kısıntı yapılan konularda ise nem açığı %52 ile %64 arasında değişmiştir.

4.3. Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi, sulu tarımda su kullanım etkinliğinin iyileştirilmesi ve kısıntılı sulama programlarının oluşturulması yönüyle anahtar bir rol oynamaktadır.

Denemenin yürütüldüğü 2008 ve 2009 yıllarında, fenolojik gelişme dönemlerine göre elde edilen bitki su tüketimi, mevsimlik bitki su tüketimi ve oransal bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, farklı gelişme dönemlerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarındaki ve sulama sayısındaki değişiklik, mevsimlik bitki su tüketimi değerlerinin de değişmesine neden olmuştur. Musick ve Dusek (1980), Eck (1984), UI (1990), Norwood ve Dumler (2002), Viswanatha ve ark. (2002), Li ve ark. (2003) mısır bitkisi üzerine yaptıkları araştırmalarda bu yönde benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi, topraktaki eksik suyun tam olarak karşılandığı VFT deneme konusundan, 2008 yılında 1102 mm ve 2009 yılında ise 1164 mm olarak elde edilmiştir. Çimlenme ve çıkış periyodu dışında sulama suyu uygulanmayan K konusundan elde edilen mevsimlik toplam bitki su tüketimleri, sırasıyla, 277 mm ve 332 mm olarak gerçekleşmiştir. Diğer sulama konularında meydana gelen bitki su tüketimi değerleri ise bu deneme konularından elde edilen su tüketimleri arasında değişiklik göstermiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda belirlenen mısır bitkisi su tüketimi değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda mısır bitki su tüketimi, Bursa koşulları için 823 mm (Okay 2006), Balıkesir koşulları için 239–761 mm (Gündüz ve ark. 2008), Eskişehir koşulları için 659 mm (Öğretir 1993), Tekirdağ koşulları için 353–599 mm (Orta ve ark. 1997, Yüksel ve ark. 1997, İstanbulluoğlu ve ark. 2002), Kırklareli koşulları için 265–762 mm (Çakır 2004), Çukurova koşulları için 474–1052 mm (Kanber ve ark. 1990a, Köksal ve Kanber 1998, Gençoğlan ve Yazar 1999), Ankara koşulları için 300–1024 mm (Uzunoğlu ve ark. 1991, Yıldırım 1993, Yıldırım ve Kodal 1998), Şanlıurfa koşulları için 700–1306 mm (Çetin 1996, Değirmenci ve ark. 1998, Öktem ve ark. 2003, Şimşek ve Gerçek 2005, Öktem 2006, 2008), Aydın koşulları için 174–558 mm (Dağdelen ve ark. 2006), İzmir koşulları için 136–599 mm (Mengü ve Özgürel 2008) ve Erzurum koşulları için 198–688 mm (Kızıloğlu ve ark. 2009) olarak belirtilen değerler arasında değiştiği belirtilmiştir. Diğer taraftan farklı ekolojilerde mısır üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen bitki su tüketimleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Caldwell ve ark. (1994) toprak altı damla sulama altında 746–801 mm, Yazar ve ark. (1999) Teksas koşullarında 533–786 mm, Cavero ve ark. (2000), İspanya koşullarında 505–568 mm, Karam ve ark. (2003) Lübnan Beka Ovası koşullarında 920–945 mm, Li ve ark. (2003) Çin koşullarında 573 mm, Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005) İran koşullarında 562–1303 mm, Greenwood (2008) Victoria'da silajlık mısır için 782 mm, Igbadun ve ark. (2008) Tanzanya'da 386–541 mm, Payero ve ark. (2008) Nebraska'da 466–663 mm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Bu çalışmadan elde edilen bitki su tüketimi sonuçları, yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından elde edilen su tüketimi sonuçlarının bir bölümüyle benzerlik göstermektedir. Bitki su tüketimi, uygulanan sulama programlarına, sulama yöntemine, sulama aralığına, bitki çeşidine, çeşidin erkenci veya geççi olmasına, yörenin iklimine ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Norwood ve Dumler 2002).

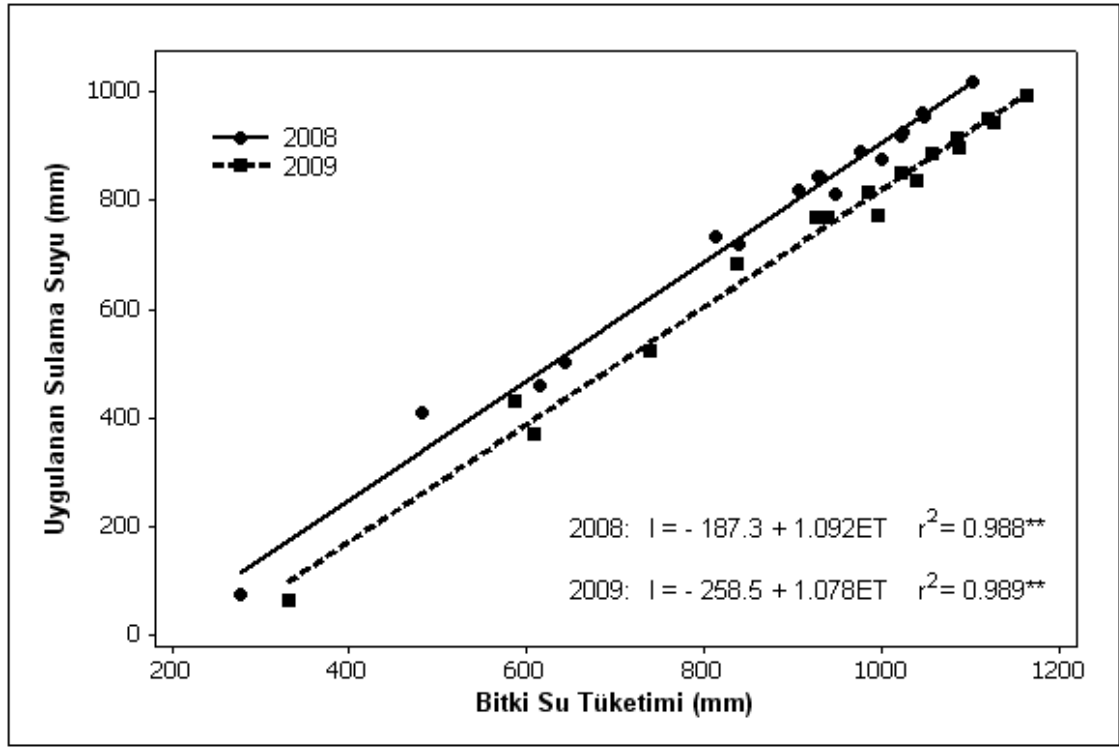
Çizelge 4.3. Deneme Konularından Elde Edilen Bitki Su Tüketimleri

Yıllar	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Bitki Su Tüketimi (mm)																
		K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	Fide (14/05 – 24/06)	162	154	161	158	160	153	158	158	156	151	159	151	161	160	156	159	162
	Vejetatif Gelişme (25/06 – 15/07)	44	349	47	49	357	355	52	356	287	218	152	359	351	360	355	356	360
	Çiçeklenme (16/07 – 05/08)	39	66	336	40	335	69	378	334	340	342	352	258	179	118	328	333	335
	Tane Oluşum ve Olgunlaşma (06/08 – 07/10)	32	47	100	236	97	237	251	254	262	265	265	256	239	269	208	174	143
	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (mm)	277	616	644	483	949	814	839	1102	1045	976	928	1024	930	907	1047	1022	1000
	Oransal Bitki Su Tüketimi (%)	25	56	58	44	86	74	76	100	95	89	84	93	84	82	95	93	91
2009	Fide (08/05 – 15/06)	172	172	172	172	175	178	172	175	175	176	176	175	174	178	179	182	178
	Vejetatif Gelişme (16/06 – 06/07)	85	330	85	85	333	330	86	332	287	223	154	330	333	329	330	328	331
	Çiçeklenme (07/07 – 27/07)	39	43	355	41	360	43	378	358	359	356	356	275	211	124	357	358	357
	Tane Oluşum ve Olgunlaşma (28/07 – 04/10)	36	64	127	288	127	285	291	299	298	301	300	304	305	309	261	219	181
	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (mm)	332	609	739	586	995	836	927	1164	1119	1056	986	1084	1023	940	1127	1087	1047
	Oransal Bitki Su Tüketimi (%)	29	52	63	50	85	72	80	100	96	91	85	93	88	81	97	93	90

Çizelge 4.3'deki mevsimlik bitki su tüketiminin değişik gelişme aşamaları içindeki dağılımı incelendiğinde, ekimden itibaren ilk 40 günlük süreyi kapsayan fide döneminde, konular arasında sulama yönünden henüz bir farklılık oluşmaması nedeniyle, bitki su tüketiminin tüm konularda birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ancak, vejetatif gelişme aşamasının başlamasıyla beraber konulara göre sulama uygulamalarına başlanmış ve bitki su tüketimi değerlerinin oldukça büyük oranlarda değiştiği gözlenmiştir.

Sulama kısıntısı uygulanmayan VFT konusunda, iki yıllık ortalama sonuçlara göre en fazla bitki su tüketimi, çiçeklenme döneminde gerçekleşmiştir. Li ve ark. (2003), en yüksek bitki su tüketiminin ekimden 12 hafta sonra (49 mm/hafta) gerçekleştiğini, bu dönemde yaprak alan indeksinin de en üst düzeyde olduğunu belirtmişler ve yaprak alan indeksi arttıkça bitki su tüketiminin de arttığını saptamışlardır. Diğer taraftan çimlenme dönemi dışında hiç sulama suyu uygulanmayan K konusunda ise her iki yılda da en fazla su tüketimi vejetatif dönem öncesinde, daha sonra ise sırasıyla, vejetatif, çiçeklenme ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde olmuştur.

Toplam 3 bitki gelişme dönemi içerisinde, 2 dönem için yapılan sulama kısıntılarının bitki su tüketimini önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Çizelge 4.3'den de izlenebileceği gibi, K, V, F ve T konularından her iki yılın ortalamalarına göre elde edilen oransal bitki su tüketimi değerleri sırasıyla, %27, %54, %61 ve %47 olarak belirlenmiştir. Hem vejetatif hem de çiçeklenme döneminde kısıntı yapılan T deneme konusunda, oransal bitki su tüketiminin V ve F konularına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, yalnızca çiçeklenme döneminde sulama kısıntılarının yapıldığı VT konusunun mevsimlik bitki su tüketimi değerleri de FT ve VF konularına göre daha düşük çıkmıştır. Kimi gelişme dönemlerinde, gereksinim duyulan suyun yüzdeleri biçiminde yapılan sulama kısıntılarında ise kısıntı arttıkça bitki su tüketiminin de görece azaldığı görülmüştür. Nitekim uygulanan sulama suyu (I) ile bitki su tüketimi (ET) arasında, 2008 yılında $I = -187.3 + 1.092 ET$ ($r^2=0.988$) ve 2009 yılında $I = -258.5 + 1.078 ET$ ($r^2 = 0.989$) olarak %1 olasılık düzeyinde önemli olan doğrusal ilişkiler bulunmuştur (Şekil 4.7). Benzer biçimde, uygulanan sulama suyu ile bitki su tüketimi arasında Mengü ve Özgürel (2008) doğrusal, Payero ve ark. (2008) ise ikinci dereceden bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. İstanbulluoğlu ve ark. (2002) uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketiminin de arttığını saptamıştır. Ayrıca, Yazar ve ark. (2002) sulama sıklığı ve uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketiminin de arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.7. Uygulanan Sulama Suyu (I) ve Bitki Su Tüketimi (ET) İlişkisi

4.4. Tane Verimi

Mısır bitkisinde fenolojik gelişme dönemlerine göre uygulanan farklı kısıntılı sulama uygulamalarında belirlenen tane verimi varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'de, araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen ve %15 nem içeriğine göre düzeltilmiş mısır tane verimleri sonuçları ise Çizelge 4.5'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, her iki yılda da bloklar arasında önemli bir farklılık bulunmadığı ancak sulama konuları arasında %1 düzeyinde istatistiksel yönden önemli farklılık olduğu görülmektedir. İki yıllık tane verimi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, yıllar, deneme konuları ve yıl x konu interaksiyonları arasında da %1 düzeyinde önemli farklılık olduğu saptanmıştır. Yapılan khi kare analizi sonucunda khi kare değeri 5522.52**, homojenlik testinde denemelerin hata varyanslarının homojen olduğu belirlenmiştir. Buna göre denemenin yürütüldüğü yıllar birleştirilebilir nitelikte bulunmuştur ve toplu analiz yapılmıştır. Yapılan toplu analiz ile konular arasında %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur. Bu nedenle sulama konularının tane verimi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla LSD (en küçük önemli fark) testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Tane Verimi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	9950	4975	4.31
	Konular	16	6723947	420247	363.81**
	Hata	32	36964	1155	
	Genel	50	6770861		
2009	Bloklar	2	3769	1884	2.46
	Konular	16	7240043	452503	591,04**
	Hata	32	24499	766	
	Genel	50	7268311		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	12932	6466	6.86
	Yıllar	1	222881	222881	236,31**
	Konular	16	13904666	869042	921.39**
	Yıl x Konu	16	59325	3708	3.93**
	Hata	64	62250	943	
	Genel	101	14262053		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.5'den görüldüğü gibi en yüksek tane verimi (2008 yılında 2002 kg/da ve 2009 yılında 2102 kg/da), tüm gelişme dönemlerinde eksik suyun tam olarak karşılandığı VFT konusundan elde edilmiştir. En düşük tane verimi ise çıkış dönemi dışında hiç sulama uygulanmayan K konusunda, 2008 yılında 783 kg/da ve 2009 yılında 794 kg/da'dır. Diğer sulama konularından elde edilen tane verimleri bu değerler arasında değişim göstermiştir. Ortalama sonuçlara göre, tanık konudan (VFT) elde edilen tane verimi ile vejetatif ve çiçeklenme gelişim döneminde eksik suyun tam olarak karşılandığı, tane olum ve olgunlaşma döneminde ise %25 oranında kısıntı yapılan VFT₇₅ konusundan elde edilen tane verimi, LSD gruplandırmasına göre aynı grup içinde yer almıştır.

Bursa İli ortalama tane mısır verimi 1120 kg/da civarındadır (Anonim 2010). Okay (2006) Bursa koşullarında, benzer sulama konularıyla damla sulama yöntemi altında yaptığı çalışmada, Tector hibrit çeşidinden 1120–1853 kg/da arasında tane verimi elde etmiştir. Turgut ve ark. (1999) Bursa koşullarında yürüttükleri çalışmada 13 farklı melez çeşitten 1192–1880 kg/da arasında tane verimi elde etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen tane verimleri ile yukarıda anılan araştırmacıların aynı yörede elde ettiği sonuçlar benzerlik göstermektedir. Ayrıca, mısır bitkisinin çeşitli gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanarak yürütülen denemelerden elde edilen mısır tane verimine ilişkin sonuçlarla bu çalışmada belirlenen sonuçlar arasında paralellik görülmektedir (Eck 1984, Öğretir 1993, Yıldırım ve ark. 1995, Çakır 2004)

Çizelge 4.5. Deneme Konularından Elde Edilen Tane Verimleri (kg/da) ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	782	786	780	783 k	794	799	789	794 n	788 l
V	1197	1272	1242	1237 i	1230	1276	1186	1231 l	1234 j
F	1194	1240	1215	1216 i	1386	1346	1414	1382 k	1299 i
T	980	976	960	972 j	1136	1155	1114	1135 m	1054 k
VF	1894	1919	1932	1915 cd	1976	1996	1998	1990 de	1953 c
VT	1430	1425	1396	1417 h	1460	1430	1451	1447 j	1432 h
FT	1748	1763	1754	1755 f	1840	1882	1846	1856 gh	1806 e
VFT	1942	2109	1956	2002 a	2102	2143	2062	2102 a	2052 a
V ₇₅ FT	1930	1955	1940	1942 bc	1964	2084	2111	2053 bc	1997 b
V ₅₀ FT	1836	1866	1777	1826 e	1951	1967	1950	1956 ef	1891 d
V ₂₅ FT	1641	1726	1765	1711 f	1808	1833	1804	1815 h	1763 f
VF ₇₅ T	1869	1913	1914	1899 cd	1994	1988	1982	1988 d-f	1943 c
VF ₅₀ T	1702	1710	1705	1706 f	1854	1891	1868	1871 g	1788 ef
VF ₂₅ T	1616	1595	1597	1603 g	1668	1691	1642	1667 i	1635 g
VFT ₇₅	1972	2043	1967	1994 ab	2098	2101	2089	2096 ab	2045 a
VFT ₅₀	1913	1945	1851	1903 cd	2009	2023	1998	2010 cd	1957 c
VFT ₂₅	1897	1837	1867	1867 de	1963	1938	1929	1943 f	1905 d
Ortalama				1632 b	Ortalama			1726 a	1679
LSD (%5)	56.52				46.03				35.40

Daha önce farklı iklim bölgelerinde yürütülen çalışmalarda, tane verimi sonuçları değişiklik göstermekle beraber, genelde en yüksek verimler, sulamaların tüm gelişme dönemlerinde tam olarak yapıldığı koşullarda elde edilmiştir. Diğer taraftan su kısıntısına bağlı olarak verimlerin düştüğü gözlenmiştir. Dağdelen ve ark. (2006) Türkiye'nin batısı için 288–1134 kg/da, Yazar ve ark. (2002) Şanlıurfa koşullarında Pioneer 3394 çeşidinden 1192 kg/da, Gündüz ve ark. (2008) Balıkesir'de 882 kg/da, Yıldırım ve ark. (1996), Ankara koşullarında tam sulanan mısır için 347–1085 kg/da, Çetin (1996) Harran ovası koşullarında en yüksek 1015 kg/da, Değirmenci ve ark (1998) 926 kg/da, Orta ve ark. (1997) Tekirdağ'da 915–1069 kg/da, İstanbulluoğlu ve ark. (2002) Tekirdağ için 992 kg/da, Çakır (2004) Kırklareli koşullarında 315–1244 kg/da, Toluk ve ark. (1998) 411–848 kg/da, Iğbadun ve ark. (2008) Tanzania'da 163–435 kg/da arasında değişen miktarlarda tane verimi elde etmişlerdir.

Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005), İran koşullarında 357–1094 kg/da arasında değişen tane verimi elde etmişler ve kapalı karıklarla yapılan sulamalardan elde edilen verimlerin açık karıklardan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Kara ve Biber (2008) Samsun koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan mısırdan 798 ile 2916 kg/da arasında verim elde etmişlerdir. Öktem (2006) Şanlıurfa koşullarında damla

sulama yöntemi ile sulanan mısırdan 953–1407 kg/da verim almış, 4 günde bir sulama aralığı ile eksik suyun tam olarak karşılanması biçiminde sulama programını önermiştir. Mengü ve Özgürel (2008) İzmir koşulları için 214–1064 kg/da arasında tane verimi elde etmiş ve su kısıntısına bağlı olarak verimlerin %11–79 azaldığını belirtmiştir. Karam ve ark. (2003), en yüksek tane verimini (1450 kg/da) tam sulama uygulamasından almış, %40 kısıntıda verimin %19–25 azaldığını belirlemiştir. Hergert ve ark. (1993), sulanmayan, kısıntılı sulanan ve tam sulanan mısır bitkisi tane verimlerini sırasıyla 560, 1010 ve 1180 kg/da olarak belirlemiştir. Şimşek ve Gerçek (2005) 950–1410 kg/da arasında verim elde etmiş ve 4 günde bir sulama yapmayı önermişlerdir. Payero ve ark. (2008) Nebraska'da toprak altı damla sulama altında 455–1085 kg/da tane verimi elde etmişlerdir. Mansori-Far ve ark. (2010) İran'da yürüttükleri denemede 649.1–931 kg/da arasında verim elde etmişler ve su kısıntısına bağlı olarak verimin %6 ile %25 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, Yıldırım ve Kodal (1998) kısıntılı ve gereğinden fazla su uygulama oranları olarak oluşturdukları deneme konularından 252–1281 kg/da verim almışlar, kısıntı arttıkça tane verimlerinin azaldığını, gereğinden fazla su uygulandığında ise verimde çok büyük bir artış olmadığını belirlemiştir.

Tane verimlerinin yörelere göre bu kadar geniş bir dağılım göstermesinin en önemli nedenleri; sulama zamanı ve su uygulama düzeyindeki farklılıklar, çeşit farklılıkları, özellikle yağış ve sıcaklığı içine alan meteorolojik değişkenler, toprak tipi ve/veya tüm bu fonksiyonların bileşimidir (Leeper ve ark. 1974, Shaozhong ve ark. 2000, Calvino ve ark. 2003). Bununla birlikte, söz konusu verim farklılıkları, bitki sıklığı ve gübreleme uygulamalarından da kaynaklanabilmektedir (Turgut 2000, Cox ve Cherney 2001, Turgut ve ark. 2005, Shapiro ve Wortmann 2006, Kim ve ark. 2008, Çarpıcı 2009). Viswanatha ve ark. (2002), yüzey sulama yerine damla sulama yöntemi altında A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suya 0.8 katsayısı uygulanan ve çift sıra ekim yerine normal ekim (60 cm x 30 cm) uygulanan konudan daha yüksek verim alındığını bildirmişlerdir. Pandey ve ark. (2000a), tam sulama uygulaması altında ve yüksek azot dozu uygulamalarında daha yüksek verimler elde edildiğini saptamışlardır. Norwood ve Dumler (2002), farklı bitki çeşidi, bitki yoğunluğu ve sulama uygulamalarının tane verimlerini etkilediğini ve en yüksek tane verimini, 1209 kg/da olarak NK Brand 7333Bt çeşidinden, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama uygulamalarıyla 7400 bitki/da yoğunluğundan elde etmişlerdir.

Çizelge 4.5'ten görülebileceği gibi, 2008 ve 2009 yıllarında oluşan gruplarda farklılıklar bulunmaktadır. Denemede ele alınan 17 sulama konusu tane verimi yönünden 2008 yılında oniki ayrı gruba (VFT birinci, VFT₇₅ ikinci, V₇₅FT üçüncü, VF,

VF₇₅T ve VFT₅₀ dördüncü, VFT₂₅ beşinci, V₅₀FT altıncı, FT, V₂₅FT ve VF₅₀T yedinci, VF₂₅T sekizinci, VT dokuzuncu, V ve F onuncu, T onbirinci ve K onikinci grup) ayrılmıştır. Diğer taraftan 2009 yılında tane verimi yönüyle deneme konuları birinci gruptan onyedinci gruba doğru sırasıyla VFT, VFT₇₅, V₇₅FT, VFT₅₀, VF, VF₇₅T, V₅₀FT, VFT₂₅, VF₅₀T, FT, V₂₅FT, VF₂₅T, VT, F, V, T ve K olarak sıralanmıştır. Yıllar arasındaki farklılıklar, kimi gelişme dönemlerinde meydana gelen iklimsel farklılıklarla açıklanabilir. Tüm gelişme dönemlerinde eksik suyun tam olarak karşılandığı, VFT konusunun her iki deneme yılında da en yüksek verim ortalaması göstererek I. grubu oluşturması, mısır bitkisinin tüm fenolojik gelişme dönemlerinde meydana gelecek nem açığının, verimi azaltıcı yönde önemli derecede etkili olacağı biçiminde yorumlanabilir. Bu durum, su kaynağının yeterli olduğu koşullarda, topraktaki nem eksikliğini gidermek amacıyla sulama yapılması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Yazar ve ark. (1999) ile Pandey ve ark. (2000a) kısıntılı sulama uygulamaları altında mısır verimlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Rhoades ve Bennet (1990) ile Lamm ve ark. (1995) verimde azalma olmaksızın mısır bitkisinde kısıntılı sulama planlamasının zor olduğunu ifade etmişlerdir. Iqbadun ve ark. (2008), en yüksek tane veriminin tüm fenolojik gelişme dönemlerinde tam sulamalardan alındığını, vejetatif gelişme dönemlerinde bir hafta atlayarak yapılan kısıntıların diğer dönemlerde yapılanlardan daha az etkilenecek yüksek verimler alınabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, Gençoğlu ve Yazar (1999) Çukurova koşullarında 105–1004 kg/da arasında değişen tane verimleri elde etmiş, tam sulanan ve tüm gelişme mevsimi içerisinde %20 kısıntı uygulanan konu arasında tane verimleri arasında önemli farklılık bulamamış, diğer kısıntı oranlarında verimin azaldığını belirlemiştir.

İki yıllık sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, farklı gelişme dönemlerinde yapılan sulama kısıntılarının, tane verimi üzerinde de farklılıklar oluşturacağı görülmektedir. İki yıllık ortalamalara göre deneme konuları için 13 farklı grup oluşmuştur. Tane verimi yönüyle, VFT ile VFT₇₅ konuları ilk sırada yer alırken, K konusu son sırada yer almakta, diğer konular bunlar arasında değişmektedir. Vejetatif gelişme döneminde %25 oranında sulama suyu kısıntısı uygulanan V₇₅FT konusu ikinci sırada yer alırken, vejetatif ve çiçeklenme döneminde sulama suyunun tam olarak karşılandığı VF konusu, çiçeklenme döneminde %25 kısıntı uygulanan VF₇₅T konusu ile tane döneminde %50 kısıntı uygulanan VFT₅₀ konusu üçüncü sırayı paylaşmışlardır. Bundan sonraki sıralama ise V₅₀FT, FT, VF₅₀T, V₂₅FT, VF₂₅T, VT, F, V, T ve K biçiminde gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi farklı gelişme dönemlerinde yapılan kısıntıların miktarı arttıkça verim düşmektedir. Panda ve ark (2004), sulama suyu

kısıntısı arttıkça tane verimlerinin azaldığını, tüm gelişme dönemlerinde %60 ve %75 su kısıntısı yapıldığında tane verimlerinin %45 oranında düştüğünü belirtmişlerdir.

Yalnızca bir gelişme döneminde hiç sulama yapılmayan konular arasında, elde edilen tane verimi yönüyle sıralama ise VF, FT ve VT olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda, çiçeklenme döneminde sulama yapılmayan VT konusundan elde edilen verim, tane döneminde veya vejetatif gelişme döneminde yapılmayan sulama konularına göre daha düşük çıkmıştır. Diğer bir ifade ile vejetatif ve çiçeklenme döneminde yapılan sulamalar tane verimini artırmıştır. Özellikle yalnızca çiçeklenme döneminde sulama yapılmayan VT konusunda verim büyük oranda düşüş gösterirken (1432 kg/da), vejetatif veya tane oluşturma ve olgunlaşma dönemlerinde sulamaların yapılmadığı FT ve VF konularından elde edilen tane verim (sırasıyla 1806 kg/da ve 1953 kg/da) farkı daha azdır. Ancak bu konular arasındaki tane verim farkı %5 olasılık düzeyinde önemlidir. Buna göre, sulama suyunun yeterli olduğu koşullarda özellikle çiçeklenme döneminde kısıntıya gidilmemesi, sulama suyunun tam olarak karşılanması gerekmektedir. Öğretir (1993) benzer bir biçimde vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama uygulamaları ile daha yüksek verimler elde etmiştir. Diğer taraftan, Dağdelen ve ark. (2002) ile Gündüz ve ark. (2008), çiçeklenme ile tane olum ve olgunlaşma dönemlerinde yapılan sulama uygulamalarından yüksek tane verimi elde etmişlerdir. Pandey ve ark. (2000a), çiçeklenme dönemi ile beraber vejetatif gelişme döneminde de sulama suyu kısıntısı yapılması durumunda tane verimlerinin %50'den fazla düştüğünü rapor etmiştir. Çakır (2004), eğer iki gelişme döneminde sulama yapılacaksa, bunların tepe püskülü ve koçan püskülü veya tepe püskülü ve süt olum dönemlerinde yapılması gerektiğini belirtmiş, bu koşullarda 923 kg/da verim elde etmiştir. Igbadun ve ark. (2008), tane verimlerini arttırmak için çiçeklenme ve tane olum dönemlerinde su kısıntısına gidilmemesini önermişlerdir. Yüksel ve ark. (1997), çiçeklenme ve tane dönemlerinde sulama yapıldığında elde edilen tane veriminin (965 kg/da), vejetatif ve çiçeklenme (820 kg/da) veya vejetatif ve tane dönemlerinde (752 kg/da) sulama yapıldığında elde edilen verimlerden daha yüksek olduğunu saptamıştır. Gündüz ve ark. (2008), vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayıp diğer dönemlerde yapılırsa, diğer benzer uygulamalara göre daha yüksek verim alınabileceğini belirlemişlerdir. NeSmith ve Ritchie (1992), çiçeklenme döneminde su kısıntısı yapılması halinde tane verimlerinde %90 oranında azaldığını ifade etmişlerdir.

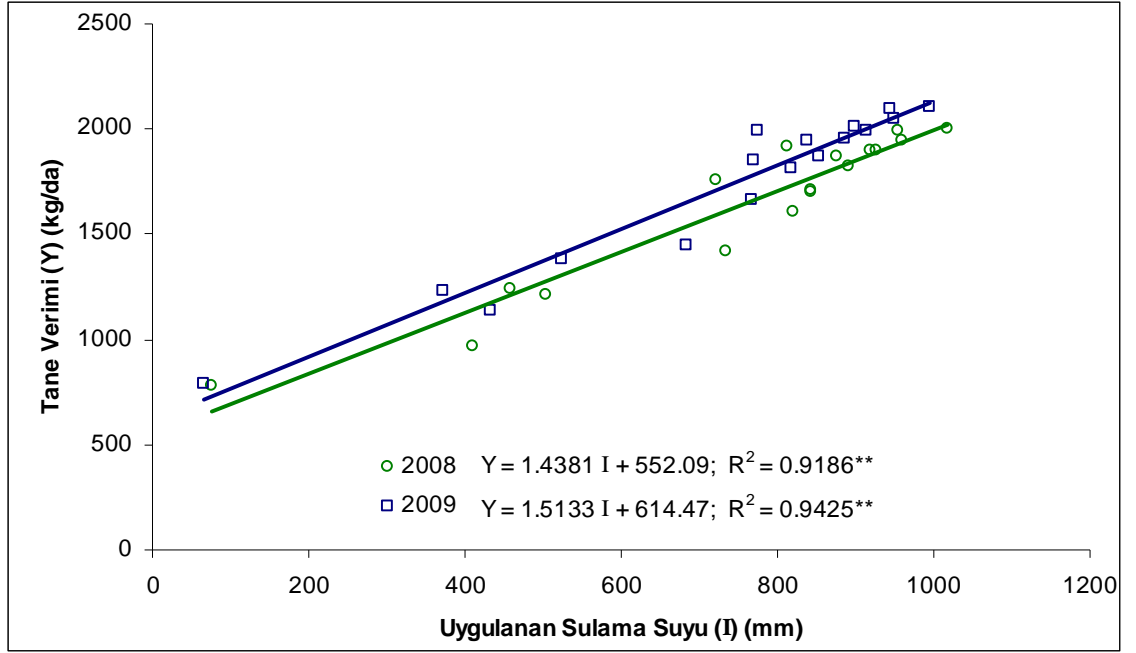
İki yıllık ortalama sonuçlara göre, toplam üç gelişme periyodu içerisinde, 2 farklı gelişme döneminde sulama yapılmayan konulardan en yüksek verim F konusundan 1299 kg/da elde edilmiş, bunu sırası ile V konusu 1234 kg/da ve T konusu 1054 kg/da

olarak izlemiştir. Bu sonuca göre, çiçeklenme ve daha sonra vejetatif gelişme dönemlerinde mısır bitkisinin suya çok duyarlı olduğu söylenebilir. Yalnızca çiçeklenme döneminde 3 defa sulama yaparak, hiç sulama yapılmayan konuya göre verimde %40 oranında verim artışı sağlanmıştır. Yüksel ve ark. (1997), V konusundan 765 kg/da, F konusundan 812 kg/da ve T konusundan 743 kg/da verim elde etmiş ve en kritik dönemin tepe püskülü dönemi olduğunu belirtmiştir. Doorenbos ve Kassam (1979), Derviş (1986), Kanber ve ark. (1990a), Ul (1990), Uzunoğlu (1991), Yıldırım (1993), Öğretir (1993), Yıldırım ve ark. (1995), Yüksel ve ark. (1997) yaptıkları çalışmalarda, tepe püskülü döneminde oluşacak su eksikliğinin döllenmeyi engelleyerek tane sayısını azalttığını ve buna bağlı olarak da tane verimini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Norwood (2000), çiçeklenme döneminde yalnızca bir sulama uygulaması yaparak verimde %29 artış kaydetmiş, buna ek olarak vejetatif ve tane doldurma dönemlerinde yapılan sulamalarla sırasıyla %11 ve %13 verim artışı elde etmiştir. Çakır (2004) eğer bir sulama döneminde sulama yapılması gerekiyorsa bunun tepe püskülü veya koçan püskülü döneminde yapılması gerektiğini belirtmiş ve bu koşullarda sırasıyla 696 kg/da ve 670 kg/da verim elde etmiştir. Gündüz ve ark. (2008) ile Igbadun ve ark. (2008), çiçeklenme döneminde yapılan kısıntılı sulamaların verimi daha çok düşürdüğünü belirlemiştir.

Çizelge 4.5'e göre, herhangi bir gelişme döneminde, topraktaki mevcut suyun tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan sulama suyuna %25, %50 ve %75 oranlarında kısıntı yapıldığında, kısıntı miktarı arttıkça tane veriminde de azalmalar olduğu görülmektedir. Araştırmanın iki yıllık sonuçlarına göre, kısıntılı su uygulama miktarlarına en duyarlı dönemin çiçeklenme, en az duyarlı dönemin ise tane dönemi olduğu söylenebilir. Çiçeklenme döneminde %25 oranında kısıntı yapıldığında verim 1943 kg/da, %50 kısıntıda 1788 kg/da ve %75 kısıntıda 1763 kg/da olurken, diğer taraftan tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 oranında kısıntı yapıldığında verim 2045 kg/da, %50 kısıntıda 1957 kg/da ve %75 kısıntıda ise 1905 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Buna göre, çiçeklenme ile vejetatif gelişme dönemlerinde yapılan sulamaların verimi artırıcı yönde bir etkiye sahip olduğu, tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 oranında kısıntı yapılmasının verimi çok düşürmediği, kısıntı miktarı %50 ve %75 olduğunda ise görece verimin azaldığı söylenebilir. Otegui ve ark. (1995), sulama programlarının hazırlanmasında, çiçeklenme döneminde sulama suyunun tam olarak karşılanması koşuluyla vejetatif ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde sınırlı bir biçimde kısıntıya gidilebileceğini belirtmişlerdir.

Sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve mevsimlik bitki su tüketimi değerleriyle ortalama tane verimleri arasında su-verim ve bitki su tüketimi-verim fonksiyonları belirlenmiş, elde edilen sonuçlar Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Araştırma yıllarında tane verimi ile sulama suyu arasında %1 olasılık düzeyinde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Tane verimi ile uygulanan sulama suyu (I) arasında, 2008 yılında, “ $Y = 1.4381 I + 552.09$ ($R^2=0.92^{**}$)” ve 2009 yılında, “ $Y = 1.5133 I + 614.47$ ($R^2=0.94^{**}$)” olarak doğrusal regresyon eşitlikleri elde edilmiştir (Şekil 4.8).

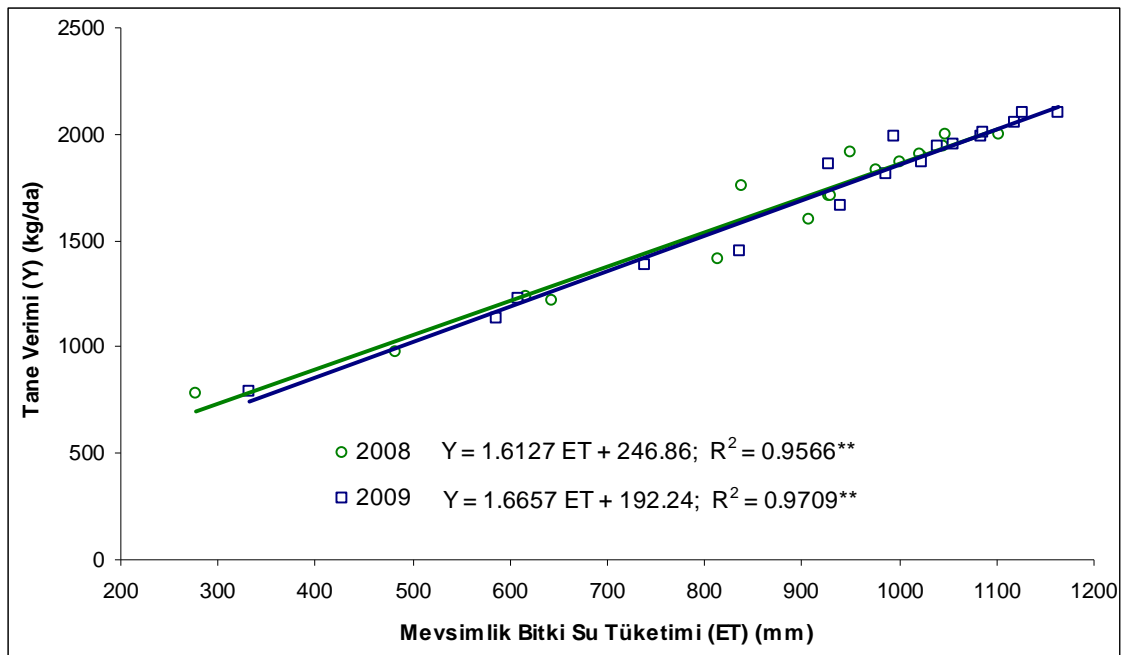


Şekil 4.8. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Tane Verimi (Y) İlişkisi

Uygulanan sulama suyu ile tane verimi arasındaki doğrusal ilişki, birim uygulanan su miktarındaki artışa bağlı olarak verimin de aynı oranda arttığını göstermektedir. Buradan elde edilen sonuçlara göre, sulama suyunun yeterli olduğu koşullarda, su kısıntısına gidilmemesi önerilebilir. Uygulanan sulama suyu miktarı ile tane verimi arasında birçok araştırmacı doğrusal ilişki elde etmiştir (Musick ve Dusek 1980, Stegman 1986, Ul 1990, Pandey ve ark. 2000a, Yazar ve ark. 2002, Sepaskhah ve Khajehabdollahi 2005, Payero ve ark. 2006a, Igbadun ve ark. 2008, Mengü ve Özgürel 2008, Farre ve Faci 2009, Mansouri-Far ve ark. 2010). Bununla birlikte, bazı araştırmacılar bu ilişkiyi ikinci dereceden bir eşitlikle açıklamışlardır (Oylukan ve Güngör 1975, Bayrak 1979, Köksal 1995, Yıldırım ve Kodal 1998, Gençoğlan ve Yazar 1999, Kipkorir ve ark. 2002, Şimşek ve Gerçek 2005, Öktem 2006, Payero ve ark. 2008, Farre ve Faci 2009). Uygulanan su ile tane verimi arasındaki bu ilişkilerin

eğiminin, çevre koşulları ile su stresinin uygulandığı dönemlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği Eck (1984) tarafından belirtilmiştir. Ayrıca, Mansouri-Far (2010), regresyondaki doğrunun eğiminin su kısıntıları yanında mısır bitkisine uygulanan farklı azot dozlarıyla da değişebileceğini ifade etmiştir.

Bitki su tüketimi ile tane verimi ilişkisi, sulama ekonomisi yönüyle çiftçilerin ve sulama planlayıcılarının daima ilgisini çekmiştir (Igbadun ve ark. 2008). Çünkü bu ilişki su kaynağının sınırlı olduğu zamanlarda, sulama stratejisinin belirlenmesinde ve farklı bitki su tüketim düzeylerinin ekonomik yönden değerlendirilmesinde kullanılabilir (Stegman ve ark. 1980, English 1990). Tane verimiyle mevsimlik bitki su tüketimi (ET) arasında deneme yıllarına göre sırasıyla “ $Y = 1.6127 ET + 246.86$ ($R^2=0.96^{**}$)” ve “ $Y = 1.6657 ET + 192.24$ ($R^2=0.97^{**}$)” biçiminde doğrusal regresyon eşitlikleri bulunmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (ET) ile Tane Verimi İlişkisi

Mevsimlik bitki su tüketimi ile tane verimi arasında, birçok araştırmacı doğrusal ilişki bulmuşlardır (Stewart ve ark. 1975, Shalhevet ve ark. 1981, Kanber ve ark. 1990a, Ul 1990, Anaç ve Ul 1992, Kırdar 1992, Yıldırım 1993, Öğretir 1993, Howell ve ark. 1995, Yıldırım ve ark. 1995, Çetin 1996, Yüksel ve ark. 1997, Yıldırım ve Kodal 1998, Gençoğlu ve Yazar 1999, İstanbulluoğlu ve ark. 2002, Kırnak ve ark. 2003, Çakır 2004, Şimşek ve Gerçek 2005, Dağdelen ve ark. 2006, Öktem 2006, Payero ve ark. 2006a, Mengü ve Özgürel 2008, Payero ve ark. 2008). Bununla birlikte, Gökçel (2008),

bitki su tüketimi ile tane verimi arasında ikinci dereceden, Yazar ve ark. (2002), farklı deneme yılları için hem doğrusal hem de ikinci dereceden eşitlikler elde etmişlerdir. Yıldırım ve Kodal (1998), kısıntılı sulama uygulamalarında bu ilişkinin doğrusal, hem kısıntılı hem de gereğinden fazla sulama uygulamaları altında eğrisel olduğunu belirlemişlerdir. Eck (1984), tane verimi ile su tüketimi arasındaki ilişkinin, çevre koşulları ile su kısıntısının uygulandığı gelişme dönemlerine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, Payero ve ark. (2006a) ise bu ilişkinin, yağış miktarı ve dağılımındaki farklılıklar, toprak ve bitki özellikleri ile diğer iklim parametrelerindeki farklılıklardan dolayı yöreye göre değişebileceğini ifade etmişlerdir.

4.5. Su-Üretim Fonksiyonu

Bitki su tüketimi ile tane verimi arasındaki ilişkileri irdelemenin bir yolu da, oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalışındaki ilişkilerin incelenmesidir (Stegman 1986).

Bitki su tüketimi ve tane verimine ilişkin 2008 ve 2009 yılları için ayrı ayrı hesaplanmış verim azalma oranı (verim etmeni) ile Stewart ve Jensen Modellerine göre nem stresi duyarlılık etmeni değerleri sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir. Stewart ve Jensen modelleri arasında elde edilen nem stresi duyarlılık göstergeleri her iki yıl için de benzerlik göstermektedir.

Genelde, mısır bitkisinin tüm gelişme dönemlerinde su kısıntısına duyarlı olduğuna ilişkin görüş vardır (Howe ve Rhoades 1995). Ancak, kısıntılı sulama programlaması söz konusu olduğunda hangi gelişme dönemlerinin su stresine daha duyarlı olduğunu tanımlamak gerekmektedir. Topraktaki su eksikliğine karşılık bitkideki duyarlılığı tanımlayan nem stresi duyarlılık etmeni değerleri, her iki deneme yılında da en düşük (0.08–0.09) VFT_{75} konusundan, en yüksek (1.11–1.14) ise VT konusundan elde edilmiştir.

Yalnızca bir gelişme döneminde sulama yapılmayan konular kendi içinde değerlendirildiğinde, iki yıllık ortalama sonuçlara göre en yüksek nem stresi duyarlılık değeri VT konusundan elde edilmiş, bunu sırasıyla FT ve VF konularının izlemiştir. Buna göre, su stresine en duyarlı dönemin çiçeklenme dönemi olduğu söylenebilir. Birçok araştırmacı, su uygulama zamanının, verim ve diğer verim bileşenlerini etkilediğini ifade etmiştir (NeSmith ve Ritchie 1992, Bryant ve ark. 1992, Jama ve Ottman 1993). Bu çalışmaların çoğunda, su stresinden en fazla etkilenen dönemlerin sırasıyla tepe püskülü, koçan püskülü ve tane doldurma dönemleri olduğu belirtilmiştir.

Bazı araştırmacılar, verimi etkileyen en önemli kritik mısır gelişme döneminin, tepe püskülü oluşumundan 2 hafta önce ile 2–3 hafta sonrası arasında değiştiğini belirtmişlerdir (Fischer ve Palmer 1984, Kiniry ve Richie 1985, Singh ve Singh 1995). Doorenbos ve Kassam (1988), Rhoads ve Bennett (1990), NeSmith ve Ritchie (1992), Kırdı (1992), Ul (1992), Öğretir (1993), Köksal (1995), Yıldırım ve ark. (1995, 1996), Istanbuluglu ve ark. (2002), Öktem ve ark. (2003), Çakır (2004), Okay (2006), Igbadun ve ark. (2007), Gündüz ve ark. (2008), Igbadun ve ark. (2008), Farre ve Faci (2009) ve Mansouri-Far ve ark. (2010), mısır bitkisinin su stresine en duyarlı dönemin çiçeklenme olduğunu bildirmektedirler. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, nem stresine ikinci duyarlı dönem vejetatif gelişme dönemi olup bunu tane oluşum ve olgunlaşma dönemi izlemektedir. Kırdı ve ark. (1992), Yıldırım ve ark. (1995) bu sonuca benzer bulgular elde ederken, Doorenbos ve Kassam (1979) ile Öğretir ve ark. (1993) su kısıntısına çiçeklenme döneminden sonra sırasıyla tane ve vejetatif gelişme dönemlerinin duyarlı olduğunu belirlemişlerdir.

Topraktaki nem açığının iki döneme çıkarıldığı V, F ve T konuları kendi arasında değerlendirildiğinde, iki yıllık ortalama sonuçlara ve her iki modele göre nem stresi duyarlılık göstergesi değerleri konulara göre $F > T > V$ biçiminde sıralanmıştır. Buna göre, hem vejetatif hem de tane döneminde sulama yapılmaması durumunda bitkinin tane verimi üzerine olumsuz etkisinin, diğer iki konuya oranla daha fazla olduğu söylenebilir. Diğer taraftan vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yaşanan su açığını, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde yapılan sulama ile gidermenin, verim üzerine fazla bir etkisinin olmadığı da ortaya çıkmaktadır.

Belirli bir fenolojik gelişme döneminde sulama kısıntısı arttıkça nem stresi duyarlılık göstergesinin de arttığı Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'den izlenebilir. İki yıllık ortalama sonuçlara göre, vejetatif gelişme döneminde %25 oranında sulama kısıntısı uygulandığında k_y ve λ değerleri sırasıyla 0.60 ve 0.59 iken, kısıntı %50 olduğunda bu değerler 0.76 ve 0.75'e, kısıntı %75 olduğunda ise 0.91 ve 0.91'e çıkmaktadır. Çiçeklenme döneminde uygulanan sulama kısıntılarında bu artış daha da fazla olmuştur. Bu dönemde %25 kısıntı uygulandığında her iki modele göre duyarlılık göstergeleri 0.76 iken, kısıntı %50 olduğunda 0.93'e, kısıntı %75 olduğunda ise 1.12'ye çıkmaktadır. Bu durum, çiçeklenme döneminde yapılan sulama uygulamalarındaki kısıntının, verim üzerinde olumsuz etkisinin önemini bir daha ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.6. 2008 Deneme Yılı İçin Verim Azalma Oranı, Stewart ve Jensen Modellerine Göre Nem Stresi Duyarlılık Göstergeleri

Sulama Konuları	Sulama Yapılmayan veya Kısıntı Yapılan Dönem	ET _m (mm)	ET _a (mm)	Y _m (kg/da)	Y _a (kg/da)	$\frac{Y_a}{Y_m}$	$\frac{ET_a}{ET_m}$	$1 - \frac{ET_a}{ET_m}$	$1 - \frac{Y_a}{Y_m}$	Stewart k _{yi}	Jensen λ _i
K	(V) + (F) + (T)	1102	277	2002	783	0.39	0.25	0.749	0.609	0.81	0.68
V	(F) + (T)	1102	616		1237	0.62	0.56	0.441	0.382	0.87	0.83
F	(V) + (T)	1102	644		1216	0.61	0.58	0.416	0.393	0.94	0.93
T	(V) + (F)	1102	483		972	0.49	0.44	0.562	0.515	0.92	0.88
VF	(T)	1102	949		1915	0.96	0.86	0.139	0.044	0.31	0.30
VT	(F)	1102	814		1417	0.71	0.74	0.261	0.292	1.12	1.14
FT	(V)	1102	839		1755	0.88	0.76	0.239	0.124	0.52	0.48
VFT	Tanık konu	1102	1102		2002	1.00	1.00	0.000	0.000	0.00	0.00
V ₇₅ FT	V (%25 kısıntı)	1102	1045		1942	0.97	0.95	0.052	0.030	0.59	0.58
V ₅₀ FT	V (%50 kısıntı)	1102	976		1826	0.91	0.89	0.114	0.088	0.77	0.76
V ₂₅ FT	V (%75 kısıntı)	1102	928		1711	0.85	0.84	0.158	0.146	0.92	0.92
VF ₇₅ T	F (%25 kısıntı)	1102	1024		1899	0.95	0.93	0.071	0.052	0.73	0.72
VF ₅₀ T	F (%50 kısıntı)	1102	930		1706	0.85	0.84	0.156	0.148	0.95	0.94
VF ₂₅ T	F (%75 kısıntı)	1102	907		1603	0.80	0.82	0.177	0.200	1.13	1.14
VFT ₇₅	T (%25 kısıntı)	1102	1047		1994	1.00	0.95	0.050	0.004	0.08	0.08
VFT ₅₀	T (%50 kısıntı)	1102	1022		1903	0.95	0.93	0.073	0.050	0.68	0.67
VFT ₂₅	T (%75 kısıntı)	1102	1000		1867	0.93	0.91	0.093	0.068	0.73	0.72

Çizelge 4.7. 2009 Deneme Yılı İçin Verim Azalma Oranı, Stewart ve Jensen Modellerine Göre Nem Stresi Duyarlılık Göstergeleri

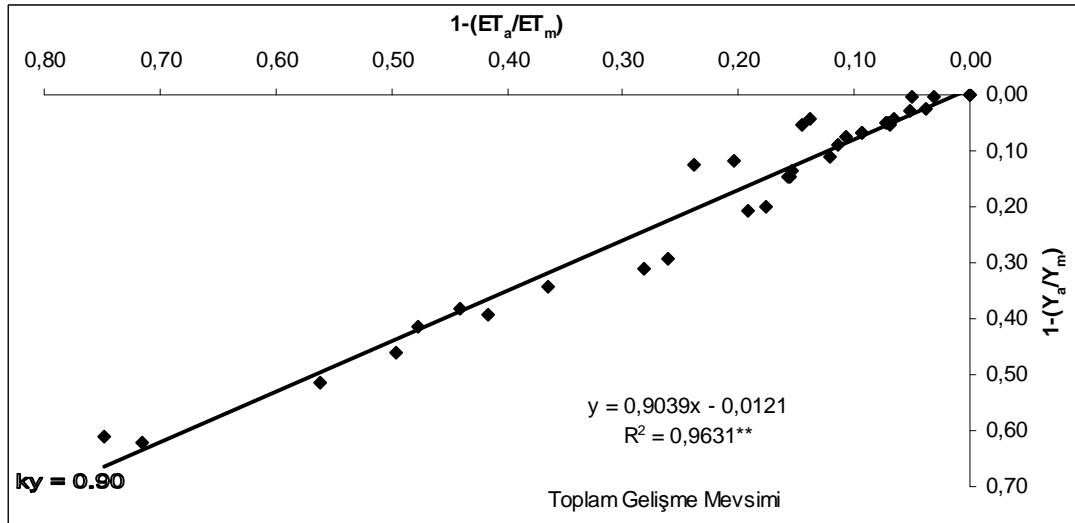
Sulama Konuları	Sulama Yapılmayan veya Kısıntı Yapılan Dönem	ET _m (mm)	ET _a (mm)	Y _m (kg/da)	Y _a (kg/da)	$\frac{Y_a}{Y_m}$	$\frac{ET_a}{ET_m}$	$1 - \frac{ET_a}{ET_m}$	$1 - \frac{Y_a}{Y_m}$	Stewart k _{yi}	Jensen λ _i
K	(V) + (F) + (T)	1164	332	2102	794	0.38	0.29	0.71	0.62	0.87	0.78
V	(F) + (T)	1164	609		1231	0.59	0.52	0.48	0.41	0.87	0.83
F	(V) + (T)	1164	739		1382	0.66	0.63	0.37	0.34	0.94	0.92
T	(V) + (F)	1164	586		1135	0.54	0.50	0.50	0.46	0.93	0.90
VF	(T)	1164	995		1990	0.95	0.85	0.15	0.05	0.37	0.35
VT	(F)	1164	836		1447	0.69	0.72	0.28	0.31	1.11	1.13
FT	(V)	1164	927		1856	0.88	0.80	0.20	0.12	0.58	0.55
VFT	Tanık konu	1164	1164		2102	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V ₇₅ FT	V (%25 kısıntı)	1164	1119		2053	0.98	0.96	0.04	0.02	0.61	0.60
V ₅₀ FT	V (%50 kısıntı)	1164	1056		1956	0.93	0.91	0.09	0.07	0.75	0.74
V ₂₅ FT	V (%75 kısıntı)	1164	986		1815	0.86	0.85	0.15	0.14	0.89	0.89
VF ₇₅ T	F (%25 kısıntı)	1164	1084		1988	0.95	0.93	0.07	0.05	0.79	0.79
VF ₅₀ T	F (%50 kısıntı)	1164	1023		1871	0.89	0.88	0.12	0.11	0.91	0.90
VF ₂₅ T	F (%75 kısıntı)	1164	940		1667	0.79	0.81	0.19	0.21	1.08	1.09
VFT ₇₅	T (%25 kısıntı)	1164	1127		2096	0.99	0.97	0.03	0.01	0.09	0.09
VFT ₅₀	T (%50 kısıntı)	1164	1087		2010	0.96	0.93	0.07	0.04	0.66	0.66
VFT ₂₅	T (%75 kısıntı)	1164	1040		1943	0.92	0.89	0.11	0.08	0.71	0.70

Tane oluşum ve olgunlaşma döneminde yapılan kısıntılı sulama konularından elde edilen duyarlılık göstergeleri, diğer fenolojik dönemlerde yapılan sulama kısıntılarına oranla görece daha düşüktür. Örneğin tane oluşum ve olgunlaşma döneminde %25 oranında kısıntı yapılmasının, bitki duyarlılığına etkisi çok düşüktür (iki yıllık ortalamaya göre $k_y=0.09$, $\lambda=0.09$). Diğer taraftan kısıntı miktarı %50'ye çıktığında $k_y=0.67$ ve $\lambda=0.67$, %75 kısıntı uygulandığında ise $k_y=0.72$ ve $\lambda=0.71$ değerlerini almaktadır. Benzer bir çalışmada Yıldırım ve ark. (1996), çiçeklenme dönemi için $k_y=0.78$, vejetatif ve tane dönemleri için ise $k_y=0.47$ olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, tane olgunlaşma döneminde sulama yapılmadığında tane verimlerinin önemli ölçüde düşmediğini belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgularla, anılan araştırmacıların bulguları benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilen nem stresi duyarlılık göstergeleri, bitki su tüketimindeki azalmaya karşılık verimde meydana gelen azalmayı tanımlamaktadır. Buna göre, toplam gelişme dönemi için, Stewart modeline göre hesaplanan bitki su üretim fonksiyonu ve nem stresi duyarlılık göstergesi (k_y) aşağıda verilmiştir.

$$\left[1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right] = 0.9039 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) - 0.0121; r^2 = 0.9631.$$

Yukarıdaki fonksiyonda verilen doğrunun eğimi (k_y), toplam gelişme mevsimi için 0.90 olarak bulunmuş ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Doorenbos ve Kassam (1979) $k_y < 1$ olduğu zaman verim kaybının ET eksikliğinden daha az önemli olduğunu, $k_y > 1$ olduğu zaman verim kaybının ET eksikliğinden daha önemli olduğunu ve $k_y = 1$ olduğunda ise verim kaybının ET eksikliğine eşit olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 4.10. İki Yıllık Toplam Gelişme Mevsimi Boyunca Oransal Bitki Su Tüketimi Azalması ile Oransal Tane Verimi Azalması Arasındaki İlişki

Bu çalışmadan elde edilen mevsimlik k_y değeri (0.90), Kanber ve ark. (1990a,b) 0.98, Öğretir (1993) 1.02, Yıldırım (1993) 1.09, Yıldırım ve ark. (1995) 0.94, Yıldırım ve ark. (1996) 0.97, Köksal ve Kanber (1998) 0.85, Yıldırım ve Kodal (1998) 0.96, Yazar ve ark. (2002) 0.88, Karam ve ark. (2003) 0.81, Şimşek ve Gerçek (2005), 0.70–0.97, Dağdelen ve ark. (2006) 1.04, Öktem (2006) 0.88–0.93 ile Mengü ve Özgürel (2008) 0.90–1.07 tarafından bildirilen mevsimlik k_y değerleriyle paralellik göstermektedir. Diğer taraftan çalışmadan elde edilen mevsimlik k_y değeri, Doorenbos ve Kassam (1979) 1.25, Retta ve Hanks (1980) 1.12–1.39, Howell ve ark. (1997) 1.47, Gençoğlan ve Yazar (1999) 1.08–1.61, Kipkorir ve ark. (2002) 1.28, Çakır (2004) 1.29, Igbadun ve ark. (2006) 1.90, Gündüz ve ark. (2008) 1.19, Igbadun ve ark. (2008) 2.36, Öktem (2008) 1.23, Payero ve ark. (2008) 1.58 ve Kızıloğlu ve ark. (2009) 1.51 olarak bildirilen mevsimlik k_y değerlerinden düşük, Yüksel ve ark. (1997) 0.76, İstanbulluoğlu ve ark. (2002) 0.76, Kırmak ve ark. (2003) 0.77–0.81 olarak bildirilen mevsimlik k_y değerlerinden daha yüksek elde edilmiştir. Çakır (2004), k_y değerinin, yetiştirme mevsimi içinde düşen yağışlardan etkilendiğini, kuraklık arttıkça değerlerin yükseleceğini ileri sürmüştür. Kurak geçen yıl için k_y 1.36, yağışlı geçen yıl için 0.81 olarak belirlemiştir. Igbadun ve ark. (2008), k_y 'nin yüksek olmasını, bitki üzerindeki nem stresi düzeyinin daha şiddetli olması ve verim azalma oranının, oransal bitki su tüketimindeki azalmadan yüzdesel olarak daha yüksek olmasına bağlamıştır. Yıldırım ve Kodal (1998) k_y değerinin düşük çıkmasının, iklim ve toprak özellikleri, uygulanan sulama programları, sulamada doyurulan toprak derinliğini ve bitki su tüketimindeki farklılıklardan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Diğer taraftan k_y değerleri arasındaki farklılıkların nedeninin, farklı oransal nem ve toprak özellikleriyle beraber, yetiştirme mevsimi uzunluğundaki farklılıklar ve çeşidin erkenci veya geççi olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Stewart ve Jensen modellerine göre, gelişme dönemleri (vejetatif (V), çiçeklenme (F), tane oluşum ve olgunlaşma (T)) için hesaplanan bitki su üretim fonksiyonları aşağıda verilmiş ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

$$\text{Stewart: } \left[1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right] = 0.54 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right)_V + 1.12 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right)_F + 0.34 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right)_T + 0.001$$

$$\text{Jensen: } \frac{Y_a}{Y_m} = \left(\frac{ET_a}{ET_m} \right)_V^{0.73} \left(\frac{ET_a}{ET_m} \right)_F^{1.14} \left(\frac{ET_a}{ET_m} \right)_T^{0.33}$$

Her iki yöntemde de çiçeklenme gelişim dönemindeki su stresi duyarlılık göstergeleri, diğer bitki gelişme dönemlerinden daha yüksek olmuş, bunu sırasıyla

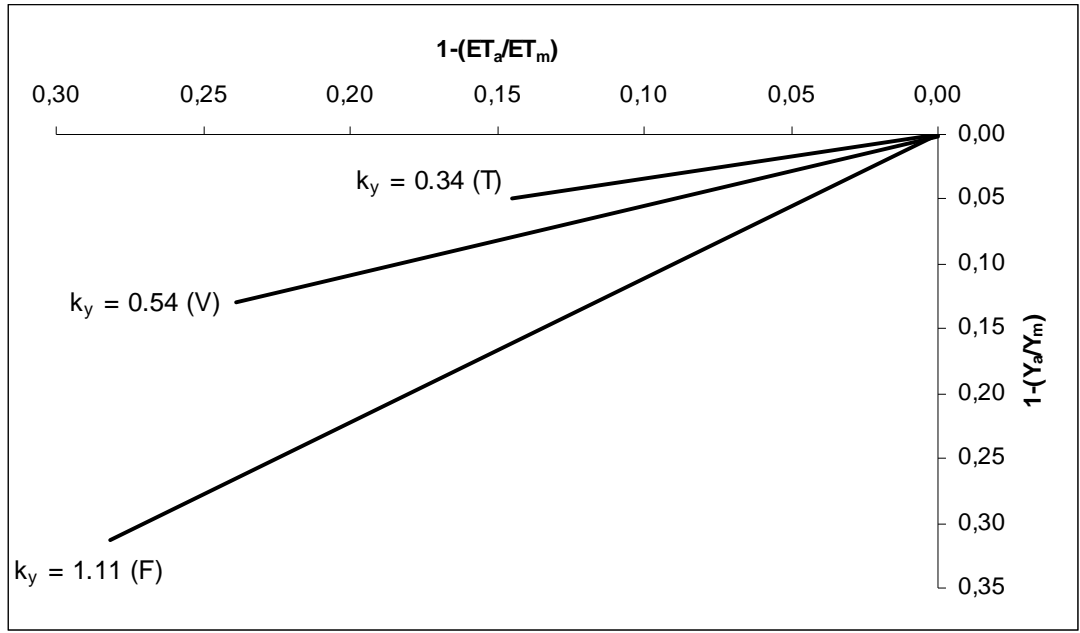
vejetatif ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerindeki göstergeler izlemiştir. Zhang ve ark. (2004)'e göre, su kısıntısı arttıkça, duyarlılık göstergesi de artmaktadır. Göstergelerin eğilimi, çiçeklenme döneminin su kısıntısına en duyarlı fenolojik gelişme döneminin çiçeklenme olduğunu ve bunu sırasıyla vejetatif ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinin olduğunu göstermektedir. Igbadun ve ark (2007), mısır bitkisi için bitki su üretim fonksiyonunu, Stewart modeline göre

$$\left[1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right] = 0.21 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)_V + 0.86 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)_F + 0.49 \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)_T + 0.047$$

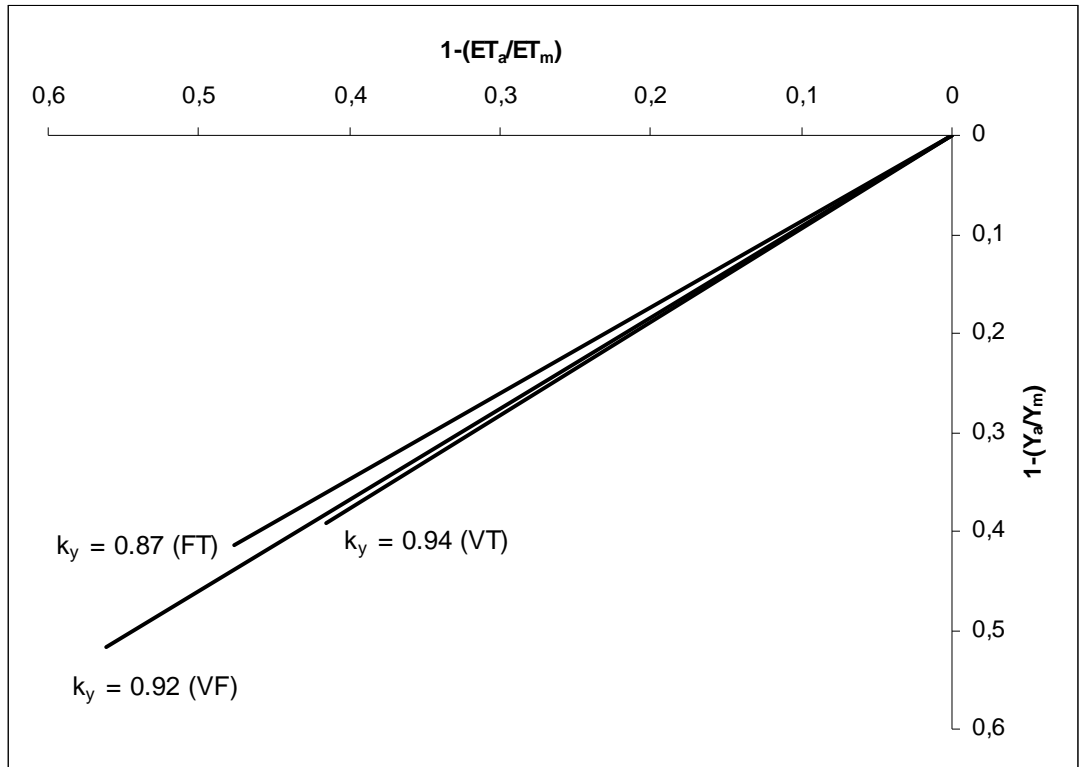
Jensen modeline göre ise $\frac{Y_a}{Y_m} = \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)_V^{0.29} \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)_F^{1.07} \left(\frac{ET_a}{ET_m}\right)_T^{0.58}$ olarak belirlemiş ve

mısır bitkisi için nem kısıntısına en duyarlı dönemin çiçeklenme olduğunu, bunu sırasıyla tane oluşum ve olgunlaşma ile vejetatif gelişme dönemlerinin izlediğini belirlemişlerdir. Buna göre, çiçeklenme dönemine ilişkin sonucun yukarıda anılan araştırmacıların sonuçlarıyla benzer olduğu, vejetatif ile tane dönemine ilişkin göstergelerin farklılık gösterdiği görülmektedir. Bitki su üretim fonksiyonları, bitki çeşidine ve çalışmanın yürütüldüğü iklim koşullarına göre farklılık gösterebilmektedir (Igbadun ve ark. 2007). Al-Jamal ve ark. (2000)'a göre, Clumpner ve Solomon (1987) 300 adet bitki su üretim fonksiyonunun güvenilirliğini ve evrenselliğini test etmek amacıyla bir çalışma yürütmüşler ve bu fonksiyonların bitki gelişme dönemlerinde olduğu gibi yıllar arasında ve çalışmanın yürütüldüğü yere göre farklılığının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Rhenals ve Bras (1981) tüm bitki cinsleri, yetiştirme dönemleri ve iklim koşulları için evrensel bir bitki su üretim fonksiyonunun olmadığını, bunun nedenini ise fonksiyonlarda yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin, bitki karakteristikleri ve çevresel etmenler tarafından etkilendiği biçiminde açıklamışlardır. Bu nedenle, bitki su üretim fonksiyonlarının, sulama programlarında ve su yönetim stratejilerinde kullanılması için öncelikle farklı bitkiler ve farklı yerlerde kullanılmasına gereksinim vardır.

Sulama planlayıcılarına daha geniş seçenekler sunmak amacıyla, iki farklı gelişme döneminde su kısıntısına gidilmesi durumunda, oransal bitki su tüketimine karşılık oransal tane verimindeki azalma ile elde edilen nem stresi duyarlılık göstergeleri Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.11. İki Yıllık (2008–2009) Bireysel Gelişme Dönemleri İçin Oransal Bitki Su Tüketimi Azalması ile Oransal Tane Verimi Azalması Arasındaki İlişki



Şekil 4.12. İki Gelişme Döneminde Yapılan Nem Kısıntısı İçin k_y Göstergeleri

4.6. Tane Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Su Kullanım Etkinliği

Bitkiye uygulanan birim suya karşılık elde edilen tane verimi değerlerinin göstergesi olarak kullanılan sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE_g$) ve mevsimlik bitki su tüketimine karşılık elde edilen tane veriminin göstergesi olan su kullanım etkinliği (WUE_g) değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

İki yıllık ortalama sonuçlara göre, en yüksek (1.62 kg/m^3) $IWUE_g$ değeri, sulama suyunun vejetatif ve çiçeklenme gelişim dönemlerinde tam olarak karşılandığı VF konusundan, en düşük (0.75 kg/m^3) ise yalnızca tane oluşum ve olgunlaşma döneminde sulamanın yapıldığı T konusundan elde edilmiştir. Bu sonuca göre, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulamaların tane verimi üzerinde etkisinin çok önemli olduğu, anılan dönemlerde sulama yapılmayıp sadece tane oluşum ve olgunlaşma döneminde sulama yapılmasının ise verim üzerine etkisinin düşük olduğu söylenebilir.

Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen $IWUE_g$ değerleri çok geniş bir dağılım göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara benzer olarak, mısır bitkisi için $IWUE_g$ değerlerinin, Köksal (1995) $1.38\text{--}1.80 \text{ kg/m}^3$, Lyle ve Bordovsky (1995) 1.9 kg/m^3 , Köksal ve Kanber (1998) $1.38\text{--}1.80 \text{ kg/m}^3$, Öktem (2006) $1.07\text{--}1.43$, Öktem (2008) $1.18\text{--}1.62 \text{ kg/m}^3$ ve Mansori-Far ve ark. (2010) $0.97\text{--}1.34 \text{ kg/m}^3$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Diğer taraftan, Musick ve Dusek (1980) $2.44\text{--}2.70 \text{ kg/m}^3$, Caldwell ve ark. (1994) $2.07\text{--}2.76 \text{ kg/m}^3$, Howell ve ark. (1995) $1.51\text{--}2.48 \text{ kg/m}^3$, Gençoğlan (1996) $1.02\text{--}2.43 \text{ kg/m}^3$, Yazar ve ark. (2002) $1.95\text{--}2.53 \text{ kg/m}^3$, Dağdelen ve ark. (2006) $2.30\text{--}3.52 \text{ kg/m}^3$ ile Mengü ve Özgürel (2008) $1.44\text{--}2.55 \text{ kg/m}^3$ olarak bildirilen $IWUE_g$ değerleri, bu çalışmadan elde edilen değerlerden yüksektir. Söz konusu farklılıklar, mısır bitkisinin yetiştiği mevsim içerisinde düşen yağış miktarları arasındaki farka bağlanabilir. Di Paola ve Rinaldi (2008) ile Mansori-Far ve ark. (2010) uygulanan azot dozu arttıkça $IWUE_g$ değerinin de arttığını saptamışlardır. Literatürde genelde uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça $IWUE_g$ değerlerinin azaldığına ilişkin genel bir eğilim vardır. Payero ve ark. (2008), tane verimine ilişkin $IWUE_g$ değerini, kısıntılı sulama uygulamaları altında 2.92 ile 21.08 kg/m^3 arasında değiştiğini, sulama suyu miktarı arttıkça $IWUE_g$ değerlerinin azaldığını belirlemişler ve uygulanan sulama suyu ile $IWUE_g$ arasında 3. dereceden fonksiyonel eşitlikler elde etmişlerdir. Gençoğlan ve Yazar (1999), en yüksek $IWUE_g$ değerini tüm gelişme dönemlerinde %80 oranında su kısıntısı uygulanan konudan $1.67\text{--}2.43 \text{ kg/m}^3$ olarak elde etmişlerdir. Bu

araştırmacılar, uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça $IWUE_g$ 'nin azaldığını ve en düşük değeri tam sulanan konudan $1.00-1.19 \text{ kg/m}^3$ olarak belirlemişlerdir. Bu görüşün tersine, Öktem (2008), en yüksek $IWUE_g$ değeri %10 oranında su kısıntısında, Iğbadun ve ark. (2008) ise en az sulanan konudan en düşük $IWUE_g$ değeri elde etmişlerdir.

Yalnızca bir gelişme döneminde sulama yapılması durumunda ele alınan konular kendi arasında değerlendirildiğinde, vejetatif gelişme döneminde elde edilen $IWUE_g$ değerleri her iki yılda da diğeri gelişme dönemlerinde yapılan sulama konularına göre daha yüksek çıkmıştır (ortalama 1.31 kg/m^3). Bunu sırasıyla çiçeklenme (1.15 kg/m^3) ve tane oluşum (0.75 kg/m^3) dönemlerinde elde edilen değerler izlemiştir. Diğeri taraftan, iki gelişme döneminde sulamaların yapıldığı konular incelendiğinde, hem vejetatif hem de çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulamaların verim üzerine etkisinin en fazla olduğu görülmektedir (ortalama 1.62 kg/m^3). Çiçeklenme ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde yapılan sulamaların verim üzerine etkisi ise bu değere yakın elde edilmiş (1.51 kg/m^3), çiçeklenme döneminde sulamanın yapılmayıp diğeri gelişme dönemlerinde sulamaların tam olarak yapıldığı VT konusunda ise diğeri konulara göre verimin önemli ölçüde azaldığı (1.01 kg/m^3) belirlenmiştir. İstanbulluoğlu ve ark. (2008) en yüksek $IWUE_g$ değeri yalnızca vejetatif dönemde yapılan sulama konusundan 10.19 kg/m^3 , en düşük ise tam sulanan konudan 3.48 kg/m^3 olarak saptamıştır. Iğbadun ve ark. (2008) vejetatif gelişme döneminde yapılan kısıntılı sulamalarla tam sulamaya göre daha yüksek $IWUE_g$ elde etmiştir. Bu çalışmada, $IWUE_g$ değerlerindeki azalma, farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıntısına ve sulama sayısına bağlanabilir.

Belirli bir gelişme döneminde eksik suyun tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan sulama suyunun yüzdeleri biçiminde oluşturulan kısıtlar incelendiğinde, kısıntı yüzdesi arttıkça $IWUE_g$ değerlerinin çok az düştüğü görülmektedir (Çizelge 4.8). İki yıllık ortalama sonuçlara göre, vejetatif gelişme döneminde %25, %50 ve %75 oranında sulama suyu kısıntısı uygulanması durumunda $IWUE_g$ değerleri sırasıyla 1.37 , 1.35 ve 1.29 kg/m^3 olarak belirlemiştir. Diğeri taraftan kısıntı uygulanmayan VFT konusundan elde edilen $IWUE_g$ değeri 1.35 kg/m^3 tür. Bu yönüyle bir değerlendirilme yapıldığında, değerler arasında büyük farklılıklar bulunmamaktadır. Diğeri taraftan vejetatif gelişme döneminde %25, %50 ve %75 oranında sulama kısıntısı yapılması ve diğeri gelişme dönemlerinde eksik suyun tam olarak karşılanmasıyla, tanık konuya göre sırasıyla %5, %12 ve %17 oranında sulama suyu tasarrufu yapılabilmektedir.

Çizelge 4.8. Sulama Konularına Göre Mısırın Tane Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE_g) ve Su Kullanım Etkinliği (WUE_g) Değerleri

Yıllar	Göstergeler	Deneme Konuları																
		K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	Sulama Suyu (mm)	76	459	504	410	812	734	721	1018	960	891	844	927	844	820	955	918	875
	Bitki Su Tüketimi (mm)	277	616	644	483	949	814	839	1102	1045	976	928	1024	930	907	1047	1022	1000
	Tane Verimi (kg/da)	783	1237	1216	972	1915	1417	1755	2002	1942	1826	1711	1899	1706	1603	1994	1903	1867
	IWUE _g (kg/m ³)	0.00	1.19	1.01	0.56	1.54	0.96	1.51	1.29	1.31	1.28	1.21	1.31	1.20	1.10	1.38	1.33	1.36
	WUE _g (kg/m ³)	2.83	2.01	1.89	2.01	2.02	1.74	2.09	1.82	1.86	1.87	1.84	1.85	1.83	1.77	1.90	1.86	1.87
2009	Sulama Suyu (mm)	66	371	523	433	774	683	769	995	949	887	817	915	852	768	945	898	838
	Bitki Su Tüketimi (mm)	332	609	739	586	995	836	927	1164	1119	1056	986	1084	1023	940	1127	1087	1047
	Tane Verimi (kg/da)	794	1231	1382	1135	1990	1447	1856	2102	2053	1956	1815	1988	1871	1667	2096	2010	1943
	IWUE _g (kg/m ³)	0.00	1.43	1.29	0.93	1.69	1.06	1.51	1.41	1.43	1.42	1.36	1.41	1.37	1.24	1.48	1.46	1.49
	WUE _g (kg/m ³)	2.39	2.02	1.87	1.94	2.00	1.73	2.00	1.81	1.83	1.85	1.84	1.83	1.83	1.77	1.86	1.85	1.87
İki Yıllık Ortalama	Sulama Suyu (mm)	71	415	514	422	793	708.5	745	1007	955	889	831	921	848	794	950	908	857
	Bitki Su Tüketimi (mm)	305	613	692	535	972	825	883	1133	1082	1016	957	1054	977	924	1087	1055	1024
	Tane Verimi (kg/da)	788	1234	1299	1054	1953	1432	1806	2052	1998	1891	1763	1944	1789	1635	2045	1957	1905
	IWUE _g (kg/m ³)	0.00	1.31	1.15	0.75	1.62	1.01	1.51	1.35	1.37	1.35	1.29	1.36	1.29	1.17	1.43	1.40	1.43
	WUE _g (kg/m ³)	2.61	2.02	1.88	1.98	2.01	1.74	2.05	1.82	1.85	1.86	1.84	1.84	1.83	1.77	1.88	1.86	1.87

Yalnızca çiçeklenme döneminde %25, %50 ve %75 oranında sulama suyu kısıntısı uygulanması durumunda, iki yıllık ortalama verilere göre $IWUE_g$ değerleri sırasıyla 1.36, 1.29 ve 1.17 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Buna göre, çiçeklenme döneminde yüzdesel olarak yapılan kısıntılarından elde edilen $IWUE_g$ değerlerinin vejetatif gelişme dönemine oranla daha keskin olarak azaldığı görülmektedir. Sulamaların tam olarak uygulandığı VFT tanık konusuna göre, yalnızca çiçeklenme döneminde yapılan %25, %50 ve %75 oranında yapılan kısıntılarla sırasıyla %9, %16 ve %21 oranında sulama suyu tasarrufu yapılabileceği görülmektedir. Ancak, çiçeklenme döneminde %75 oranında kısıntı yapılması ile verimdeki azalma %20 olduğundan bu oranda bir kısıntı yapılması önerilmemektedir.

Tane oluşum ve olgunlaşma döneminde %25, %50 ve %75 oranında sulama suyu kısıntısı uygulanması durumunda, iki yıllık ortalama verilere göre $IWUE$ değerleri sırasıyla 1.43, 1.40 ve 1.43 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Kısıntılara göre elde edilen değerler birbirlerine çok yakın olduğundan, tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde yapılan kısıntıların verimi çok düşürmediği söylenebilir.

Yukarıdaki sonuçlara göre, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama kısıntılarının verimi önemli ölçüde düşürdüğü, tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde yapılan kısıntıların ise verim üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı, eğer sulama programlarında kısıntı yapılması gerekirse bunun tane oluşum ve olgunlaşma döneminde yapılması gerektiği söylenebilir.

Mevsimlik bitki su tüketimine karşılık elde edilen verimin göstergesi olan su kullanım etkinliği (WUE_g), iki yıllık ortalama sonuçlara göre, en yüksek susuz konudan 2.61 kg/m^3 olarak elde edilmiştir. Susuz konudan elde edilen değer yüksek çıkması, bu konuya çimlenme dönemi dışında bir daha su verilmemesi, diğer taraftan çeşidin yüksek verim potansiyeline sahip olması gösterilebilir. En düşük WUE_g değeri ise, çiçeklenme döneminde hiç sulama yapılmayan VT konusundan (1.74 kg/m^3) elde edilirken, tüm gelişme dönemlerinde sulama suyunun tam olarak karşılandığı VFT konusundan 1.82 kg/m^3 değeri elde edilmiştir. İki yıllık verilere göre, WUE_g değerleri 1.74–2.02 (susuz konu hariç) arasında değişmektedir (Çizelge 4.8).

Bu çalışmadan elde edilen WUE_g değerleri, Köksal ve Kanber (1998) 0.87–3.19 kg/m^3 , Yazar ve ark. (2002) 1.94–2.27 kg/m^3 , Karam ve ark. (2003) 1.54–1.88 kg/m^3 , Dağdelen ve ark. (2006), 1.65–2.15 kg/m^3 , Okay (2006) 2.12–3.0 kg/m^3 ve Mengü ve Özgürel (2008) 1.49–2.71 kg/m^3 ile benzerlik, Howell ve ark. (1995) 0.89–1.48 kg/m^3 , Gençoğlan ve Yazar (1999) 0.22–1.25 kg/m^3 , Yazar ve ark. (1999) 0.87–1.42 kg/m^3 , Pandey ve ark. (2000a) 0.49–0.65 kg/m^3 , Öktem ve ark. (2003) 1.04–1.36 kg/m^3 , Kar

ve Verma (2005) 0.52–1.31 kg/m³, Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005) 0.63–0.79 kg/m³, Öktem (2006) 0.94–1.15 kg/m³, Igbadun ve ark. (2008), 0.41–0.85 kg/m³, Öktem (2008) 1.19–1.36 kg/m³'e göre ise daha düşük bulunmuştur. Değerlerin bu kadar geniş bir dağılım göstermesine karşın, bu çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak, yukarıda anılan araştırmacıların büyük bir çoğunluğu su kısıntısı arttıkça WUE_g değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Karam ve ark. (2003), su stresi altında bulunan bitkilerin iyi sulanan bitkilerden daha yüksek WUE_g değerlerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında, Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005) sulama aralığı arttıkça WUE_g değerlerinin yükseldiğini, Öğretir (1993) su kısıntısının yapıldığı döneme bağlı olarak WUE_g'nin değiştiğini saptamıştır. Norwood ve Dumler (2002), sulama sayısı veya uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça WUE_g değerlerinin düştüğünü ve erkenci çeşitlerin geççi çeşitlere göre daha yüksek WUE_g değerlerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Panda ve ark. (2004), WUE_g değerini %45 düzeyinde su kısıntısının yapıldığı deneme konusundan elde etmiş, bundan sonraki su kısıntılarında değerlerin düştüğünü saptamıştır. Trooijen ve ark. (1999) kısıntılı sulama uygulamaları ile tam sulamaya göre daha yüksek WUE elde edildiğini, ancak tam sulamanın kısıntılı sulamaya göre daha uygun ve karlı olduğunu belirtmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular bu görüşleri desteklemektedir. Bunun tersi bir görüş, Igbadun ve ark. (2008) tarafından bildirilmiştir. Bu araştırmacılar, tam sulanan konudan en yüksek, en az su uygulanan konudan ise en düşük WUE_g elde etmişlerdir. Aynı zamanda Payero ve ark. (2008), uygulanan sulama suyu ile WUE_g arasında pozitif doğrusal ve 2. dereceden eğrisel ilişkiler elde etmişlerdir.

Halvorson ve ark. (2006) azot dozu ile WUE_g arasında eğrisel bir ilişki olduğunu, azot dozu arttıkça belli bir noktaya kadar değerlerin arttığını, daha sonra ise azaldığını belirlemişlerdir. Genellikle, WUE_g ve IWUE_g değerleri, bitki verim potansiyeli, sulama yöntemi, bitki su tüketiminin ölçülmesinde ve hesaplanmasında kullanılan yöntem, çevre koşulları ve iklim özelliklerinden etkilenmektedir. Bu nedenle, daha yüksek WUE_g ve IWUE_g değerleri, düşük verimlilik potansiyeline sahip çeşitlere göre yüksek verimli çeşitlerden, yüzey sulama yöntemine göre damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinden elde edilebilir (Igbadun ve ark. 2008).

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, yalnızca tane döneminde veya yalnızca vejetatif gelişme döneminde %25, %50 ve %75 oranlarında sulama suyu kısıntısı uygulanan deneme konularından elde edilen WUE_g değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Diğer taraftan yalnızca çiçeklenme döneminde %25 ve %50 oranında kısıntı yapılan konular arasında önemli bir farklılık bulunmazken, kısıntı

miktarının %75 olduğu konuda WUE_g değeri (1.77 kg/m^3) düşüş göstermiştir. V, VF ve FT konularından elde edilen WUE_g değerleri birbirine çok yakındır (ortalama 2.03 kg/m^3) ve diğer konulardan elde edilen değerlerden görece daha yüksektir. Benzer çalışmalarda, Kar ve Verma (2005) vejetatif dönemde yapılan su kısıntılarında daha fazla WUE_g elde etmiştir. Diğer taraftan Igbadun ve ark. (2008), WUE_g ve $IWUE_g$ 'nin arttırılması için, eğer herhangi bir gelişme döneminde kısıntıya gidilecekse, kısıntılı sulama programından çiçeklenme döneminin ayrı tutulması gerektiğini belirtmiştir.

Her iki deneme yılında da deneme konularından elde edilen WUE_g değerleri $IWUE_g$ değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, bitkinin kısıntılı sulama koşullarında dahi topraktaki sudan yararlanabildiğini göstermektedir. Bu durumun tersi bir biçimde İstanbulluoğlu ve ark. (2002), $IWUE_g$ değerlerinin WUE_g değerlerinden daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacılar bunun nedenini, bitki su tüketiminin uygulanan sulama suyu miktarından daha fazla olmasına dayandırmışlardır.

4.7. Yeşil Ot Verimi

Bitkinin tüm toprak üstü organlarını (gövde, yaprak ve koçan) içine alana yeşil ot verimi, farklı yetiştiricilik uygulamaları karşısında bitkilerin sergiledikleri performansları karşılaştırmak için kullanılan temel özelliklerden biridir (Çarpıcı 2009).

Araştırmada yeşil ot verimi, süt olum dönemi ile sarı olum dönemi arasında kalan hamur olum döneminde örneklenen bitkiler üzerinden hesaplanmış ve araştırma konularının varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9, yeşil ot verimi değerleri ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, 2008 yılında bloklar ve konular arasındaki farklılık %1, 2009 yılında konular arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde önemliken, bloklar arasındaki farklılık %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, bloklar, yıllar, konular ve yıl x konu ilişkileri arasında %1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar elde edilmiştir.

Farklı sulama programlarının yeşil ot verimi üzerindeki etkileri incelendiğinde, her iki deneme yılında da en yüksek yeşil ot veriminin (10305 ile 10931 kg/da) VFT_{75} konusundan, en düşük verimin (ortalama 6171 kg/da) ise susuz konudan elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.10). İki yıllık ortalama verilere göre, en yüksek (10172 kg/da) ve en düşük (6171 kg/da) yeşil ot verimleri arasında 4001 kg fark bulunmaktadır. Diğer bir deyişle sulama suyu uygulamaları ile yeşil ot veriminde %65 oranında bir artış olmuştur. Konulardan elde edilen yeşil ot verimi ortalamaları 2008 yılında 8894 kg/da , 2009 yılında 9297 kg/da ve iki yıllık ortalama yeşil ot verimi 9095 kg/da olarak elde

edilmiştir. Denemenin ikinci yılında elde edilen yeşil ot verimleri, ilk yıla oranla biraz daha yüksek bulunmuştur. Bunun en olası nedeni, 2009 yılında üretim mevsimi içerisinde düşen yağışların daha fazla olmasıdır.

Çizelge 4.9. Yeşil Ot verimi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	297301	148650	5.70**
	Konular	16	70638303	4414894	169.38**
	Hata	32	834061	26064	
	Genel	50	71769665		
2009	Bloklar	2	40747	20373	4.15*
	Konular	16	87338268	5458642	1112.66**
	Hata	32	156990	4906	
	Genel	50	87536005		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	278909	139454	8.76**
	Yıllar	1	4135789	4135789	259.92**
	Konular	16	151381138	9461321	594.60**
	Yıl x Konu	16	6595433	412215	25.91**
	Hata	64	1050190	15912	
	Genel	101	163441459		

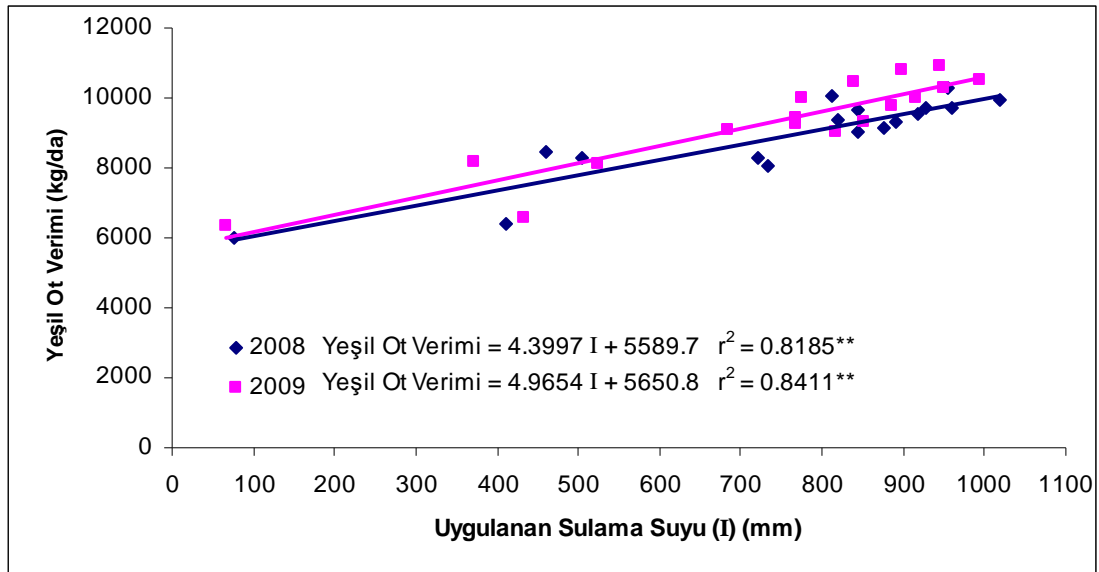
** , * Sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeylerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.10. Yeşil Ot Verimi Değerleri (kg/da)

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	5786	6015	6222	6008 k	6245	6413	6345	6334 l	6171 l
V	8399	8491	8492	8461 h	8044	8215	8211	8157 j	8309 j
F	8212	8477	8158	8282 hi	8050	8196	8091	8112 j	8197 j
T	5913	6278	6941	6377 j	6584	6386	6662	6544 k	6461 k
VF	9946	10191	9972	10036 b	9965	10125	9932	10007 e	10022 c
VT	8256	8045	7870	8057 i	9148	9121	9044	9104 i	8581 i
FT	8317	8252	8208	8259 hi	9188	9287	9285	9253 h	8756 h
VFT	9845	10122	9830	9932 bc	10485	10600	10498	10528 c	10230 b
V ₇₅ FT	9615	9876	9671	9721 cd	10256	10305	10223	10261 d	9991 cd
V ₅₀ FT	9187	9378	9306	9290 e-g	9645	9806	9797	9749 f	9520 f
V ₂₅ FT	8945	9145	9015	9035 g	9052	9068	9036	9052 i	9043 g
VF ₇₅ T	9654	9828	9619	9700 cd	9962	10125	9972	10020 e	9860 de
VF ₅₀ T	9618	9789	9623	9677 cd	9310	9285	9274	9290 h	9483 f
VF ₂₅ T	9269	9457	9417	9381 ef	9352	9511	9502	9455 g	9418 f
VFT ₇₅	10145	10487	10283	10305 a	10968	10910	10914	10931 a	10618 a
VFT ₅₀	9472	9681	9484	9546 de	10825	10768	10800	10798 b	10172 b
VFT ₂₅	9018	9264	9116	9133 fg	10356	10488	10509	10451 c	9792 e
Ortalama				8894 b	Ortalama			9297 a	9095
LSD (%5)				268.5	116.5			145.4	

Buniak ve ark. (1996), silajlık mısırın veriminin sulama yapıldığında 4280 kg/da, sulama yapılmadığında ise 3450 kg/da olduğunu saptamışlardır. Viswanatha ve ark. (2002), şeker mısırı için, ekimden 84 gün sonra hasat ettiği bitkiler üzerinden taze koçan ağırlığını 2007 kg/da, diğer toprak üstü organlarının ağırlığını ise 2487 kg/da ve toplam yeşil ot verimini 4494 kg/da olarak belirlemiştir. Kızıloğlu ve ark (2009), kısıntılı sulama uygulamaları altında yeşil ot verimlerinin 443 ile 7232 kg/da arasında değiştiğini, tam sulanan konuya göre kısıntılı sulanan konularda %23 ile 91 oranında azalma olduğunu, kısıntı arttıkça yeşil ot veriminin azaldığını belirlemiştir. Çarpıcı (2009) Bursa koşullarında silajlık mısır üzerinde yürüttüğü denemede farklı azot dozları ve bitki sıklığına göre yeşil ot verimlerinin 5154.4–8222.4 kg/da arasında değiştiğini saptamıştır. Yukarıda anılan araştırmacıların elde ettiği yeşil ot verimi değerleri, bu çalışmadan elde edilen bulgulardan göreceli olarak daha düşüktür. Yeşil ot veriminin bitki yoğunluğu, bitki cinsi, türü ve çeşidi, olgunlaşma süresi, yararlanma şekli, biçim zamanı ve yüksekliği, gübreleme ve sulama gibi çok çeşitli çevre koşullarından etkilendiği belirtilmektedir (Geren ve ark. 2003).

Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yeşil ot verimlerinde artış olmuştur. Buna göre, uygulanan sulama suyu (I) ile yeşil ot verimi arasında 2008 yılında, “Yeşil Ot Verimi = 4.3997 I + 5589.7 ($R^2 = 0.82^{**}$)” ve 2009 yılında “Yeşil Ot Verimi = 4.9654 I + 5650.8 ($R^2 = 0.84^{**}$)” biçiminde doğrusal ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.13). Overman ve Martin (2002), mısır bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı silaj verimleri arasında doğrusal ilişkiler olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte Kızıloğlu ve ark. 2009, yeşil ot verimi ile bitki su tüketimi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.13. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Yeşil Ot Verimi Arasındaki İlişki

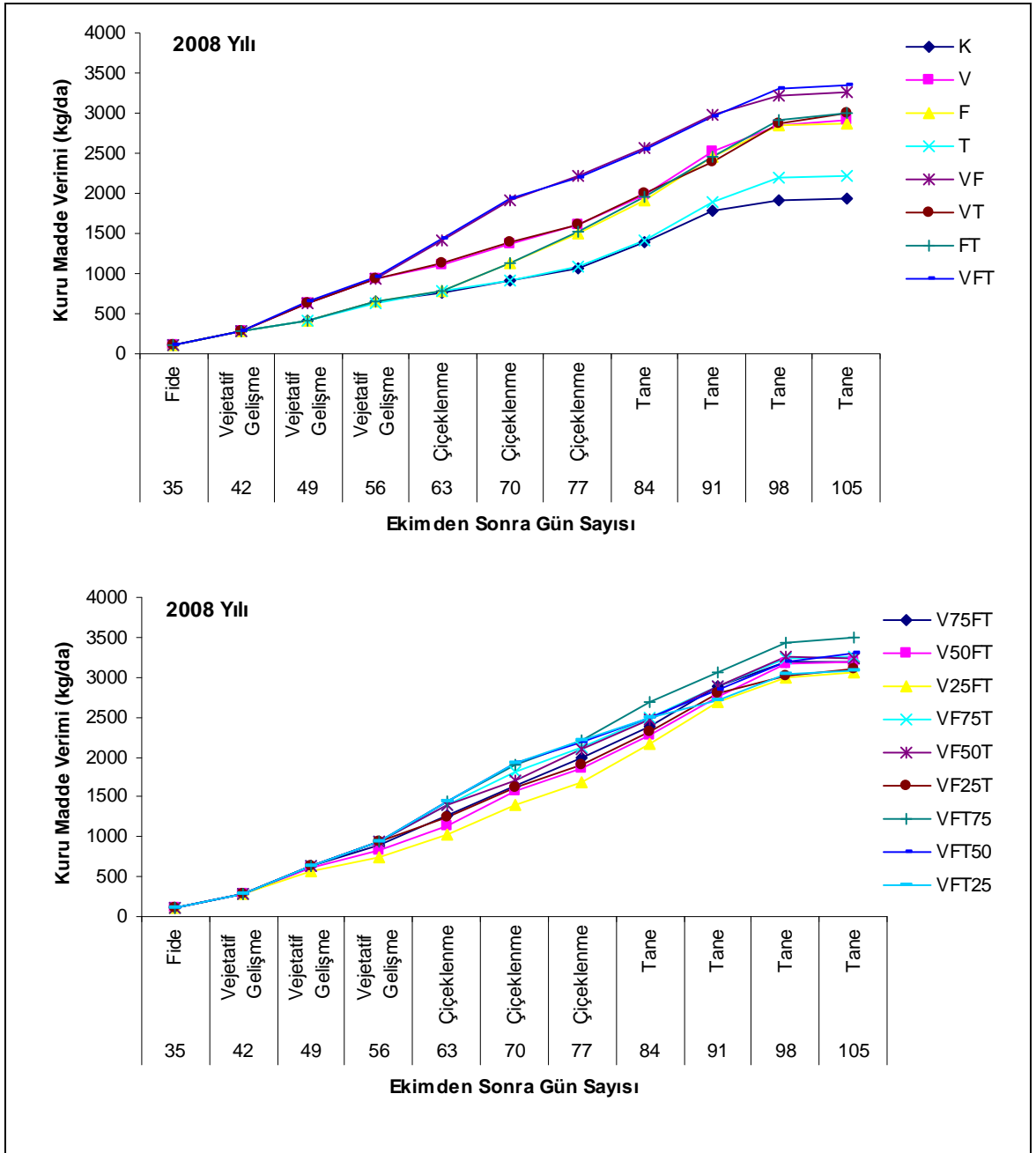
4.8. Toprak Üstü Kuru Madde (Biomass) Verimi

Mısır bitkisi, birim su miktarına karşılık en yüksek kuru madde üreten tarla bitkilerinden biridir (Viswanatha ve ark. 2002).

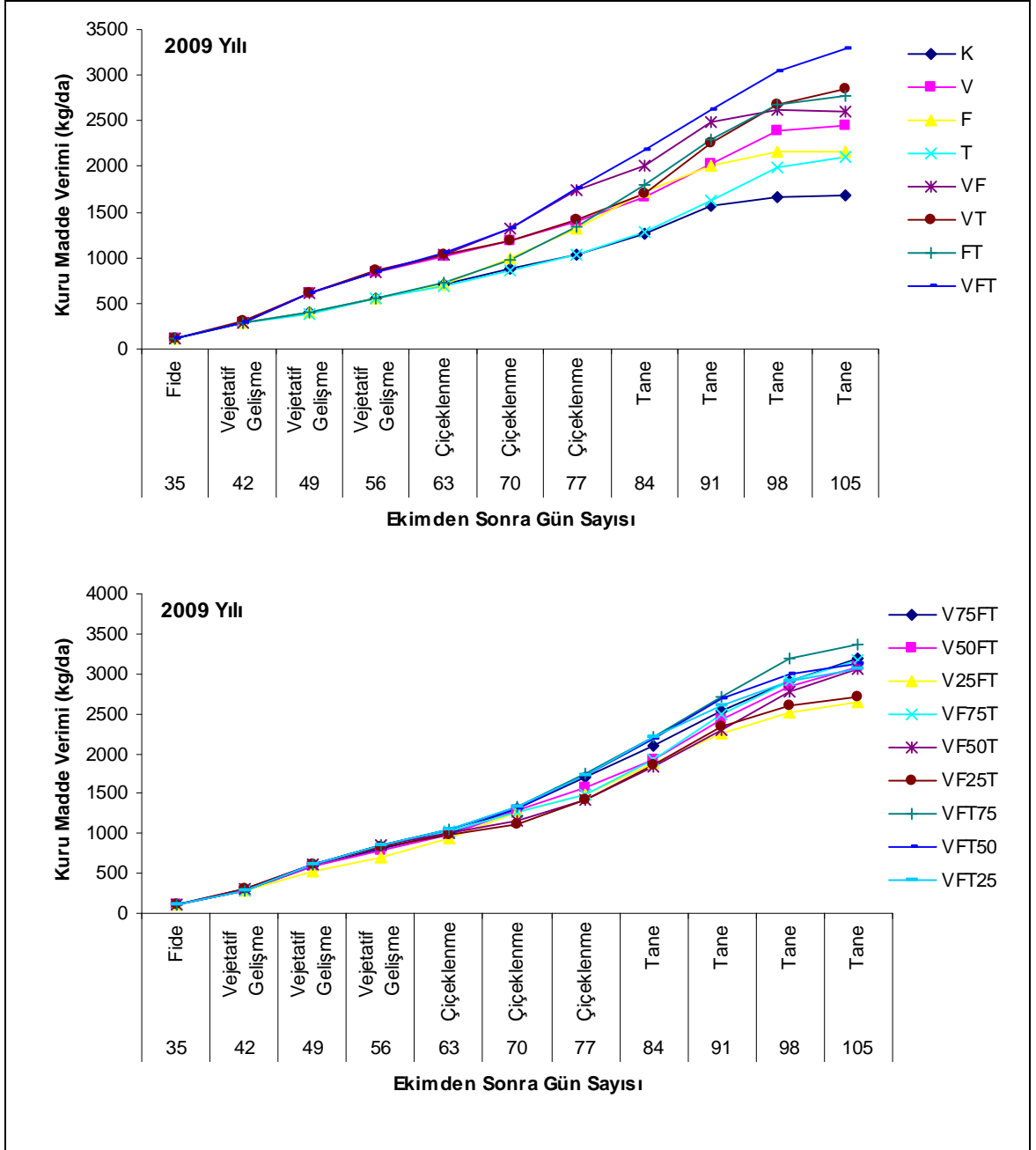
Çalışmada ölçümlere ekimden 35 gün sonra başlanmış ve 105 gün sonra son verilmiştir. Deneme konularından elde edilen kuru madde verimi değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Vejetatif gelişme dönemi öncesi tüm deneme konularının ortalama kuru madde verimi 2008 yılında 112 kg/da, 2009 yılında 109 kg/da olarak ölçülmüştür. Ekimden sonraki gün sayısı (ESGS) ve uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça kuru madde verimlerinde de artışlar gözlenmeye başlanmıştır. Vejetatif gelişme ve çiçeklenme gelişim dönemi içerisinde sulama yapılan deneme konularının kuru madde verimi, bu dönemlerde sulama yapılmayan veya kısıntı uygulanan diğer konulara oranla daha fazla olmuştur. Belirli bir fenolojik gelişme döneminde kısıntı uygulanan VFT₇₅ konusundan elde edilen kuru madde verimi değerlerinin değişimine bakıldığında, bu konunun diğer kısıntı uygulanan konulara oranla daha yüksek kuru madde verimi ürettiğini göstermektedir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15). Bu durum, vejetatif ve çiçeklenme gelişim dönemlerinde sulama suyunun tam olarak karşılanması koşuluyla, tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 kısıntı uygulamanın kuru madde verimini olumsuz etkilemeyeceği, diğer kısıntı uygulamalarının kuru madde verimini azaltacağı biçiminde yorumlanabilir. Şekil 4.14 ve 4.15'den izlenebileceği gibi, vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayan, ancak çiçeklenme döneminde başlanan sulamalar (F ve FT konuları), kuru madde verimlerini arttırmıştır. Ancak, bu konulardan elde edilen verimler, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde sulama yapılan konulardan düşük olmuştur. Daha önce yapılan çalışmalar, çalışmadan elde edilen sonucu doğrular niteliktedir. Ritchie ve ark. (1992), bitkinin vejetatif gelişme dönemi içerisinde 10 yapraklı olduğu zamandan itibaren hızlı bir gelişme gösterdiğini, besin ve kuru madde üretiminin bu dönemden sonra arttığını ve bu gelişmenin tane dönemine kadar devam ettiğini rapor etmişlerdir. Çakır (2004), vejetatif gelişme döneminden itibaren yapılan sulamaların kuru madde verimini arttırdığını ve her sulama uygulamasından sonra biomass verimlerinde bir artış meydana geldiğini belirlemiştir. Bununla birlikte, vejetatif gelişme döneminde yapılan su kısıntılarının kuru madde verimini düşürdüğüne ilişkin görüşler NeSmith ve Ritchie (1992), Jama ve Ottman (1993), Salvador ve Pearce (1995), Pandey ve ark. (2000a) ve Çakır (2004) tarafından bildirilmiştir.

Çizelge 4.11. Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas) Veriminin (kg/da) Zamana Göre Değişimi

Yıllar	Tarih	ESGS*	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Toprak Üstü Kuru Madde Verimi (kg/da)																
				K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	18.06	35	Fide	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
	25.06	42	Vejetatif Gelişme	291	292	288	289	290	292	292	288	289	290	290	291	287	288	292	290	291
	02.07	49		420	641	417	415	636	640	420	643	634	620	570	640	637	640	635	638	634
	09.07	56		642	938	645	637	935	941	650	947	907	821	743	938	943	941	939	937	945
	16.07	63	Çiçeklenme	770	1114	778	782	1416	1125	785	1431	1274	1145	1035	1408	1392	1236	1441	1436	1440
	23.07	70		913	1371	1129	920	1917	1386	1135	1929	1643	1564	1393	1816	1714	1607	1907	1913	1923
	30.07	77		1068	1605	1509	1084	2213	1611	1521	2197	1989	1865	1678	2114	2096	1898	2215	2190	2200
	06.08	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	1387	1987	1922	1417	2563	2008	1957	2545	2387	2276	2167	2482	2478	2312	2678	2488	2490
	13.08	91		1788	2518	2465	1898	2987	2398	2458	2956	2893	2765	2689	2887	2880	2792	3067	2841	2718
	20.08	98		1923	2845	2843	2188	3211	2878	2923	3312	3189	3167	2987	3241	3250	3013	3423	3189	3036
27.08	105	1941		2903	2875	2217	3256	3001	3005	3345	3191	3190	3067	3265	3236	3096	3498	3297	3078	
2009	12.06	35	Fide	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109
	19.06	42	Vejetatif Gelişme	288	289	285	286	286	297	291	292	291	289	291	290	298	297	290	291	287
	26.06	49		404	610	400	392	615	618	407	615	588	587	523	609	619	611	608	612	615
	03.07	56		557	845	560	550	850	852	558	848	803	785	705	850	848	839	845	848	850
	10.07	63	Çiçeklenme	700	1010	715	695	1041	1025	721	1050	998	986	935	1025	1015	985	1045	1050	1039
	17.07	70		879	1193	993	868	1321	1186	983	1329	1317	1283	1264	1257	1164	1111	1336	1313	1326
	24.07	77		1028	1395	1323	1028	1745	1412	1341	1768	1695	1574	1487	1492	1417	1412	1745	1728	1735
	31.07	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	1267	1658	1718	1289	2011	1701	1806	2174	2088	1914	1876	1916	1845	1852	2216	2185	2211
	07.08	91		1571	2023	2012	1623	2482	2258	2295	2611	2545	2418	2245	2485	2304	2345	2711	2678	2592
	14.08	98		1665	2390	2154	1987	2612	2681	2682	3048	2916	2845	2514	2907	2786	2611	3195	2985	2903
21.08	105	1690		2456	2167	2096	2598	2841	2771	3289	3200	3074	2645	3174	3064	2705	3369	3125	3052	



Şekil 4.14. 2008 Yılında Deneme Konularından Elde Edilen Kuru Madde Verimi Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.15. 2009 Yılında Deneme Konularından Elde Edilen Kuru Madde Verimi Değerlerinin Zamana Göre Değişimi

Kuru madde verimlerinde su kısıntısından kaynaklanan bu düşüşlerin nedenleri arasında, topraktaki nem eksikliğine bağlı olarak yaprak alanı, yaprak sayısı, gövde çapı, koçan çapı, bitki gelişimi, tozlanma ve tane sayısındaki azalmalar gösterilebilir. Diğer taraftan Iğbadun ve ark. (2008), yalnızca bir gelişme döneminde sulama kısıntısı yapıldığında kuru madde verimlerinde çok fazla bir düşüş olmadığını kaydetmiş, ancak çiçeklenme ve tane olum dönemlerinde sulamaların tam olarak yapılması koşulunda, tüm dönemlerde sulanan konuya eş kuru madde elde etmiştir. Panda ve ark. (2004) ekimden itibaren tepe püskülü dönemine kadar kuru madde verimlerinde büyük bir artış gözlemiştir.

Hasat zamanı ölçülen toprak üstü kuru madde verimlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12'de, toprak üstü kuru madde verimi değerleri ve LSD gruplandırması Çizelge 4.13'de verilmiştir. Varyans analizi çizelgesine göre, hem teksele yıllarda hem de birleştirilmiş ortalama verilere göre kuru madde verimi değerlerinin konulara göre farklılığı %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Kuru Madde Verimi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	8148	4074	1.14
	Konular	16	9920820	620051	172.93**
	Hata	32	114738	3586	
	Genel	50	10043706		
2009	Bloklar	2	12695	6347	0.91
	Konular	16	15602133	975133	139.50**
	Hata	32	223691	6990	
	Genel	50	15838518		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	10641	5321	1.01
	Yıllar	1	3776658	3776658	714.97**
	Konular	16	23183694	1448981	274.31**
	Yıl x Konu	16	2339258	146204	27.68**
	Hata	64	348630	5282	
Genel	101	29658882			

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Konulara göre, her iki deneme yılında da kuru madde verimi en yüksek VFT₇₅ konusundan elde edilirken (ortalama 3378 kg/da), en düşük ise susuz konudan (ortalama 1782 kg/da) elde edilmiştir. İki konu arasındaki verim farkı 1596 kg/da olup, verim artış oranı %90'a karşılık gelmektedir. Bu durum, sulamanın kuru madde verimi üzerinde son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça kuru madde verimleri artmıştır.

Çizelge 4.13. Hasat Zamanı Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas) Verimi (kg/da)

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	1897	1886	1914	1899 g	1846	1617	1531	1665 k	1782 l
V	2891	2894	2897	2894 e	2354	2469	2457	2427 i	2660 i
F	2851	2866	2875	2864 e	2080	2246	2131	2152 j	2508 j
T	2646	2794	2677	2206 f	2069	2171	2109	2116 j	2111 k
VF	3214	3226	3263	3234 c	2617	2503	2634	2585 h	2910 g
VT	2969	2989	3031	2996 d	2817	2847	2853	2839 f	2918 g
FT	3037	3094	2883	3005 d	2835	2770	2720	2775 fg	2890 gh
VFT	3331	3334	3337	3334 ab	3191	3163	3275	3210 ab	3272 b
V ₇₅ FT	3200	3217	3186	3201 c	3186	3180	3183	3183 bc	3192 bc
V ₅₀ FT	3176	3183	3180	3180 c	3054	3006	2965	3008 e	3094 d-f
V ₂₅ FT	2997	3089	3046	3044 d	2634	2562	2621	2606 h	2825 h
VF ₇₅ T	3257	3286	3206	3250 bc	3106	3180	3183	3156 b-d	3203 bc
VF ₅₀ T	3257	3200	3229	3229 c	3114	3040	2982	3045 c-e	3137 c-e
VF ₂₅ T	3012	3085	3100	3066 d	2796	2638	2611	2682 gh	3085 ef
VFT ₇₅	3469	3509	3320	3432 a	3350	3313	3310	3324 a	3378 a
VFT ₅₀	3297	3211	3300	3270 bc	3056	3042	3118	3072 b-e	3171 cd
VFT ₂₅	3126	3054	3054	3078 d	3063	2995	3010	3023 de	3050 f
Ortalama				3011 a	Ortalama			2757 b	2893
LSD (%5)				99.59	139.00			83.78	

Kısıntılı sulama uygulamalarının kuru madde verimini azalttığı Naescu (2000), Schmalzer ve ark. (2003), Karam ve ark. (2003), Çakır (2004), Panda ve ark. (2004), Iğbadun ve ark. (2008), Mengü ve Özgürel (2008) ve Öktem 2008 tarafından bildirilmektedir.

Iğbadun ve ark. (2008), kuru madde verimlerindeki azalmanın, bitki gelişme dönemlerine göre su kısıntısının sıklığına, bir veya daha fazla dönemde yapılıp yapılmamasına göre değişebileceğini belirtmiştir. Ayrıca, Hsiao (1973) ile Jamieson ve ark. (1995), kuru madde verimindeki azalmanın, su kısıntısının uygulama zamanı, şiddeti ve süresine bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Yazar ve ark. (2002) sulama sıklığı arttıkça kuru madde veriminin arttığını, vejetatif gelişme döneminde daha sık sulama yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Naescu (2000), Romanya koşullarında, biyomas veriminin sulama yapılmadığında 20 kg/da iken sulama ile 1070 kg/da çıktığını belirlemiştir.

Sulanan mısır bitkisi için Ogola ve ark. (2002) 930–1410 kg/da, Emile ve ark. (2006) 2010 kg/da, Greenwood ve ark. (2008) 2200 kg/da, Igbadun ve ark. (2008) 1193–1267 kg/da, Çarpıcı (2009) 1283 ve 2702 kg/da arasında değişen kuru madde verimi elde etmişlerdir.

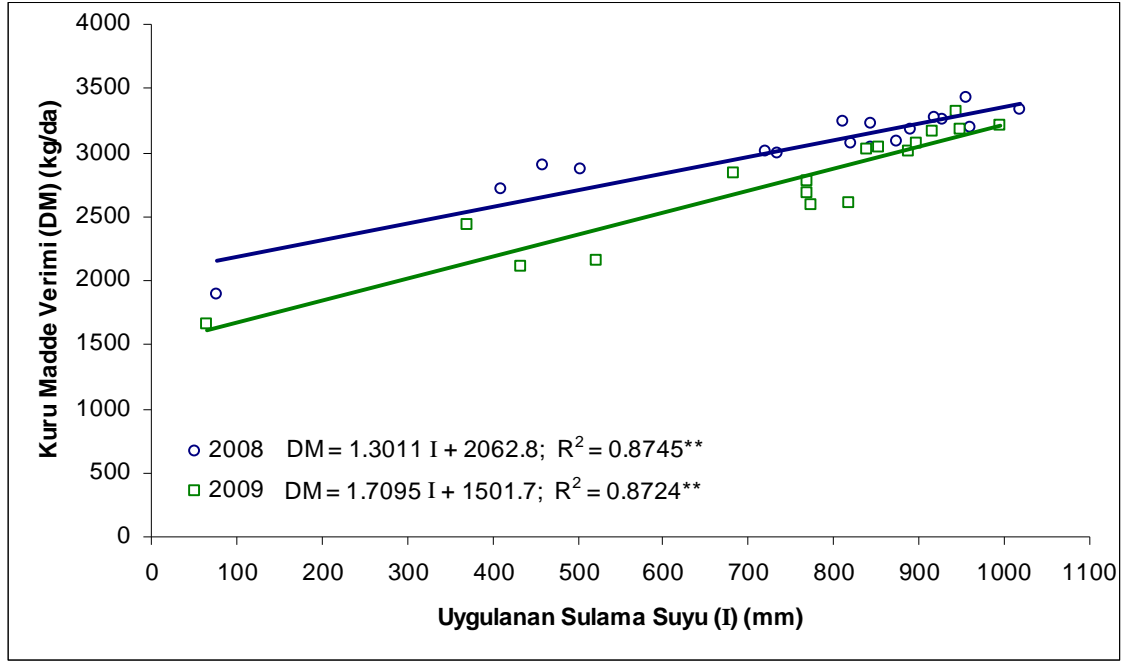
Yukarıda anılan araştırmacıların elde ettiği kuru madde verimleri bu çalışmadan elde edilen değerlerden düşüktür. Söz konusu farklılıkların nedeni, çeşit, toprak ve iklim karakteristiklerindeki farklılıkların yanı sıra, sulama, gübreleme, bitki yoğunluğu ve diğer kültürel işlemlerdeki farklılıklara bağlanabilir. Örneğin, Bennett ve ark. (1989) ile Ogola ve ark. (2002), tam sulama uygulaması altında düşük azot dozlarının kuru madde verimini azalttığını belirlemişlerdir. Diğer taraftan, Yazar ve ark. (2002) 3350–4840 kg/da, Karam ve ark. (2003) 3100–4800 kg/da, Çakır (2004) 400–3000 kg/da, Dağdelen ve ark. (2006) 3250–3450 kg/da, Mengü ve Özgürel (2008) 573–3375 kg/da arasında değişen miktarlarda kuru madde verimi elde etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgularla bu araştırmacıların verileri arasında paralellik bulunmaktadır.

Denemenin ilk yılında kuru madde ağırlığı yönüyle 17 deneme konusu, sekiz ayrı gruba (VFT₇₅ birinci, VFT ikinci, VF₇₅T ile VFT₅₀ üçüncü, VF, V₇₅FT, V₅₀FT ve VF₅₀T dördüncü, VT, FT, V₂₅FT, VF₂₅T ve VFT₂₅ beşinci, V ve F altıncı, T yedinci, K sekizinci grup) ayrılmıştır. Denemenin ikinci yılında ise toplam 15 farklı grup (VFT₇₅ birinci, VFT ikinci, V₇₅FT üçüncü, VF₇₅T dördüncü, VFT₅₀ beşinci, VF₅₀T altıncı, VFT₂₅ yedinci, V₅₀FT sekizinci, VT dokuzuncu, FT onuncu, VF₂₅T onbirinci, VF ve V₂₅FT onikinci, V onüçüncü, F ve T ondördüncü, K onbeşinci grup) oluşmuştur. Bu sonuçlara göre, tane olum ve olgunlaşma döneminde yapılan sulama kısıntılarının kuru madde verimini düşürmediği, hatta %25 kısıntı yapmanın kuru madde verimini artırdığını göstermektedir. Bunun nedeni, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde yapılan sulamaların vejetatif gelişmeyi arttırdığı biçiminde yorumlanabilir. Diğer taraftan, iki farklı gelişme döneminde sulama yapılmaması durumunda kuru madde verimlerinin düşeceği söylenebilir. Örneğin, hem vejetatif hem de çiçeklenme dönemlerinde sulama yapılmayan T konusunda kuru madde verimi 2008 yılında 2206 kg/da, 2009 yılında 2116 kg/da olarak elde edilmiştir. Benzer bir biçimde Igbadun ve ark (2008), iki ya da daha fazla gelişme döneminde su kısıntısı yapıldığında kuru madde verimlerinin %17–45 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Karam ve ark. (2003), çiçeklenme döneminde su kısıntısı yapıldığında kuru madde verimlerinin %18–30 düştüğünü belirtmişlerdir. Her iki deneme yılında da tanık konudan (VFT) elde edilen kuru madde verimi (ortalama 3272 kg/da) gruplandırmada ikinci sırada yer almıştır. Panda ve ark. (2004),

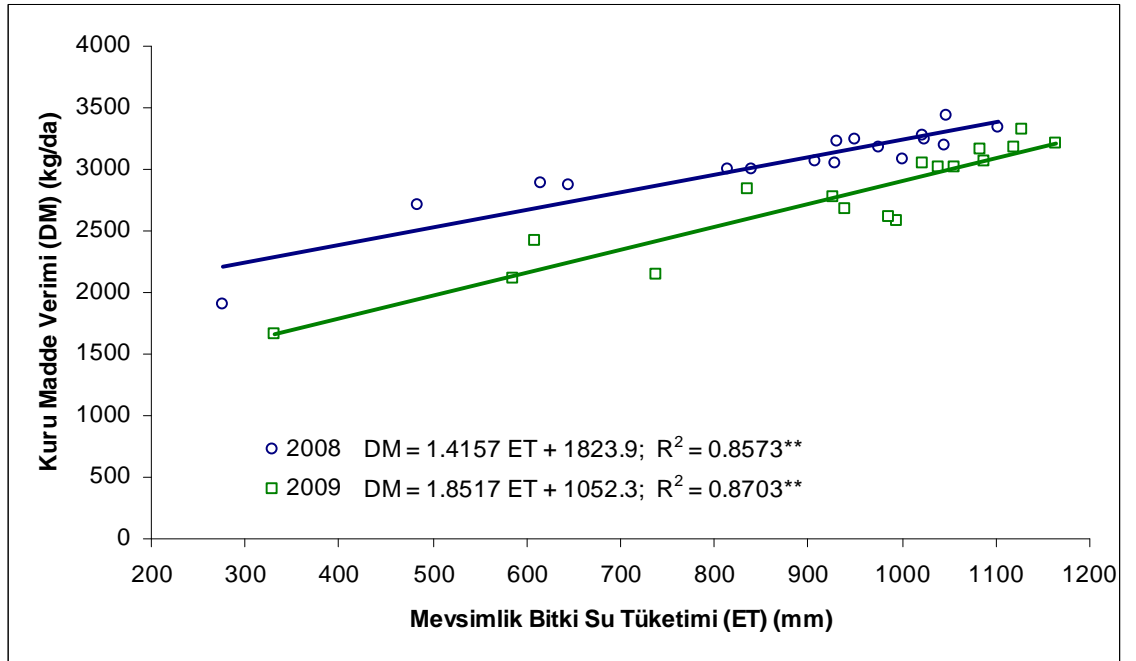
%10 oranındaki su kısıntısının kuru madde verimini çok düşürmediğini, Kar ve Verma (2005) yalnızca bir gelişme döneminde yapılan sulamalarda en yüksek kuru madde veriminin, tepe püskülü veya vejetatif gelişme dönemlerinde elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, iki sulama yapılırsa bunun tepe püskülü ve tane doldurma dönemlerinde daha yüksek kuru madde alınmasını sağladığını, tüm gelişme dönemlerinde sulama yapılması koşulunda, yalnızca çiçeklenme ve tane dönemlerinde yapılan sulamalara göre %23 daha fazla verim alınabileceğini belirlemiştir.

Her iki deneme yılında, farklı düzeylerde ve fenolojik gelişme dönemlerinde uygulanan kısıntılı sulama uygulamalarının toprak üstü kuru madde verimi üzerine etkisi %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Genelde uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça toprak üstü kuru madde verimi artmış, su kısıntısı ile kuru madde verimi azalmıştır (Şekil 4.16). Uygulanan sulama suyu (I) ile kuru madde verimi (DM) arasında, 2008 yılında “ $DM = 1.3011 I + 2062.8 (R^2=0.87^{**})$ ” ve 2009 yılında “ $DM = 1.7095 I + 1501.7 (R^2=0.87^{**})$ ” biçiminde doğrusal regresyon eşitlikleri elde edilmiştir. Benzer biçimde Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005), Igbadun ve ark. (2008) ile Mengü ve Özgürel (2008), uygulanan sulama suyu ile kuru madde verimi arasında pozitif doğrusal bir ilişki elde etmişlerdir. Ogola ve ark. (2002), uygulanan sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak toprak üstü kuru madde veriminin %21–46 oranında arttığını, Karam ve ark. (2003) kısıntılı sulama uygulamalarında kuru madde veriminin %20–32 düştüğünü belirlemişlerdir.

Bitki su tüketimi arttıkça kuru madde verimindeki artışın da %1 olasılık düzeyinde doğrusal olduğu belirlenmiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi (ET) ile toprak üstü kuru madde verimi (DM) arasında 2008 yılında “ $DM = 1.4157 ET + 1823.9 (R^2=0.86^{**})$ ” ve 2009 yılında “ $DM = 1.8517 ET + 1052.3 (R^2=0.87^{**})$ ” biçiminde doğrusal regresyon eşitlikleri elde edilmiştir (Şekil 4.17). Benzer biçimde Yazar ve ark. (2002) ile Mengü ve Özgürel (2008), bitki su tüketimi ile kuru madde verimi arasında doğrusal ilişki elde etmişlerdir.



Şekil 4.16. Uygulanan Sulama Suyu (I) ile Kuru Madde Verimi (DM) Arasındaki İlişki



Şekil 4.17. Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (ET) ile Kuru Madde Verimi (DM) Arasındaki İlişki

4.9. Biomas Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Su Kullanım Etkinliği

Bitkiye uygulanan birim suya karşılık elde edilen toprak üstü kuru madde (biomas) verimi değerlerinin göstergesi olarak kullanılan sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE_b$) ve mevsimlik bitki su tüketimine karşılık elde edilen kuru madde verimi değerlerinin göstergesi olan su kullanım etkinliği (WUE_b) değerleri Çizelge 4.14'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, deneme yılları için $IWUE_b$ değerleri, susuz konu hariç 2.60 ile 5.51 kg/m^3 arasında, WUE_b değerleri ise 2.60 ile 6.86 kg/m^3 arasında değişmektedir. Denemenin ilk yılında elde edilen değerler ikinci yıla oranla, her iki gösterge için de birkaç konu dışında daha yüksektir. Yıllar arasındaki bu farklılık, iklim koşulları ve farklı sulama uygulamalarına bağlı olarak bitkinin suya vermiş olduğu tepkilerden kaynaklanmaktadır.

İki yıllık ortalama verilere göre, en yüksek $IWUE_b$ değeri (5.43 kg/m^3) yalnızca vejetatif gelişme döneminde sulama yapılan V konusundan elde edilirken en düşük (2.65 kg/m^3) ise tam sulama yapılan tanık konudan elde edilmiştir. Bu durum, farklı gelişme dönemlerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının tane verimi ile toprak üstü kuru madde verimi üzerinde de farklı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, vejetatif gelişme döneminde sulama yapıp diğer dönemlerde sulama yapılmamasının biomas verimini artırdığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle vejetatif gelişme döneminde yapılan sulamalar biomas verimini artırmaktadır. Benzer bir biçimde Gheysari ve ark. (2007), sulama kısıntısı arttıkça $IWUE_b$ değerlerinin de azaldığını belirlemişlerdir.

Farklı sulama uygulamalarından elde edilen birim bitki su tüketimlerinin biomas verimi üzerinde farklı etkileri olmuştur. İki yıllık ortalama verilere göre en yüksek WUE_b değeri (5.93 kg/m^3) susuz konudan elde edilirken en düşük (2.89 kg/m^3) yine VFT konusundan elde edilmiştir. Araştırma bulguları, Karam ve ark. (2003) tarafından elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Bu araştırmacılar, tüm fenolojik gelişme dönemlerinde tam sulama yapılan konudan WUE_b değerlerini 3.16–2.46 kg/m^3 olarak elde ederken, aynı dönemlerde %40 kısıntı uygulandığında 3.23–2.97 kg/m^3 olarak elde etmişlerdir. Kızıloğlu ve ark. (2009), bu durumun tersine en yüksek WUE_b değerini sulama yapılmayan konudan elde etmişlerdir. Diğer taraftan Payero ve ark. (2008), WUE_b değerlerinin 0.98 ile 1.66 kg/m^3 arasında değiştiğini saptamıştır. Bununla birlikte, Gheysari ve ark. (2007), farklı düzeylerdeki sulama düzeylerinin WUE_b değerlerini önemli ölçüde etkilemediğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.14. Sulama Konularına Göre Mısırın Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas) Verimine İlişkin Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE_b) ve Su Kullanım Etkinliği (WUE_b) Değerleri

Yıllar	Göstergeler	Deneme Konuları																
		K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	Sulama Suyu (mm)	76	459	504	410	812	734	721	1018	960	891	844	927	844	820	955	918	875
	Bitki Su Tüketimi (mm)	277	616	644	483	949	814	839	1102	1045	976	928	1024	930	907	1047	1022	1000
	Biyomas Verimi (kg/da)	1899	2894	2864	2706	3234	2996	3005	3334	3201	3180	3044	3250	3229	3066	3432	3270	3078
	IWUE _b (kg/m ³)	0.00	5.51	4.86	5.76	3.33	3.36	3.44	2.71	2.74	2.94	2.94	2.90	3.18	3.07	3.01	2.95	2.87
	WUE _b (kg/m ³)	6.86	4.70	4.45	5.60	3.41	3.68	3.58	3.03	3.06	3.26	3.28	3.17	3.47	3.38	3.28	3.20	3.08
2009	Sulama Suyu (mm)	66	371	523	433	774	683	769	995	949	887	817	915	852	768	945	898	838
	Bitki Su Tüketimi (mm)	332	609	739	586	995	836	927	1164	1119	1056	986	1084	1023	940	1127	1087	1047
	Biyomas Verimi (kg/da)	1665	2427	2152	2116	2585	2839	2775	3210	3183	3008	2606	3156	3045	2682	3324	3072	3023
	IWUE _b (kg/m ³)	0.00	5.35	2.97	3.60	2.53	3.31	2.82	2.60	2.71	2.70	2.41	2.78	2.86	2.69	2.88	2.74	2.89
	WUE _b (kg/m ³)	5.01	3.98	2.91	3.61	2.60	3.40	2.99	2.76	2.84	2.85	2.64	2.91	2.98	2.85	2.95	2.83	2.91
İki Yıllık Ortalama	Sulama Suyu (mm)	71	415	514	422	793	708.5	745	1007	955	889	831	921	848	794	950	908	857
	Bitki Su Tüketimi (mm)	305	613	692	535	972	825	883	1133	1082	1016	957	1054	977	924	1087	1055	1024
	Biyomas Verimi (kg/da)	1782	2660	2508	2111	2910	2918	2890	3272	3192	3094	2825	3203	3137	3085	3378	3171	3050
	IWUE _b (kg/m ³)	0.00	5.43	3.92	4.68	2.93	3.34	3.13	2.65	2.72	2.82	2.68	2.84	3.02	2.88	2.95	2.85	2.88
	WUE _b (kg/m ³)	5.93	4.34	3.68	4.61	3.00	3.54	3.29	2.89	2.95	3.05	2.96	3.04	3.22	3.12	3.11	3.01	2.99

4.10. Yaprak Alan İndeksi

Deneme konularından her iki yıl içerisinde fenolojik gelişme dönemlerinde elde edilen yaprak alan indeksi (LAI) değerleri Çizelge 4.15, zamana göre gelişimi deneme yılları için sırasıyla Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da verilmiştir. Yaprak alan indeksi değerleri, fide döneminde çok küçük değerlerde iken vejetatif gelişme döneminde artmaya başlamış ve çiçeklenme döneminin sonunda en yüksek düzeye erişmiştir. Tane oluşum ve olgunlaşma döneminde değerler yavaş bir biçimde azalmaya başlamıştır. Ekimden 42 gün sonra, vejetatif gelişme döneminin başında sulama uygulamalarının başlamasıyla, sulama suyunun tam olarak karşılandığı konulardan elde edilen LAI değeri, ortalama 2.44 iken bu dönemin sonunda (ekimden 56 gün sonra) 6.87 değerine yükselmiştir. Vejetatif gelişme döneminde su stresi uygulanan K, F, T ve FT konularından elde edilen LAI değeri, bu dönemin sonunda ortalama 5.79 olarak gerçekleşmiştir. Vejetatif gelişme döneminde %25, %50 ve %75 oranında kısıntı yapılan konulardan, anılan dönemin başında önemli bir farklılık bulunmazken, dönemin sonunda kısıntı miktarı arttıkça LAI değerlerinde de azalma olduğu görülmüştür. Çiçeklenme döneminde ise, vejetatif gelişme döneminde su kısıntısı uygulanan konularla uygulanmayanlar arasında farklılıklar gözlenirken, çiçeklenme döneminde yapılan sulamalarla LAI değerleri artmıştır. Tane olum döneminin başlangıcında LAI değerlerindeki artış azalmaya başlamış, en yüksek düzeye (ekimden 84 gün sonra ortalama 11.68) ulaştıktan sonra, zaman içerisinde, yapraklardaki kurumayla beraber değerler düşüş (ekimden 105 gün sonra ortalama 9.10) göstermiştir.

Çakır (2004) LAI değerlerinin 3.76–5.46 arasında değiştiğini, vejetatif gelişme döneminin başlangıcında değerlerin çok düşükken, bu dönemden sonra sulamalara bağlı olarak ekimden 70–80 gün sonraki tepe püskülü ve koçan oluşum dönemlerine kadar hızlı bir artış gösterdiğini, daha sonra ise yaprakların kurumaya başladığını ve LAI değerlerinin azaldığını belirlemiştir. Öktem (2008), LAI değerlerinin 2.16–4.20 arasında değiştiğini, su kısıntısı arttıkça değerlerin düştüğünü belirlemiştir. Lizaso ve ark. (2003), en yüksek LAI değerlerini tam sulama uygulamaları altında ve hibrit P3790 çeşidi üzerinde ekimden 60 gün sonra 4.5–5.5 arasında değiştiğini, Jamieson ve ark. (1995) ile Stone ve ark. (2001a) ise bitki gelişme dönemlerinin tümünde su kısıntısı düzeyi arttıkça LAI değerlerinin düştüğü gözlemlenmişlerdir. Öğretir (1993), sulama sayısı ile LAI arasında pozitif doğrusal bir ilişki elde etmiştir. Genelde bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, diğer araştırmacıların sonuçlarından yüksek, ancak farklı fenolojik gelişme dönemlerinde uygulanan kısıntılı sulama uygulamaları altında LAI değerlerinin

eğilimi ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca farklı kısıntılı sulama programları altında LAI değerlerinin gelişimine ilişkin NeSmith ve Ritchie (1992), Howell ve ark. (1995), Gençoğlan (1996), Farre ve ark. (2000), Ogola ve ark. (2002), Karam ve ark. (2003), Panda ve ark. (2004), Kar ve Verma (2005), Okay (2006), Igbadun ve ark. (2008), Mengü ve Özgürel (2008) ile Mansouri-Far ve ark. (2010) tarafından açıklanan görüşlerle uyum içerisindedir. Bununla birlikte, farklılıkların nedenleri, tarımsal işlemlerde uygulanan teknikler, yerel iklim koşulları (özellikle yağış miktarı ve dağılımı), bitki çeşidi, kültürel uygulamalar, sulama yöntemleri ve farklı kısıntılı sulama uygulamalarına bağlanabilir (Mengü ve Özgürel 2008).

Çalışmadan elde edilen bir diğer sonuca göre, vejetatif gelişme döneminde yapılan sulamalar LAI değerlerini artırmıştır. Ritchie ve ark. (1992), vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan su kısıntılarının yaprak alanını düşürdüğünü saptamışlardır. Bogoslavsky ve Neumann (1998), bitki gelişme parametreleri içerisinde su kısıntısına en duyarlı bileşenin yaprak uzaması olduğunu belirtmişlerdir. Çakır (2004) vejetatif gelişme döneminde yapılan su kısıntılarının, mısır bitkisinde LAI değerlerini düşürdüğünü, Pandey ve ark. (2000b) mısır bitkisinin tüm gelişme dönemlerinde yapılan su kısıntılarının LAI değerlerini azalttığını belirlemişlerdir.

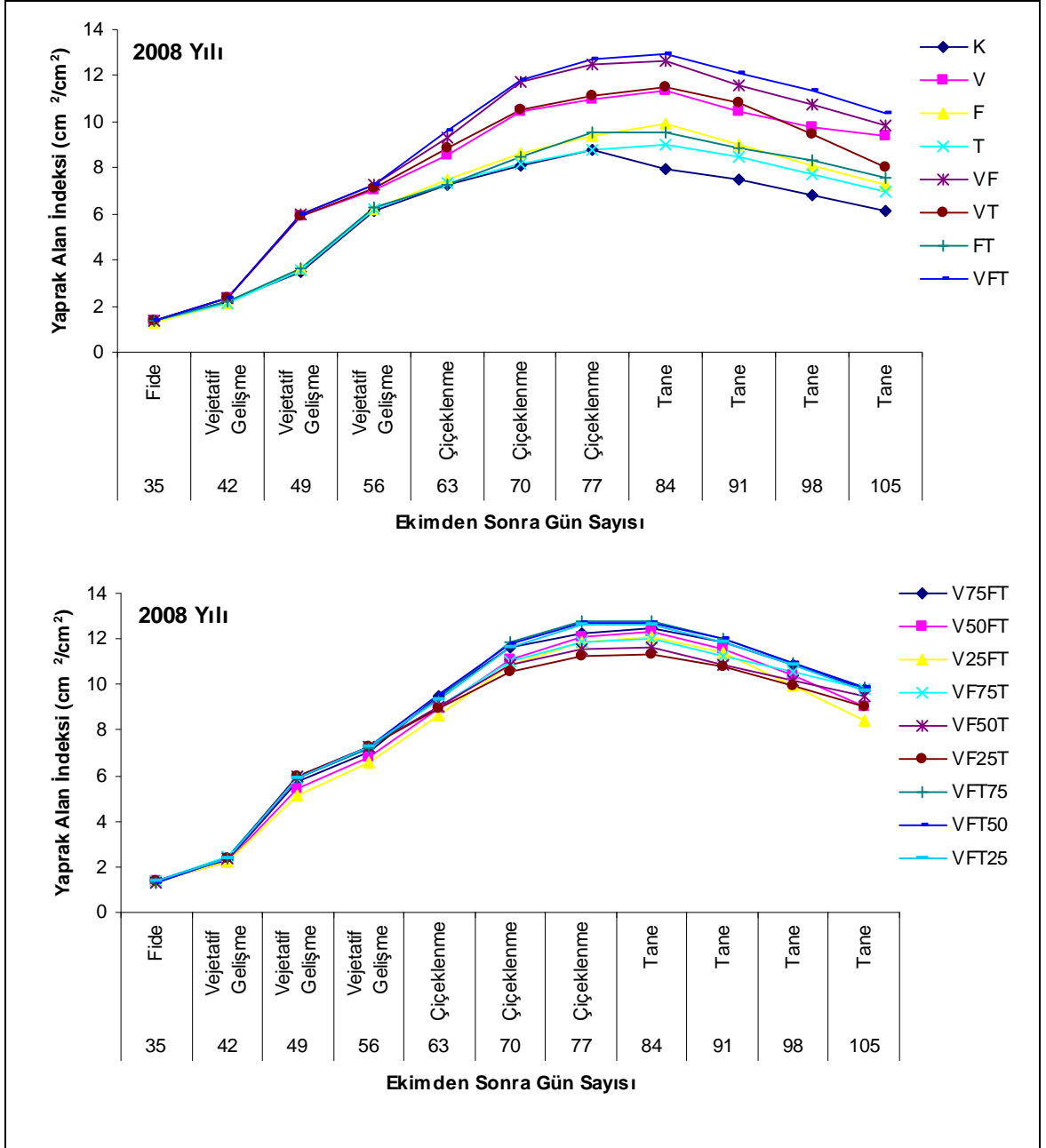
Deneme yılları arasında, fenolojik gelişme dönemleri içerisinde LAI değerleri arasında çok büyük oranda olmasa da farklılıklar görülmektedir. Denemenin ilk yılında kuraklığın görece yüksek olması, 2009 yılında ise yağışların görece daha yüksek olması ile gelişme dönemleri içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem farklılıkları bunun bir nedeni olarak gösterilebilir. Vejetatif gelişme dönemi öncesinde düşen yağışların, yıllar arasındaki farklılıkta çok önemli bir etkisi olmazken, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde düşen yağışların etkisi 2009 yılı değerlerinin daha yüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Yaprak alan indeksi, bitki yapraklarının boyu ve eni üzerine etkili olup, bu kriterler LAI değerlerini doğrudan etkilemektedir. Su kısıntısı arttıkça yaprak boyu ve eni azalmakta ve LAI değerleri de düşmektedir (Hsiao, 1973). İstanbulluoğlu ve ark. (2002) sulama sayısı ve LAI değeri arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan bazı araştırmacılar, mevsimlik bitki su tüketimi ile LAI arasında doğrusal ilişkiler elde etmişlerdir (Kang ve ark. 1998, Öktem 2008).

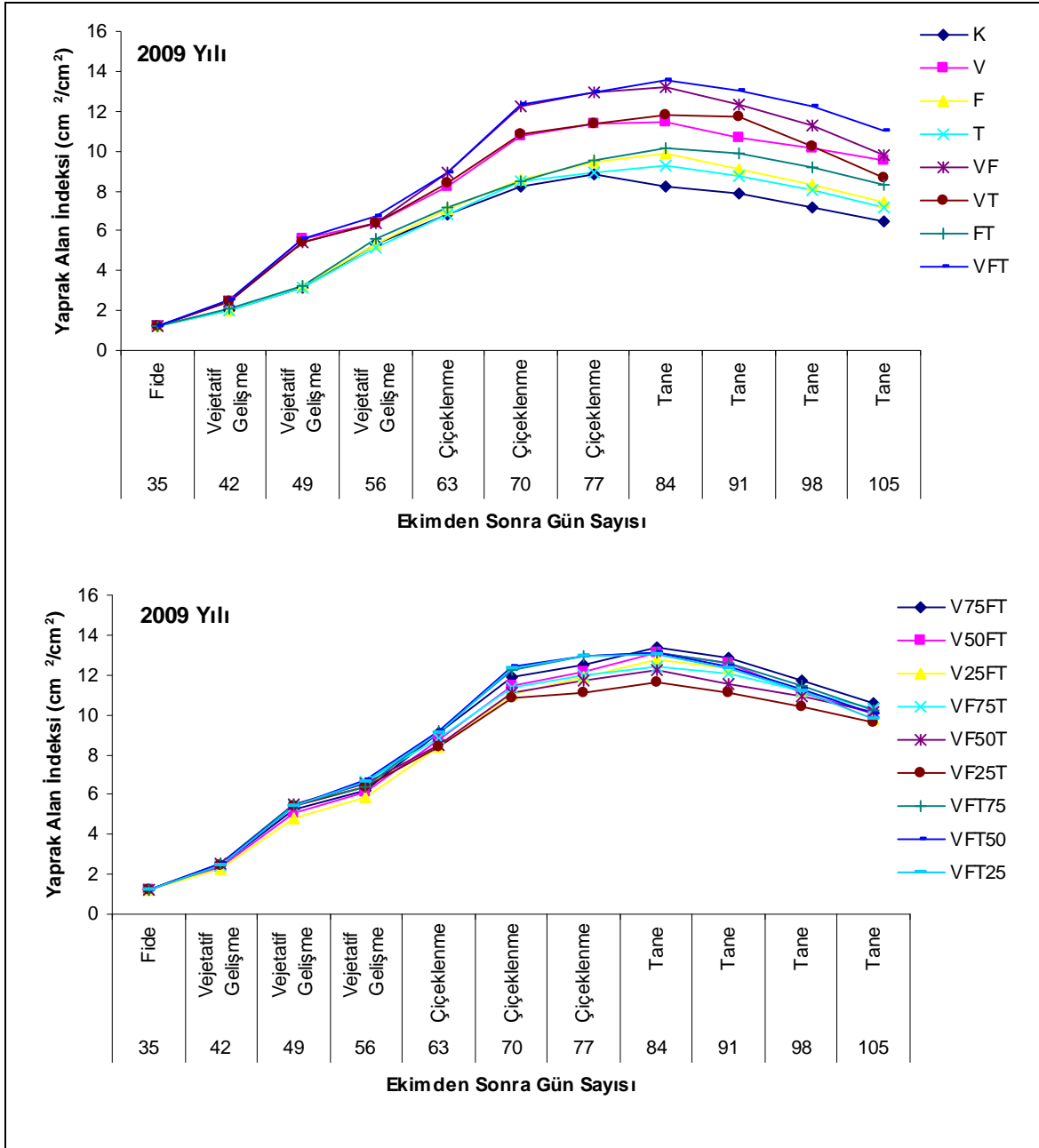
Çizelge 4.15. Deneme Konularından Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Yaprak Alan İndeksi Değerleri

Yıl	Tarih	ESGS*	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Yaprak Alan İndeksi (cm ² /cm ²)																
				K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	18.06	35	Fide	1.33	1.35	1.32	1.36	1.37	1.35	1.35	1.33	1.34	1.35	1.36	1.35	1.33	1.34	1.33	1.33	1.35
	25.06	42	Vejetatif Gelişme	2.18	2.35	2.14	2.11	2.38	2.35	2.17	2.38	2.28	2.24	2.20	2.41	2.37	2.39	2.40	2.34	2.37
	02.07	49		3.5	5.92	3.61	3.55	5.97	5.88	3.65	5.95	5.77	5.45	5.11	5.92	5.96	5.93	5.87	5.91	5.92
	09.07	56		6.11	7.06	6.23	6.18	7.28	7.11	6.31	7.30	7.03	6.79	6.55	7.27	7.25	7.30	7.19	7.23	7.25
	16.07	63	Çiçeklenme	7.27	8.56	7.52	7.32	9.32	8.83	7.28	9.59	9.45	8.98	8.65	9.01	8.99	8.96	9.42	9.55	9.35
	23.07	70		8.12	10.45	8.65	8.21	11.74	10.52	8.44	11.84	11.64	11.08	10.85	11.02	10.87	10.55	11.85	11.78	11.64
	30.07	77		8.75	11.01	9.35	8.78	12.45	11.13	9.52	12.72	12.27	12.10	11.89	11.88	11.58	11.21	12.75	12.68	12.62
	06.08	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	7.96	11.33	9.88	9.01	12.67	11.51	9.55	12.93	12.48	12.33	12.12	12.03	11.65	11.33	12.77	12.68	12.64
	13.08	91		7.52	10.48	8.98	8.48	11.58	10.85	8.87	12.11	11.84	11.57	11.39	11.28	10.89	10.78	11.98	11.98	11.88
	20.08	98		6.82	9.78	8.08	7.75	10.72	9.43	8.31	11.36	10.87	10.38	9.92	10.57	10.21	9.94	10.97	10.92	10.83
27.08	105	6.10		9.35	7.30	6.95	9.81	8.01	7.55	10.4	9.77	8.99	8.45	9.78	9.45	9.05	9.88	9.85	9.75	
2009	12.06	35	Fide	1.21	1.22	1.20	1.24	1.22	1.21	1.21	1.23	1.23	1.20	1.20	1.19	1.22	1.21	1.23	1.24	1.21
	19.06	42	Vejetatif Gelişme	2.01	2.49	2.04	2.02	2.45	2.42	2.06	2.55	2.45	2.35	2.25	2.47	2.55	2.48	2.55	2.53	2.47
	26.06	49		3.18	5.60	3.24	3.14	5.45	5.39	3.27	5.58	5.26	5.10	4.80	5.43	5.55	5.45	5.55	5.45	5.46
	03.07	56		5.34	6.34	5.36	5.19	6.38	6.39	5.59	6.69	6.25	6.11	5.85	6.68	6.59	6.38	6.35	6.70	6.61
	10.07	63	Çiçeklenme	6.86	8.24	7.12	6.85	8.88	8.37	7.14	8.92	9.12	8.76	8.42	8.85	8.51	8.42	9.15	9.17	9.09
	17.07	70		8.23	10.75	8.55	8.47	12.25	10.81	8.52	12.31	11.89	11.45	11.02	11.33	11.11	10.87	12.28	12.38	12.29
	24.07	77		8.82	11.36	9.48	8.88	12.96	11.37	9.51	12.98	12.54	12.17	11.93	12.01	11.68	11.08	12.94	12.98	12.97
	31.07	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	8.21	11.41	9.88	9.23	13.21	11.84	10.12	13.55	13.42	13.08	12.75	12.41	12.25	11.67	13.12	13.12	13.02
	07.08	91		7.87	10.65	9.07	8.77	12.35	11.74	9.85	13.00	12.88	12.57	12.35	12.05	11.58	11.11	12.56	12.45	12.32
	14.08	98		7.14	10.17	8.32	8.01	11.28	10.25	9.16	12.25	11.73	11.13	11.16	11.22	10.92	10.41	11.41	11.24	11.17
21.08	105	6.50		9.55	7.45	7.15	9.82	8.67	8.31	11.05	10.56	10.05	9.77	10.36	10.12	9.63	10.21	10.02	9.82	

* Ekimden sonra gün sayısı



Şekil 4.18. 2008 Yılında Deneme Konularına Göre Yaprak Alan İndeksi (cm^2/cm^2) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.19. 2009 Yılında Deneme Konularına Göre Yaprak Alan İndeksi (cm^2/cm^2) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi

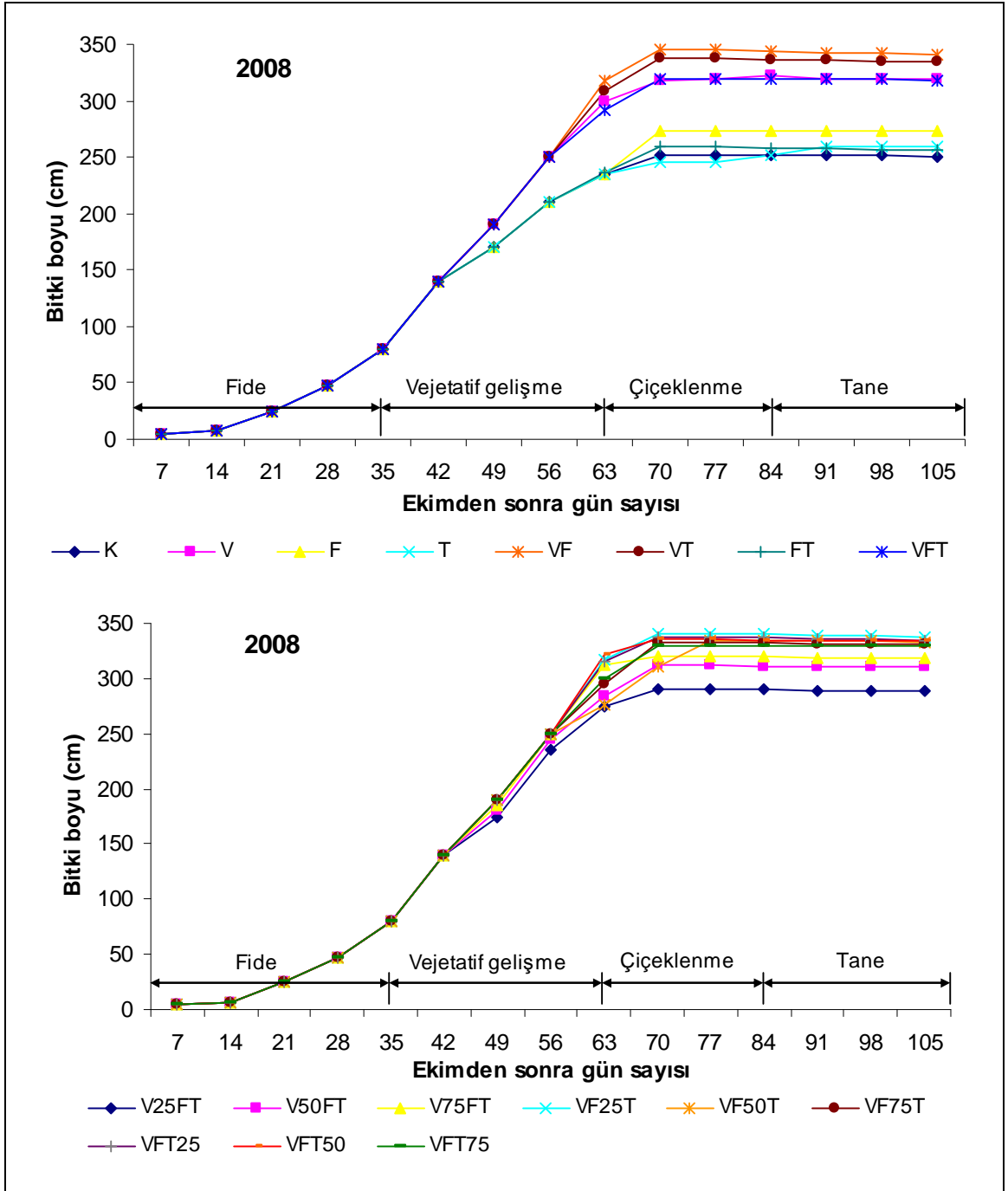
4.11. Bitki Boyu

Fenolojik gelişme dönemlerine göre deneme konularından elde edilen bitki boyu değerleri Çizelge 4.16, zamana göre gelişimi ise deneme yılları için sırasıyla Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir. Her iki deneme yılında da, konulara göre bitki boyu değerlerinin zamana göre gelişimi birbirine yakındır. İki yıllık ortalama verilere göre, fide döneminin sonunda bitki boyu 79 cm iken, ekimden 42 gün sonra vejetatif gelişme döneminin başında farklılıklar oluşmaya başlamış ve bu dönemden sonra tüm konularda hızlı bir yükseliş gözlenmiştir. Bu yükseliş ekimden 77. güne karşılık gelen çiçeklenme döneminin sonuna kadar devam etmiş, kimi konularda 1–2 hafta daha pik düzeylerde kalırken, kimi konularda bitki boylarında kısmen de olsa azalmalar başlamıştır. Deneme konularının ortalama sonuçlarına göre bitki boyunun gelişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. Bitki boyu ile ekimden sonraki gün sayısı arasında üçüncü dereceden eşitlikler elde edilmiş ve bitki boyunun zaman içerisindeki değişimi %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna göre, bitki boyu ile zaman arasında 2008 yılında " $Y = -4.16 - 1.087X + 0.1494X^2 - 0.0011X^3$ ($r^2 = 0.99^*$)" ve 2009 yılında " $Y = 25.89 - 4.192X + 0.211X^2 - 0.0014X^3$ ($r^2 = 0.99^*$)" biçiminde eşitlikler elde edilmiştir. Eşitliklerdeki Y bitki boyunu (cm), X ise ekimden sonra gün sayısını simgelemektedir.

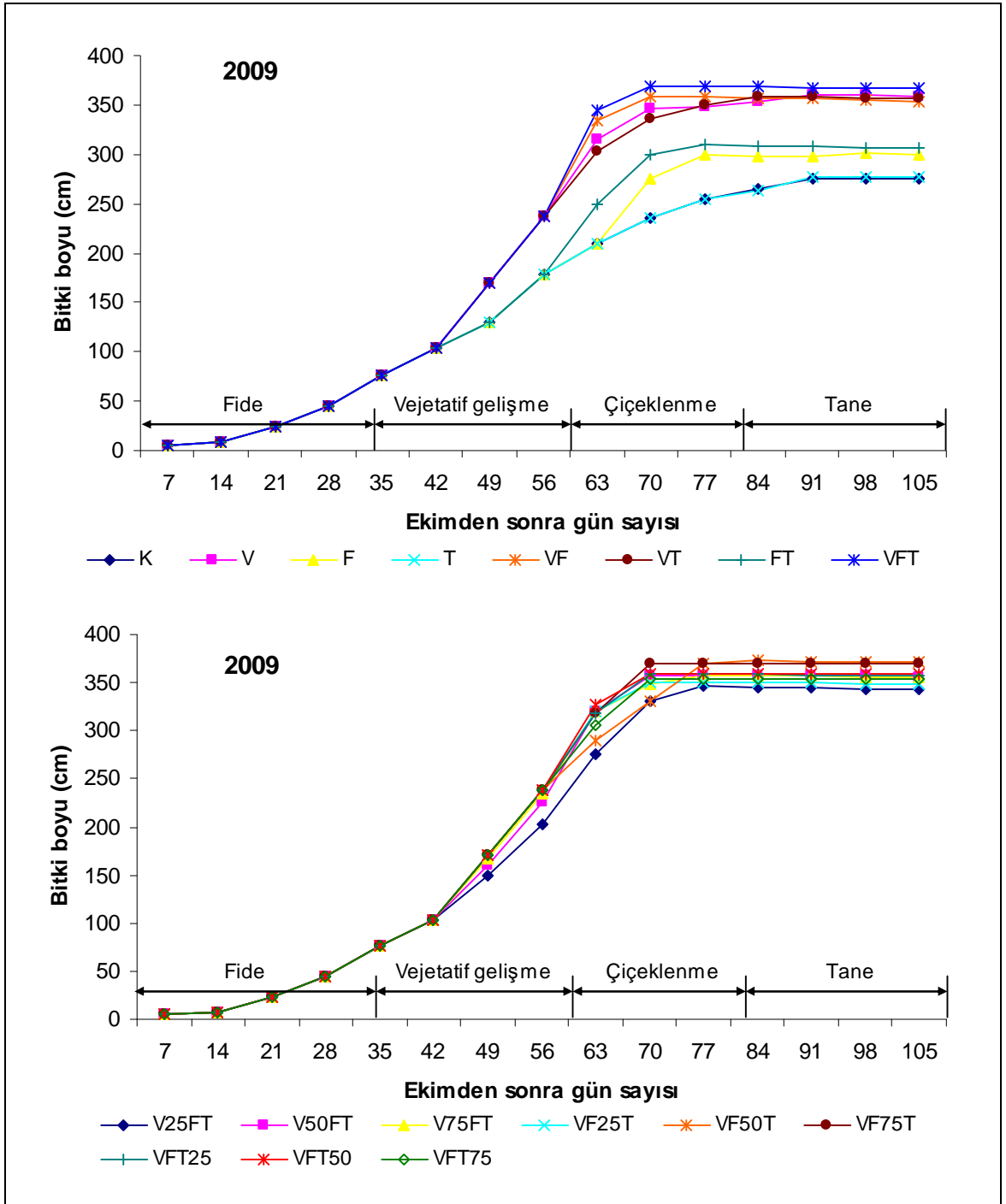
Vejetatif gelişme dönemiyle birlikte, kısıntılı sulamalara başlandıktan sonra bitki boyu değerlerinde de farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Bitki boyu, ekimden 42 gün sonra, vejetatif gelişme döneminin başında, 2008 yılında tüm sulama konuları için 140 cm, 2009 yılında 104 cm, anılan dönemin sonunda, 2008 yılı için 210–250 cm arasında, 2009 yılında ise 178–238 cm arasında değişim göstermiştir. Doğal olarak, anılan dönemde sulama yapılmayan konulardaki bitki boyu değerleri, sulama yapılan konulardaki bitki boyu değerlerinden düşük kalmıştır. Ekimden 63 gün sonra, çiçeklenme döneminin başlangıcında, tanık konudan (VFT) elde edilen bitki boyu değerleri, deneme yılları için sırasıyla 291 ve 345 cm iken, belirtilen dönemin sonunda 320 ve 368 cm değerlerine ulaşmışlardır. Buna karşın çimlenme dönemi dışında hiç sulama yapılmayan K konusundan elde edilen değerler, çiçeklenme döneminin başında 235 ve 210 cm, bu dönemin sonunda 252 ve 255 cm düzeylerine çıkmıştır.

Çizelge 4.16. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Bitki Boyu Değerleri

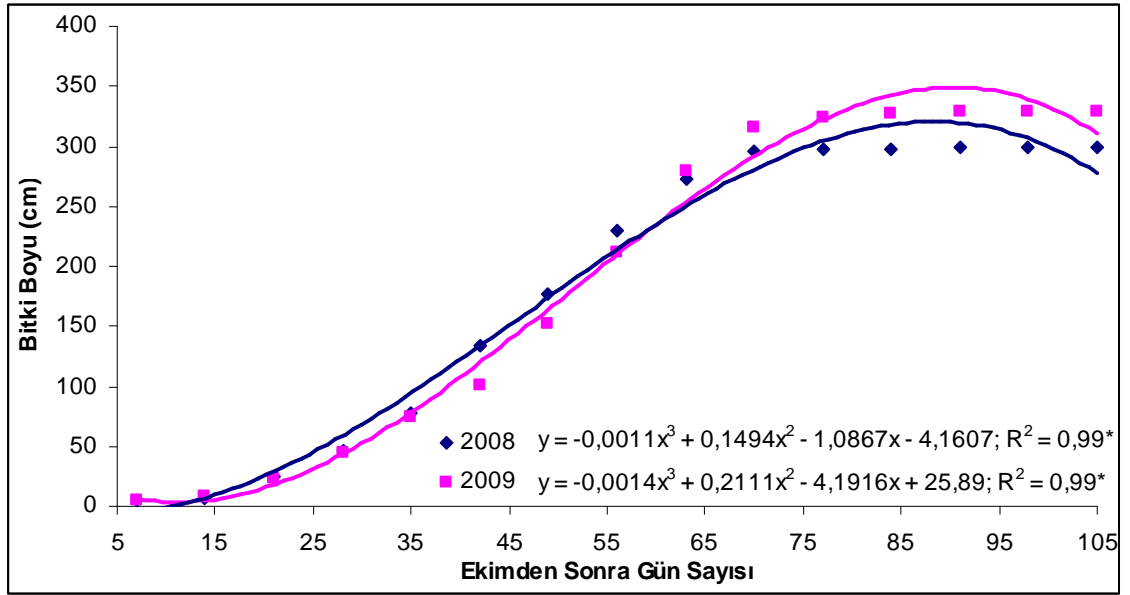
Yıllar	Tarih	ESGS*	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Bitki Boyu (cm)																
				K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	28.05	14	Fide	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	04.06	21		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	11.06	28		47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
	18.06	35		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	25.06	42	Vejetatif Gelişme	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	02.07	49		170	190	170	170	190	190	170	190	175	180	185	190	190	190	190	190	190
	09.07	56		210	250	210	210	250	250	210	250	236	245	250	250	250	250	250	250	250
	16.07	63	Çiçeklenme	235	300	235	235	318	309	236	291	275	284	313	317	276	295	315	321	300
	23.07	70		252	318	274	245	345	337	260	320	290	312	320	340	310	332	337	336	330
	30.07	77		252	320	274	246	345	337	260	320	290	312	320	340	335	332	337	336	330
	06.08	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	251	322	274	251	344	336	258	320	290	311	320	340	335	332	337	335	330
	13.08	91		251	320	273	260	343	336	258	319	289	311	319	339	334	331	336	335	329
20.08	98	251		320	273	260	342	335	257	319	289	310	319	339	334	331	336	335	329	
2009	22.05	14	Fide	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	29.05	21		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	05.06	28		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	12.06	35		77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
	19.06	42	Vejetatif Gelişme	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
	26.06	49		130	170	130	130	170	170	130	170	150	160	168	170	170	170	170	170	170
	03.07	56		178	238	179	178	238	238	178	238	203	225	235	238	238	238	238	238	238
	10.07	63	Çiçeklenme	210	316	210	210	335	303	250	345	275	320	320	320	290	318	318	328	305
	17.07	70		235	346	275	235	358	336	300	368	330	358	348	350	330	370	359	360	354
	24.07	77		255	348	299	255	358	349	310	368	346	358	358	350	370	370	359	360	354
	31.07	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	265	353	298	263	357	358	308	368	345	358	357	350	373	370	359	360	354
	07.08	91		275	360	298	277	356	358	308	367	345	357	357	350	372	370	358	359	353
14.08	98	275		360	302	277	355	357	307	367	344	357	356	349	372	369	358	359	353	



Şekil 4.20. 2008 Yılında Deneme Konularına Göre Bitki Boyu (cm) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.21. 2009 Yılında Deneme Konularına Göre Bitki Boyu (cm) Değerlerinin Zamana Göre Değişimi



Şekil 4.22. Gelişme Süresince Ortalama Bitki Boyu Değişimi

Çiçeklenme döneminin sonunda, maksimum bitki boylarına ulaşılmış ve en yüksek bitki boyu 2008 yılında, hem vejetatif hem de çiçeklenme döneminde topraktaki eksik suyun tam olarak karşılandığı VF konusundan (345 cm), 2009 yılında ise vejetatif dönemde eksik suyun tam olarak karşılandığı, çiçeklenme döneminde ise %50 kısıntı uygulanan VF₅₀T konusundan (373 cm) elde edilmiştir. Diğer taraftan her iki dönemde de eksik suyun tam olarak karşılandığı konulardan elde edilen bitki boyu değerleri, bu değerlere oldukça yakındır. Tane olgunlaşma dönemine karşılık gelen ekimden sonraki 98. günde, deneme konularındaki bitki boyu değerleri 2008 yılında 251 cm ile 342 cm arasında, 2009 yılında 275 cm ile 367 cm arasında değişmiştir.

Hasat zamanı örneklenen bitkilerden ölçülen bitki boyu ortalamalarına ilişkin varyans analizi Çizelge 4.17'de, bitki boyu değerleri ve LSD gruplandırması ise Çizelge 4.18'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bitki boyu değerlerine ilişkin sulama konuları arasında %1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar, iki yıllık ortalama sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde ise yıllar ve konular arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde, yıl x konu interaksiyonu arasındaki fark %5 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Hasatta ölçülen bitki boyu değerlerine göre 2008 yılında altı ayrı grup (VF, VF₂₅T, VFT₂₅ birinci, V, VT, VFT, V₇₅FT, VF₇₅T, VF₅₀T, VFT₇₅ ve VFT₅₀ ikinci, V₅₀FT üçüncü, V₂₅FT dördüncü, F beşinci, FT, T ve K altıncı grup), 2009 yılında ise dokuz ayrı grup (VF₅₀T birinci, VFT ve VF₇₅T ikinci, V, VF, V₇₅FT, V₅₀FT, VFT₇₅ VFT₅₀ ve VFT₂₅ üçüncü, VF₂₅T dördüncü, V₂₅FT beşinci, VT altıncı, FT yedinci, F sekizinci, T ve K dokuzuncu grup) oluşmuştur. İki yıllık ortalama sonuçlara göre, en yüksek bitki

boyu VF₇₅T ve VF₅₀T konularından (sırasıyla 349 ve 351 cm) en düşük bitki boyu ise susuz konudan (265 cm) elde edilmiştir. Diğer konulardan elde edilen bitki boyları, bu değerler arasında değişmektedir (Çizelge 4.18). Ul (1990), 154 ile 208 cm, İstanbulluoğlu ve ark. (2002) 215 ile 240 cm, Çakır (2004) 75 ile 225 cm, Okay (2006) 248 ile 271 cm, Çarpıcı (2009) 247 ile 324 cm, Kızıloğlu ve ark (2009) 57 ile 232 cm arasında değişen bitki boyları elde etmişlerdir. Bu araştırmacıların verileri, çalışmadan elde edilen değerlerden daha düşüktür. Bunun nedeni, başta çeşit olmak üzere, toprak ve iklim özellikleri ile deneme yöntemleri arasındaki farklılıklar olabilir.

Çizelge 4.18 incelendiğinde, vejetatif gelişme döneminde sulama yapılan konulardan elde edilen bitki boyu değerleri, sulama yapılmayan konulara oranla daha yüksektir. Diğer taraftan çiçeklenme döneminde %25 ve %50 oranında sulama suyu kısıntısı uygulamanın boy üzerinde olumsuz etkisinden çok, olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. VF₇₅T ve VF₅₀T konularından elde edilen bitki boyu değerleri, kısmen de olsa tanık konudan (VFT) elde edilen bitki boyu değerinden daha yüksek çıkmıştır. Tane döneminde yapılan sulamaların bitki boyu üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda, bitki boyu üzerinde en etkili dönemin vejetatif gelişme dönemi olduğu, ancak çiçeklenme döneminde yapılan sulamalarla kısmen de olsa bitki boyunun arttığı belirlenmiştir. Bu iki dönemde sulama yapılmayıp tane döneminde yapılan sulamaların bitki boyunu etkilemediği birçok araştırmacı tarafından gözlenmiştir (El Neomani ve ark. 1990, Ul 1990, İstanbulluoğlu ve ark. 2002, Çakır 2004). Araştırmacıların bulgularıyla bu çalışmadan elde edilen bulgular arasında benzerlik bulunmaktadır. Bununla birlikte, tüm gelişme dönemlerinde su kısıntılarının eşdeğer olarak uygulandığı koşulda bitki boylarında %56 ile %76 oranında azalma olduğu Kızıloğlu ve ark. (2009) tarafından bildirilmiştir. Mısır bitki boyunun su kısıntısıyla beraber azaldığı birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Otegui ve ark. 1995, Pandey ve ark. 2000b, İstanbulluoğlu ve ark. 2002). Ayrıca, mısır dışında birçok bitki üzerinde, su kısıntılarının bitki boyunu etkilediği rapor edilmiştir. Örneğin, Göksoy ve ark. (2004), Bursa koşullarında yetiştirilen ayçiçeğinde, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama uygulamalarıyla daha yüksek bitki boyu elde etmişler, süt olum döneminde yapılan sulamaların bitki boyunu arttırmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.17. Bitki Boyu Varyans Analiz Sonuçları

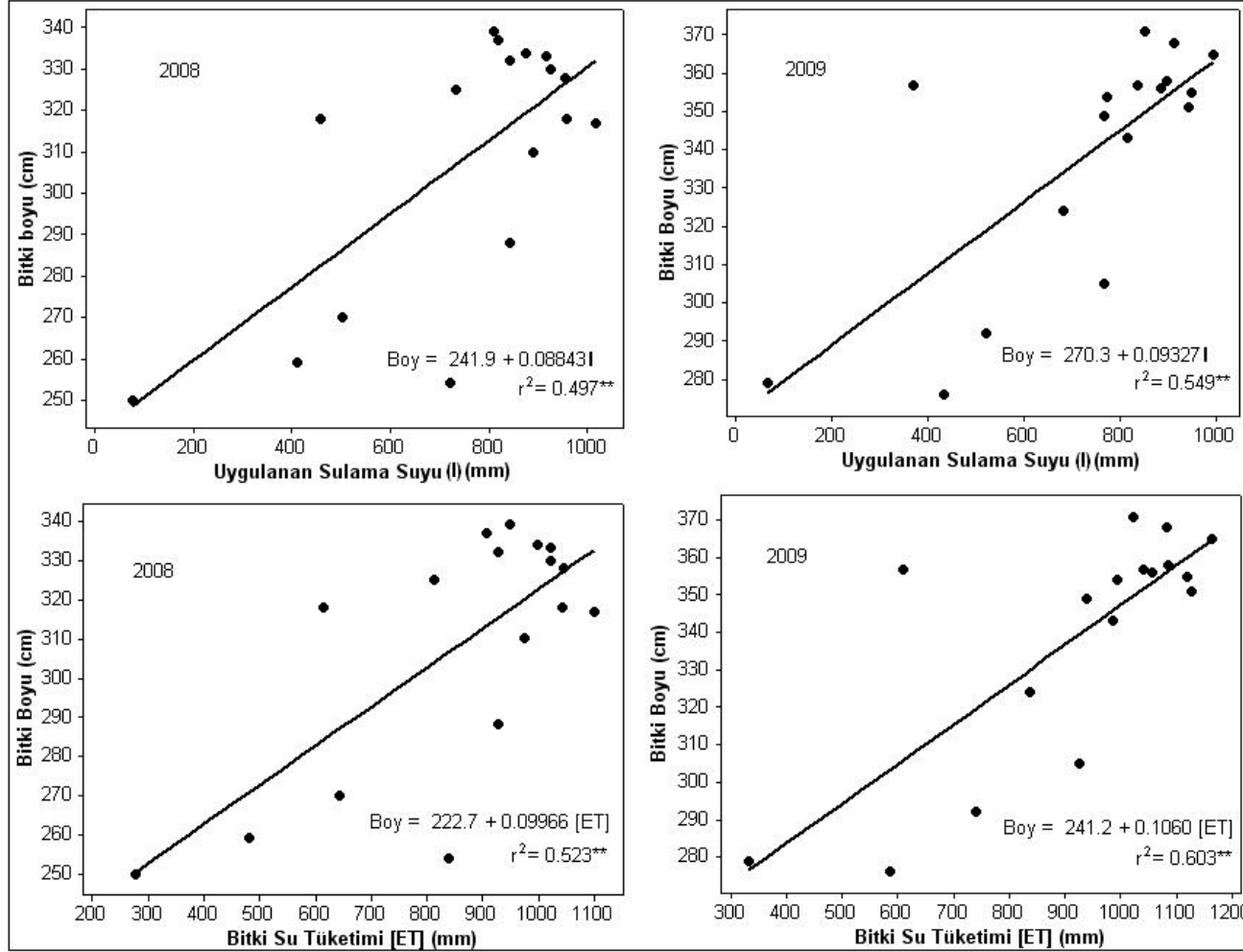
Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	622.6	311.3	1.57
	Konular	16	46901.5	1931.3	14.80**
	Hata	32	6340.0	198.1	
	Genel	50	53864.2		
2009	Bloklar	2	925.9	463.0	3.16
	Konular	16	47221.3	2951.3	20.12**
	Hata	32	4693.4	146.7	
	Genel	50	52840.6		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	559.3	279.6	1.54
	Yıllar	1	23553.9	23553.9	129.30**
	Konular	16	88430.4	5526.9	30.34**
	Yıl x Konu	16	5692.4	355.8	1.95*
	Hata	64	12022.7	182.2	
	Genel	101	130258.7		

** , * Sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeylerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.18. Hasatta Ölçülen Bitki Boyu Değerleri (cm) ve LSD Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	236	268	247	250 e	281	296	261	279 g	265 f
V	311	314	328	318 ab	346	354	372	357 a-c	338 a-c
F	274	263	273	270 de	288	304	284	292 fg	281 e
T	241	262	273	259 e	293	278	256	276 g	267 ef
VF	347	332	338	339 a	347	349	365	354 a-c	346 ab
VT	309	340	327	325 ab	304	348	320	324 de	325 cd
FT	247	279	236	254 e	301	312	301	305 ef	279 ef
VFT	303	339	310	317 ab	357	373	365	365 ab	341 ab
V ₇₅ FT	319	337	298	318 ab	354	359	353	355 a-c	337 a-c
V ₅₀ FT	316	306	309	310 bc	372	351	344	356 a-c	333 bc
V ₂₅ FT	303	275	287	288 cd	344	344	342	343 cd	316 d
VF ₇₅ T	323	330	337	330 ab	376	370	359	368 ab	349 a
VF ₅₀ T	310	333	352	332 ab	377	370	365	371 a	351 a
VF ₂₅ T	340	335	336	337 a	362	360	326	349 bc	343 ab
VFT ₇₅	314	318	353	328 ab	371	348	333	351 a-c	340 a-c
VFT ₅₀	325	332	341	333 ab	360	353	360	358 a-c	345 ab
VFT ₂₅	341	328	333	334 a	364	354	352	357 a-c	345 ab
Ortalama				308 b	Ortalama			339 a	324
LSD (%5)				23.41	20.14			15.56	

Gelişme dönemi içerisinde uygulanan toplam sulama suyu (I) ve mevsimlik bitki su tüketimi (ET) ile bitki boyu değerleri arasında doğrusal regresyon eşitlikleri elde edilmiştir (Şekil 4.23). Buna göre, bitki boyu (cm) ile mevsimlik uygulanan sulama suyu (I) (mm) arasında 2008 yılında “Bitki boyu = 241.9 + 0.0884 I ($r^2 = 0.497^{**}$)” ve 2009 yılında “Bitki boyu = 270.3 + 0.0933 I ($r^2 = 0.549^{**}$)” %1 olasılık düzeyinde önemli eşitlikler bulunmuştur. Diğer taraftan, bitki boyu (cm) ile mevsimlik bitki su tüketimi (ET) (mm) arasında 2008 için “Bitki boyu = 222.7 + 0.1 ET ($r^2 = 0.523$)” ve 2009 yılı için ise “Bitki boyu = 241.2 + 0.1 ET ($r^2 = 0.603^{**}$)” biçiminde %1 olasılık düzeyinde önemli eşitlikler elde edilmiştir. Benzer biçimde, Ul (1990) bitki boyu ile mevsimlik bitki su tüketimi arasında doğrusal ilişkiler elde etmiştir.



Şekil 4.23. Uygulanan Sulama Suyu (I) ve Bitki Su Tüketimi (ET) ile Bitki Boyu İlişkisi

4.12. Yaprak Sayısı

Deneme konularına ilişkin 2008 ve 2009 yıllarında, gelişme dönemlerine göre ölçülen yaprak sayısı değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çizelge 4.19'a göre, her iki yılda da fide gelişme döneminden vejetatif gelişme döneminin başına kadar tüm konularda aynı değerler elde edilmiştir. Ekimden 14 gün sonra (ESGS: 14) 3 yaprak sayısı ölçülürken, vejetatif gelişme döneminin başında (ESGS: 42) yaprak sayısı 2008 ve 2009 yılları için sırasıyla 9 ve 8 adet olarak ölçülmüştür.

Vejetatif gelişme döneminde, konulara göre farklı sulama programları uygulanmasıyla birlikte yaprak sayısı değerlerinde farklılıklar görülmeye başlanmıştır. Vejetatif gelişme döneminin sonunda (ESGS:56), eksik suyun tam olarak karşılandığı deneme konularından 2008 yılında 12.4–12.8 adet arasında yaprak sayısı elde edilirken 2009 yılında ise bu değer ortalama 12.0 adet olarak belirlenmiştir. Vejetatif gelişme döneminde sulama yapılmayan konular incelendiğinde, vejetatif gelişme döneminin sonunda, 2008 ve 2009 deneme yılları sonuçlarına göre yaprak sayısı değerleri sırasıyla 11.1–11.8 adet ve 10.2–10.6 adet olarak belirlenmiştir. Vejetatif gelişme döneminde sulama suyu kısıntısı yapılan konularla, tam sulama yapılan konudan (VFT) elde edilen yaprak sayısı değerleri arasında önemli bir farklılık görülmemiştir.

Çiçeklenme döneminin sonunda konulara göre yaprak sayısı değerleri 2008 yılı için 13.3–14.8 adet, 2009 yılı için ise 12.4–14.4 adet arasında değişmektedir. Çizelge 4.17 incelendiğinde, tane oluşum ve olgunlaşma döneminin üçüncü haftasına karşılık gelen ekimden 98 gün sonra, konulara göre ölçülen yaprak sayısı değerleri, denemenin ilk yılı için 13.6–15.0 adet ve ikinci yılı için ise 12.5–15.0 adet arasında değişim göstermiştir.

Yukarıdaki sonuçlara göre, değişik gelişme dönemlerine göre yapılan sulama uygulamalarının, yaprak sayısı değerlerinde kısmen de olsa farklılıklara yol açacağı söylenebilir. Ul (1990), vejetatif gelişme döneminde yapılan sulama uygulamalarının yaprak sayısını artırdığı, bu dönemde sulama yapılmazsa sonraki gelişme dönemlerinde yapılan sulamaların yaprak sayısını arttırmadığını belirlemiştir. Diğer taraftan NeSmith ve Ritchie (1992), çiçeklenme dönemi öncesinde yapılan su kısıntılarının, yaprak oluşumu ve yaprak alanlarını azalttığını gözlemlemiştir.

Çizelge 4.19. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Yaprak Sayısı Değerleri

Yıllar	Tarih	ESGS*	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Yaprak Sayısı (adet)																
				K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	28.05	14	Fide	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	04.06	21		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	11.06	28		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	18.06	35		7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	25.06	42	Vejetatif Gelişme	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	02.07	49		10.1	11.6	9.7	10.4	11.6	11.5	9.6	11.7	11.3	11.0	11.2	11.4	11.1	11.6	11.6	11.4	11.4
	09.07	56		11.1	12.8	11.2	11.8	12.8	12.6	11.1	12.7	12.7	12.2	12.4	12.3	12.5	12.5	12.3	12.5	12.4
	16.07	63	Çiçeklenme	12.0	13.6	12.7	12.6	13.5	13.3	12.7	13.7	14.0	13.7	13.7	13.8	13.2	13.3	14.0	14.3	13.9
	23.07	70		12.8	14.3	13.5	13.3	14.0	13.8	13.5	13.8	14.2	14.3	14.4	14.4	13.6	13.7	14.3	14.6	14.6
	30.07	77		13.3	14.3	13.7	13.6	14.5	14.0	13.8	14.2	14.5	14.8	14.6	14.6	14.2	14.3	14.6	14.8	14.8
	06.08	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	13.6	14.3	13.9	14.0	15.0	14.2	14.2	14.4	14.8	15.0	14.8	14.6	14.6	14.8	14.8	14.8	14.9
	13.08	91		13.6	14.3	13.9	14.6	15.0	14.5	14.6	14.6	15.0	15.0	14.9	14.6	14.6	14.8	14.8	14.8	14.9
20.08	98	13.6		14.3	13.9	14.6	15.0	14.5	14.6	14.6	15.0	15.0	14.9	14.6	14.6	14.8	14.8	14.8	14.9	
2009	22.05	14	Fide	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	29.05	21		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	05.06	28		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	12.06	35		7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	19.06	42	Vejetatif Gelişme	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	26.06	49		9.4	10.0	9.0	8.9	10.0	10.0	9.0	10.3	10.0	10.0	9.8	10.2	10.0	9.8	10.0	10.0	10.0
	03.07	56		10.6	12.0	10.2	10.2	12.0	12.0	10.3	12.0	12.0	12.0	11.7	12.0	12.0	11.7	12.0	12.0	12.0
	10.07	63	Çiçeklenme	11.6	13.0	11.3	11.2	13.0	12.7	11.4	13.0	13.0	13.0	12.6	13.0	13.0	12.8	13.0	13.0	13.0
	17.07	70		12.0	14.0	12.0	12.2	14.0	12.7	12.0	14.0	14.0	14.0	13.7	14.0	14.0	13.3	14.0	14.0	13.5
	24.07	77		12.4	14.5	12.5	12.6	14.4	12.7	12.6	14.5	14.4	14.5	14.0	14.0	14.0	13.7	14.0	14.0	13.8
	31.07	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	12.8	14.5	12.5	12.6	14.4	13.1	12.8	14.7	14.6	14.7	14.2	14.5	14.3	13.8	14.2	14.3	14.0
	07.08	91		12.8	14.5	12.5	13.0	14.4	13.1	13.0	14.7	14.6	14.9	14.2	14.5	14.7	13.8	14.2	14.3	14.0
14.08	98	12.8		14.5	12.5	13.5	14.4	13.1	13.0	14.7	14.6	14.9	14.2	15.0	14.7	13.8	14.2	14.3	14.0	

Hasat aşamasında deneme konularından ölçülen yaprak sayısı varyans analizi Çizelge 4.20 ve hasatta ölçülen ortalama yaprak sayısı değerleri ile LSD gruplandırması Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Yaprak Sayısı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	0.4816	0.2408	1.95
	Konular	16	7.0482	0.4405	3.57**
	Hata	32	3.9518	0.1235	
	Genel	50	11.4816		
2009	Bloklar	2	0.8769	0.4384	2.81
	Konular	16	28.5702	1.7856	11.45**
	Hata	32	4.9898	0.1559	
	Genel	50	34.4369		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	0.9106	0.4553	3.20
	Yıllar	1	9.7898	9.7898	68.81**
	Konular	16	27.0816	1.6926	11.90**
	Yıl x Konu	16	8.5369	0.5336	3.75**
	Hata	64	9.3894	0.1423	
	Genel	101	55.7082		

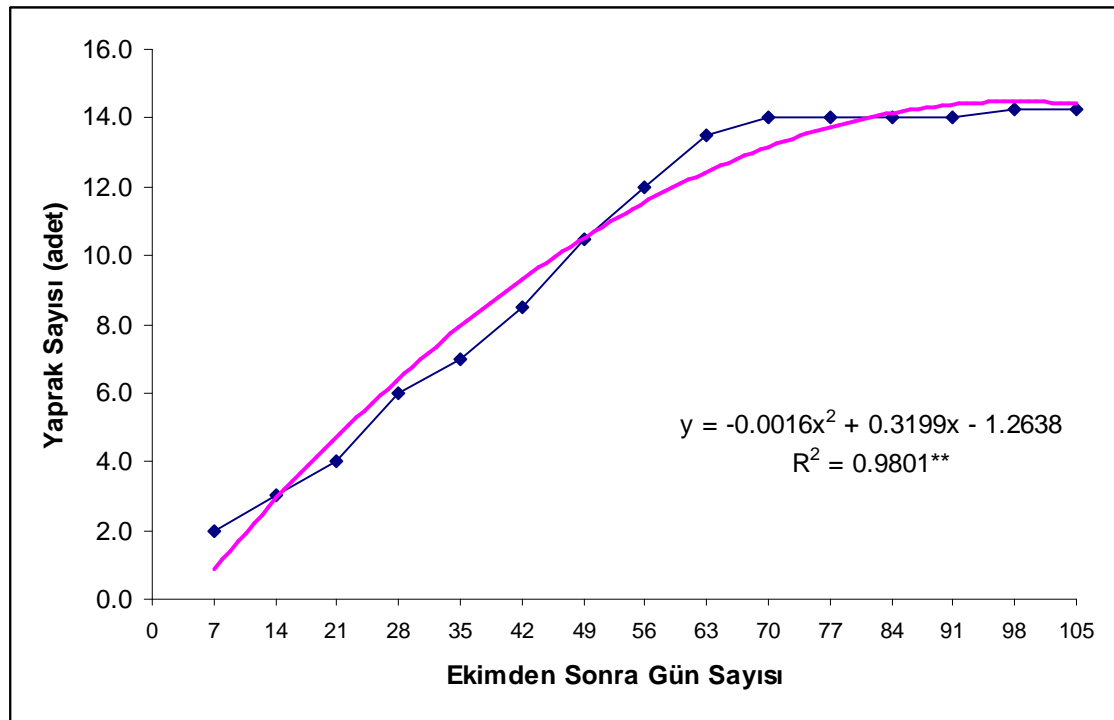
**0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.21. Hasatta Ölçülen Yaprak Sayısı Değerleri (adet) ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama	
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama		
K	13.2	14.0	13.7	13.6 d	12.5	13.6	12.4	12.8 h	13.2 e	
V	14.2	14.2	14.6	14.3 bc	14.0	14.6	14.8	14.5 a-d	14.4 a-d	
F	13.1	14.5	14.0	13.9 cd	12.0	12.6	12.8	12.5 h	13.2 e	
T	14.6	15.0	14.3	14.6 ab	13.8	13.4	13.2	13.5 fg	14.1 cd	
VF	15.0	15.5	14.6	15.0 a	14.6	14.2	14.4	14.4 a-e	14.7 a-c	
VT	14.5	14.9	14.1	14.5 ab	13.0	13.2	13.2	13.1 gh	13.8 de	
FT	14.5	14.9	14.4	14.6 ab	12.8	13.0	13.2	13.0 gh	13.8 de	
VFT	14.8	14.5	14.5	14.6 ab	14.2	15.0	15.0	14.7 a-c	14.7 a-c	
V ₇₅ FT	15.5	15.0	14.4	15.0 a	14.0	14.8	15.0	14.6 a-d	14.8 ab	
V ₅₀ FT	14.9	15.3	14.8	15.0 a	15.2	14.6	15.0	14.9 ab	15.0 a	
V ₂₅ FT	15.0	14.9	14.7	14.9 a	13.8	14.4	14.4	14.2 c-e	14.5 a-c	
VF ₇₅ T	14.7	14.5	14.6	14.6 ab	14.9	15.0	15.0	15.0 a	14.8 ab	
VF ₅₀ T	14.5	14.4	15.0	14.6 ab	15.1	14.4	14.6	14.7 a-c	14.7 a-c	
VF ₂₅ T	15.1	14.8	14.6	14.8 ab	13.5	14.0	13.8	13.8 ef	14.3 b-d	
VFT ₇₅	14.8	14.8	14.9	14.8 ab	13.6	14.4	14.6	14.2 c-e	14.5 a-c	
VFT ₅₀	14.2	15.0	15.3	14.8 ab	14.2	13.6	15.0	14.3 b-e	14.6 a-c	
VFT ₂₅	15.0	14.8	14.9	14.9 a	13.8	14.6	13.6	14.0 d-f	14.5 a-c	
Ortalama				14.6 a					14.0 b	14.3
LSD (%5)				0.5845	0.6567				0.6150	

Çizelge 4.20 incelendiğinde, sulama konuları, yıllar ve yıl x konu interaksiyonlarına göre yaprak sayısı değerleri arasındaki farklılık, %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.21'e göre, 2008 yılında elde edilen yaprak sayısı değerleri 2009 yılına göre biraz daha yüksektir. Her iki yıl genelinde yaprak sayısı 12–15 adet arasında değişmiştir. 2008 yılında deneme konularına göre yaprak sayısı değerleri için 5 ayrı grup oluşmuştur. VF, V₇₅FT, V₅₀FT, V₂₅FT ve VFT₂₅ konuları I.grubu, T, VT, FT, VFT, VF₇₅T, VF₅₀T, VF₂₅T, VFT₇₅ ve VFT₅₀ konuları II. grubu, V konusu III. grubu, F konusu IV. grubu ve K konusu ise V.grubu oluşturmuştur. Okay (2006) 8–15 adet arasında değişen yaprak sayısı elde etmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, bu araştırmacının sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Ortalama yaprak sayısının grafiği Şekil 4.24'de verilmiş ve iki yıllık ortalama verilerden elde edilen regresyon eşitliği " $y = -0.0016x^2 + 0.3199x - 1.2638$ ($r^2 = 0.98^{**}$)" olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.24. İki Yıllık Ortalamalara Göre Yaprak Sayısı Değişimi

4.13. Gövde Çapı

Deneme konularından elde edilen gövde çapı (mm) değerlerinin fenolojik gelişme dönemlerine göre değişimi Çizelge 4.22'de verilmiştir. Fide döneminin başında (ekimden 14 gün sonra) tüm konulardan ölçülen gövde çapı 7 mm iken dönemin sonunda (35. gün) 21–22 mm düzeylerine yükselmiştir. Vejetatif gelişme döneminin sonunda (56. gün) konulara göre farklılıklar olmakla birlikte gövde çapı değerleri 2008 yılında 24.5–31.5 mm arasında, 2009 yılında ise 29.4–32.5 mm arasında değişmiştir. Gövde çapı değerleri, çiçeklenme döneminin ikinci haftasına karşılık gelen ekimden 70 gün sonra tüm konularda maksimum düzeylerine ulaşmıştır. Bu hafta içerisinde 2008 yılında en düşük gövde çapı FT konusundan (26.4 mm), en yüksek ise VFT₂₅ konusundan (32 mm) elde edilirken, 2009 yılında en düşük T konusundan (28.2 mm) ve en yüksek VFT₇₅ konusundan elde edilmiştir. Bununla birlikte, vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde kısıntı yapılmayan deneme konularından elde edilen ortalama gövde çapı değerleri deneme yılları için sırasıyla 31.2 ve 30.2 mm olarak gerçekleşmiştir. Diğer taraftan hem vejetatif hem de çiçeklenme döneminde hiç sulama yapılmayan konuların iki yıllık ortalama gövde çapı değeri 29 mm olarak belirlenmiştir. Gövde çapı değerleri çiçeklenme döneminin son haftasından sonra (ekimden 77 gün sonra) özellikle tane oluşum ve olgunlaşma döneminde konulara göre değişmekle beraber göreceli olarak azalmaya başlamıştır.

İki yıllık birleştirilmiş verilerin ortalamalarına göre gövde çapının zamana göre değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. Elde edilen grafikten üçüncü dereceden bir eşitlik elde edilmiş ($y = 0.0148x^3 - 0.6563x^2 + 8.7858x - 6.4246$; $r^2 = 0.96^{**}$) ve gövde çapının zamana göre değişimi %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.25).

Hasat aşamasında deneme konularından ölçülen gövde çapı varyans analizi Çizelge 4.23 ve hasatta ölçülen gövde çapı değerleri ile LSD gruplandırması Çizelge 4.24'de verilmiştir. Çizelge 4.23'e göre 2008 yılında gövde çapı değerleri yönüyle deneme konuları arasındaki farklılık önemsizken, 2009 yılında ise %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. İki yıllık birleştirilmiş verilere göre, yıllar arasındaki farklılık ile yıl x konu interaksyonu önemsiz, konular arasındaki farklılık ise %5 olasılık düzeyinde önemlidir. Her iki deneme yılı genelinde gövde çapı değerleri 23.2–26.5 mm arasında değişmiştir.

Çizelge 4.22. Deneme Konularından 2008 ve 2009 Yıllarına İlişkin Fenolojik Gelişme Dönemlerinde Elde Edilen Gövde Çapı Değerleri

Yıllar	Tarih	ESGS*	Gelişme Dönemi	Deneme Konuları ve Gövde Çapı (mm)																
				K	V	F	T	VF	VT	FT	VFT	V ₇₅ FT	V ₅₀ FT	V ₂₅ FT	VF ₇₅ T	VF ₅₀ T	VF ₂₅ T	VFT ₇₅	VFT ₅₀	VFT ₂₅
2008	28.05	14	Fide	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	04.06	21		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	11.06	28		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	18.06	35		21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
	25.06	42	Vejetatif Gelişme	22.0	23.0	23.0	23.0	21.0	22.0	23.0	26.0	19.0	28.0	25.0	27.0	25.0	26.0	27.0	27.0	30.5
	02.07	49		22.4	24.5	24.0	25.0	23.5	24.0	24.0	30.0	21.0	28.9	27.0	29.0	30.0	27.8	28.0	29.1	31.0
	09.07	56		27.8	28.9	25.0	26.7	26.5	26.0	24.5	31.2	23.0	31.5	29.0	29.8	31.0	28.0	28.5	29.5	31.5
	16.07	63	Çiçeklenme	27.9	31.8	25.5	28.0	27.0	26.0	25.0	30.0	25.0	30.0	29.0	30.5	31.3	28.0	30.0	29.8	31.7
	23.07	70		28.3	32.5	26.9	29.0	27.4	26.5	26.4	30.0	26.8	29.0	29.4	30.5	31.8	28.1	31.5	30.0	32.0
	30.07	77		28.3	32.0	26.9	29.0	27.4	26.5	26.4	29.0	26.0	28.0	29.0	30.0	31.0	28.0	31.0	29.0	31.0
	06.08	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	27.2	30.0	26.4	28.0	27.0	26.0	26.0	29.0	26.0	28.0	28.0	30.0	30.0	28.0	31.0	28.0	31.0
	13.08	91		27.2	29.0	26.2	27.0	26.0	26.0	26.0	28.0	25.0	27.0	27.0	29.0	29.0	28.0	30.0	28.0	30.0
20.08	98	26.4		28.0	26.2	26.0	26.0	26.0	25.0	28.0	25.0	27.0	26.0	29.0	28.0	27.0	29.0	27.0	30.0	
2009	22.05	14	Fide	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
	29.05	21		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	
	05.06	28		16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	
	12.06	35		22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
	19.06	42	Vejetatif Gelişme	25.5	27.9	27.2	29.3	28.2	28.4	29.0	30.6	29.1	31.0	27.9	27.8	29.6	30.0	29.3	27.8	25.5
	26.06	49		29.2	30.8	27.6	27.6	29.8	29.7	29.7	32.2	30.5	32.4	31.8	31.0	31.1	32.3	30.0	29.0	29.2
	03.07	56		30.2	32.0	29.4	28.0	31.3	29.4	30.5	31.0	30.6	30.1	32.5	31.0	31.9	33.9	32.5	29.4	30.2
	10.07	63	Çiçeklenme	30.2	32.0	29.3	28.0	32.5	30.0	30.7	30.0	29.0	29.0	31.5	30.0	31.0	33.5	32.8	30.0	30.2
	17.07	70		30.3	32.1	29.2	28.2	33.4	30.5	30.5	29.0	28.8	28.7	31.2	29.3	30.0	33.0	33.1	30.6	30.3
	24.07	77		30.2	32.0	28.8	28.0	33.0	29.8	29.5	28.0	28.0	28.0	29.8	29.0	30.0	32.0	32.5	29.5	30.2
	31.07	84	Tane Oluşum ve Olgunlaşma	29.6	31.0	28.8	27.0	32.0	29.8	29.0	28.0	28.0	28.0	29.0	28.0	30.0	32.0	31.0	29.0	29.6
	07.08	91		28.9	30.0	26.6	26.0	31.0	28.0	28.0	27.0	27.0	27.0	28.0	28.0	30.0	31.0	30.0	29.0	28.9
14.08	98	28.2		29.0	26.0	25.0	30.0	28.0	28.0	27.0	27.0	27.0	28.0	28.0	29.0	30.0	29.0	28.0	28.2	



Şekil 4.25. İki Yıllık Ortalamalara Göre Gövde Çapı Değişimi

İki yıllık ortalama verilerden elde edilen LSD gruplandırmasına göre dört farklı grup (VFT, VF₂₅T ve VFT₇₅ birinci, VF, VT, FT, V₇₅FT, V₅₀FT, VF₇₅T, VF₅₀T, VFT₅₀ ve VFT₂₅ ikinci, V₂₅FT, F ve K üçüncü, T dördüncü grup) oluşmuştur. Bu sonuçlara göre, tanık konudan (VFT) elde edilen gövde çapı 26.1 mm iken aynı grupta yer alan, yalnızca çiçeklenme döneminde %75 oranında su kısıntısı uygulanan VF₂₅T konusu ile yalnızca tane oluşum ve olgunlaşma döneminde %25 sulama suyu kısıntısı uygulanan VFT₇₅ konusundan elde edilen gövde çapı değerleri sırasıyla 26.4 mm ve 25.2 mm olarak ölçülmüştür. Yalnızca tane oluşum ve olgunlaşma döneminde eksik suyun tam olarak karşılandığı T konusundan ölçülen ortalama gövde çapı 23.2 mm olup diğer konulardan elde edilen gövde çapı değerleri bu sınırlar arasında değişmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, Okay (2006) ve Çarpıcı (2009) tarafından belirlenen değerlerle (sırasıyla 24.0–29.0 mm ve 15.9–25.0 mm) paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.23. Gövde Çapı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	8.038	4.019	2.00
	Konular	16	25.296	1.581	0.79 ^{ns}
	Hata	32	64.215	2.007	
	Genel	50	97.550		
2009	Bloklar	2	16.303	8.151	4.86
	Konular	16	72.627	4.539	2.71**
	Hata	32	53.657	1.677	
	Genel	50	142.587		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	23.423	11.711	6.51
	Yıllar	1	3.766	3.766	2.09 ^{ns}
	Konular	16	65.194	4.075	2.26*
	Yıl x Konu	16	32.730	2.046	1.14 ^{ns}
	Hata	64	118.790	1.800	
	Genel	101	243.904		

^{ns} İstatistiksel olarak önemsizdir.

** , * Sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeylerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.24. Hasatta Ölçülen Gövde Çapı Değerleri (mm) ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama	
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama		
K	24.1	24.2	25.8	24.7 a	25.8	23.9	22.6	24.1 b-d	24.4 bc	
V	26.0	28.1	23.6	25.9 a	23.7	27.1	25.9	25.6 ab	25.7 ab	
F	25.1	25.5	25.0	25.2 a	22.1	25.9	22.3	23.4 cd	24.3 bc	
T	24.7	23.3	24.5	24.2 a	21.9	22.1	22.7	22.2 d	23.2 c	
VF	25.9	23.0	26.3	25.1 a	27.9	23.9	26.9	26.2 ab	25.7 ab	
VT	25.9	25.3	26.3	25.8 a	25.7	25.1	24.1	25.0 a-c	25.4 ab	
FT	24.4	25.7	23.5	24.5 a	26.1	26.4	23.6	25.4 a-c	25.0 ab	
VFT	24.9	26.9	25.2	25.7 a	26.7	27.1	25.6	26.5 a	26.1 a	
V ₇₅ FT	24.9	26.2	21.7	24.3 a	27.9	26.6	23.3	25.9 ab	25.1 ab	
V ₅₀ FT	23.3	27.5	24.2	25.0 a	26.4	25.1	24.9	25.5 a-c	25.2 ab	
V ₂₅ FT	24.2	23.3	24.4	24.0 a	25.8	25.2	23.4	24.8 a-c	24.4 bc	
VF ₇₅ T	23.3	26.2	23.9	24.5 a	25.1	26.0	26.7	25.9 ab	25.2 ab	
VF ₅₀ T	25.7	24.8	24.2	24.9 a	26.4	25.7	26.5	26.2 ab	25.6 ab	
VF ₂₅ T	27.5	26.5	24.3	26.1 a	28.6	26.6	25.0	26.7 a	26.4 a	
VFT ₇₅	27.4	26.2	25.4	26.3 a	27.8	27.1	25.3	26.7 a	26.5 a	
VFT ₅₀	27.0	22.4	23.4	24.3 a	26.1	28.2	25.5	26.6 a	25.4 ab	
VFT ₂₅	25.6	25.6	24.3	25.2 a	26.4	25.2	24.3	25.3 a-c	25.2 ab	
Ortalama				25.0	Ortalama				25.4	25.2
LSD (%5)				2.356	2.154				1.547	

4.14. Hasat Nemi

Deneme yılları için ölçülen hasat nemi değerlerinden elde edilen varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, her iki deneme yılında da deneme konuları arasında hasat nemi değerleri yönüyle farklılıklar %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Birleştirilmiş verilere göre, yıllar ve konular arasındaki hasat nemi değerlerindeki farklılıklar %1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.25. Hasat Nemi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	10.058	5.029	1.92
	Konular	16	178.073	11.130	4.25**
	Hata	32	83.735	2.617	
	Genel	50	271.866		
2009	Bloklar	2	0.8016	0.4008	0.40
	Konular	16	89.3063	5.5816	5.62**
	Hata	32	31.7784	0.9931	
	Genel	50	121.8863		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	6.363	3.182	1.75
	Yıllar	1	214.455	214.455	117.94**
	Konular	16	237.209	14.826	8.15**
	Yıl x Konu	16	30.170	1.886	1.04
	Hata	64	120.010	1.818	
	Genel	101	608.208		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemenin ikinci yılında hasat nemi değerleri görece daha yüksektir (Çizelge 4.26). Bunun nedeni, 2009 yılında özellikle tane oluşum ve olgunlaşma döneminde 2008 yılına oranla %37 daha fazla yağış düşmesi ve bu yağışların özellikle hasat dönemine yakın zamanlarda düşmesiyle açıklanabilir. Çizelge 4.26’ya göre, 2008 yılında en düşük hasat nemi susuz konudan (%14.8) en yüksek yalnızca tane döneminde sulama uygulanan T konusundan (%22.5), 2009 yılında en düşük susuz konudan (%16.7) en yüksek ise T, VT, FT ve VFT konularından (%23.5) elde edilmiştir. Diğer konulardan elde edilen hasat nemi değerleri, yukarıda belirtilen alt ve üst sınır değerleri arasında değişmiştir. Buna göre 2008 yılında sekiz, 2009 yılında ise dokuz ayrı grup oluşmuştur. Özellikle tane döneminde yapılan sulamaların hasat nemini artırdığı görülmektedir (Çizelge 4.26). Hasat neminin %15’in üzerinde olması tane mısırın işlenmesinde sınırlayıcı bir unsurdur. Yörede mısır yetiştiriciliği yapan çiftçilerle

yapılan görüşmelerde aynı çeşidi kullanan üreticilerin de benzer hasat nemi elde ettikleri belirlenmiştir. Çiftçilerle yapılan yüz yüze görüşmelerde ve arazi denemelerinden kazanılan deneyimlerde, anılan çeşidin tane veriminin yüksek olmasına karşın doğal koşullar altında hasat neminin birçok çeşide göre yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle, Pioneer 31P41 çeşidini yetiştirecek üreticilere mısır kurutma ve depolama tesislerini değerlendirmeleri önerilebilir. Okay (2006), Bursa koşullarında yürüttüğü denemede Tector adlı mısır çeşidinden %19.6 ile %23.5 arasında hasat nemi elde etmiştir. Araştırmacının elde ettiği verilerle bu denemede elde edilen hasat nemi değerleri arasında benzerlik bulunmaktadır.

Çizelge 4.26. Deneme Yıllarına Göre Hasat Nemi (%) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	15.7	16.3	12.4	14.8 e	18.2	18.9	18.6	18.6 f	16.7 g
V	14.6	19.3	14.2	16.0 de	20.0	19.8	21.3	20.4 e	18.2 g
F	22.5	19.2	21.8	21.2 ab	21.8	23.9	23.1	22.9 a-c	22.1 a-d
T	22.2	22.9	22.3	22.5 a	23.9	24.3	22.2	23.5 a	23.0 a
VF	18.3	17.3	20.1	18.6 b-d	21.4	21.7	20.4	21.2 de	19.9 f
VT	21.0	20.9	21.5	21.1 ab	23.3	23.1	24.0	23.5 a	22.3 a-c
FT	22.2	21.2	20.3	21.2 ab	23.4	23.5	23.5	23.5 a	22.4 ab
VFT	20.9	20.9	19.7	20.5 ab	23.5	23.0	23.9	23.5 a	22.0 a-d
V ₇₅ FT	17.4	19.6	21.4	19.5 bc	23.2	21.5	24.4	23.0 a-c	21.3 b-f
V ₅₀ FT	20.6	19.9	19.6	20.0 a-c	23.3	21.7	23.8	22.9 a-c	21.5 a-e
V ₂₅ FT	21.1	20.6	19.1	20.3 ab	23.6	23.5	22.8	23.3 ab	21.8 a-e
VF ₇₅ T	21.0	22.0	16.5	19.8 bc	23.0	21.9	23.1	22.7 a-d	21.3 b-f
VF ₅₀ T	21.3	19.9	18.4	19.9 a-c	22.0	23.9	23.9	23.3 ab	21.6 a-e
VF ₂₅ T	19.8	17.8	21.2	19.6 bc	22.9	22.5	19.5	21.6 c-e	20.6 d-f
VFT ₇₅	19.0	17.5	15.6	17.4 c-e	23.1	23.5	23.2	23.3 ab	20.3 ef
VFT ₅₀	20.9	17.0	18.9	18.9 bc	23.1	20.5	21.5	21.7 b-e	20.3 ef
VFT ₂₅	21.3	19.9	18.4	19.9 a-c	23.2	20.5	21.5	21.7 b-e	20.8 c-f
Ortalama				19.5 b	Ortalama			22.4 a	20.9
LSD (%5)				2.691	1.657			1.818	

4.15. Tek Koçan Ağırlığı

Tek koçan ağırlığı, bir verim bileşeni olup, tane verimlerinin belirlenmesinde de kullanılan önemli bir göstergedir. Sulama konularından elde edilen tek koçan ağırlıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi, teksele yıllarda konular arasında ve iki yıllık birleştirilmiş verilere göre

yıllar, konular ve yıl x konu interaksyonları arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Tek Koçan Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	593.9	297.0	4.39
	Konular	16	175526.3	10970.4	162.18**
	Hata	32	2164.6	67.6	
	Genel	50	178284.8		
2009	Bloklar	2	102	51	0.69
	Konular	16	206264	12891	174.57**
	Hata	32	2363	74	
	Genel	50	208729		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	488	244	3.40
	Yıllar	1	19131	19131	266.59**
	Konular	16	378878	23680	329.98**
	Yıl x Konu	16	2912	182	2.54**
	Hata	64	4736	72	
	Genel	101	406145		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

En yüksek koçan ağırlığı her iki deneme yılında da sulama uygulamalarının tam olarak yapıldığı VFT konusundan (ortalama 370.8 g) elde edilirken en düşük ise susuz konudan (ortalama 141.6 g) elde edilmiştir (Çizelge 4.28). Koçan ağırlığı değerleri 2008 yılında 135.0–354.0 g arasında değişirken, 2009 yılında 141.6–370.8 g arasında değişmiştir. Kara ve Akman (2002) tek koçan ağırlıklarının 319.6–330.7, Eşiyok ve ark. (2004) 271.2–342.0 g ve Okay (2006) 277–352 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular ile söz konusu araştırmacıların sonuçları benzerlik göstermektedir. Toprak nem içeriğindeki artışa bağlı olarak koçan ağırlığının da arttığı Braunworth ve Mack (1989) tarafından bildirilmiştir. Çakır (2004) en yüksek koçan verimini, tüm gelişme dönemlerinde topraktaki eksik suyun tam olarak karşılanması durumunda elde etmiştir. Bununla birlikte, Eck (1984) belirli fenolojik gelişme dönemlerindeki su kısıntılarının koçan verimini azalttığını belirtmektedir. Çalışmadan elde edilen bulgular bu görüşü destekler niteliktedir.

Denemenin ikinci yılında elde edilen koçan ağırlığı değerleri tane veriminde olduğu gibi birinci yıla göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, yıllar arasında kısmen de olsa iklim özelliklerindeki farklılıklar olabilir. Denemenin ikinci yılında hasada yakın dönemlerde düşen yağışların hasat nemini yükselttiği, dolaylı olarak tek koçan ağırlıklarını arttırdığı düşünülmektedir.

Vejetatif dönemde, %25 oranında uygulanan sulama suyu kısıntısına ilişkin deneme konusundan (V₇₅FT) elde edilen tek koçan ağırlığı (ortalama 354.9 g) tanık konudan sonra ikinci sırada yer almıştır. Bunu sırasıyla çiçeklenme döneminde %25 kısıntı uygulanan VF₇₅T konusu (349.3 g) ile tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 kısıntı uygulanan VFT₇₅ konusu (348.2 g) izlemiştir. Diğer taraftan yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde sulama yapılan T konusundan elde edilen ortalama tek koçan ağırlığı 209.4 g olup tanık konuya oranla %56 daha düşüktür. Yalnızca vejetatif gelişme döneminde sulama yapılan V konusundan elde edilen ortalama koçan ağırlığı 217.8 g olup T konusu ile aynı grupta yer almaktadır. Yalnızca çiçeklenme döneminde sulama yapılan F konusundaki tek koçan ağırlığı V ve T konularına oranla daha yüksektir (237.6 g). Bu sonuca göre, çiçeklenme döneminde yapılan sulamaların tek koçan ağırlığı üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna varılabilir.

Çizelge 4.28. Tek Koçan Ağırlıkları (g) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	134.6	139.7	130.8	135.0 k	142.6	150.3	151.8	148.2 k	141.6 l
V	203.4	226.0	210.1	213.2 i	217.8	228.1	221.4	222.4 j	217.8 k
F	223.6	220.0	220.1	221.2 i	254.1	250.6	257.4	254.0 i	237.6 j
T	192.2	195.6	186.1	191.3 j	224.9	242.1	215.7	227.5 j	209.4 k
VF	328.4	324.9	334.6	329.3 bc	352.0	348.7	347.3	349.3 cd	339.3 d
VT	253.4	255.2	251.9	253.5 h	266.5	260.3	267.3	264.7 i	259.1 i
FT	307.3	302.5	294.3	301.4 e	321.2	325.3	326.3	324.3 fg	312.8 f
VFT	347.8	373.3	341.0	354.0 a	393.9	385.1	383.9	387.6 a	370.8 a
V ₇₅ FT	327.1	340.4	345.5	337.7 b	358.0	367.3	390.9	372.1 b	354.9 b
V ₅₀ FT	327.6	330.0	309.4	322.3 cd	356.1	355.9	358.3	356.8 cd	339.6 cd
V ₂₅ FT	278.1	294.0	288.5	286.8 f	316.4	327.7	312.4	318.9 g	302.9 g
VF ₇₅ T	331.2	347.4	328.6	335.8 bc	358.3	365.0	365.1	362.8 bc	349.3 bc
VF ₅₀ T	292.4	285.4	282.6	286.8 f	317.8	339.9	331.9	329.9 e-g	308.3 fg
VF ₂₅ T	275.6	265.4	277.2	272.7 g	292.6	301.9	282.2	292.2 h	282.5 h
VFT ₇₅	321.9	338.7	311.6	324.1 b-d	360.7	380.0	376.4	372.4 b	348.2 b-d
VFT ₅₀	323.4	316.9	305.2	315.1 d	349.3	336.5	344.2	343.3 de	329.2 e
VFT ₂₅	326.0	310.1	305.9	314.0 de	349.6	325.9	324.9	333.5 ef	323.7 e
Ortalama				282.0 b	Ortalama			309.4 a	295.7
LSD (%5)				13.67				14.31	9.78

Fenolojik gelişme dönemlerine göre, yalnızca bir gelişme döneminde sulama yapılmayan VF, VT ve FT konuları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, hem vejetatif hem de çiçeklenme döneminde sulamaların tam olarak yapıldığı VF konusundan elde edilen tek koçan ağırlığı değerlerinin (ortalama 339.3 g) diğer konulara oranla daha

yüksek olduğu görülmektedir. Bunu FT konusu (312.8 g) ve VT konusu (259.1 g) izlemektedir. Bu bulgulara göre, çiçeklenme döneminde yapılan su kısıntılarının tek koçan ağırlığını düşürdüğü söylenebilir. Kanber (1990a), koçan verimlerinin su uygulama dönemi ve sulama suyu miktarıyla değişebileceğini belirtmiştir.

Belirli bir fenolojik gelişme döneminde, sulama suyuna %25, %50 ve %75 oranlarında yapılan kısıntıların, kısıntı artışıyla beraber tek koçan ağırlıklarında azalmalara yol açtığı izlenmektedir (Çizelge 4.28).

4.16. Taneleme Yüzdesi

Tane ağırlığının koçan ağırlığına oranı olarak tanımlanan taneleme yüzdesi, verim bileşenlerinden biridir. Deneme konularına ilişkin teksele ve birleştirilmiş yıllara göre yapılan taneleme yüzdesi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Çizelgeye göre, hem teksele yıllarda hem de birleştirilmiş yıllara göre kısıntılı sulamaların taneleme yüzdesi üzerinde etkisi %1 olasılık düzeyinde önemli, bloklar ve yıllar arasında etkisi ise önemsiz bulunmuştur. .

Çizelge 4.29. Taneleme Yüzdesi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	0.0002980	0.0001490	2.34
	Konular	16	0.0464824	0.0029051	45.68**
	Hata	32	0.0020353	0.0000636	
	Genel	50	0.0488157		
2009	Bloklar	2	0.0005216	0.0002608	1.30
	Konular	16	0.0538353	0.0033647	16.79**
	Hata	32	0.0064118	0.0002004	
	Genel	50	0.0607686		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	0.0003353	0.0001676	1.24
	Yıllar	1	0.0000010	0.0000010	0.01
	Konular	16	0.0982353	0.0061397	45.37**
	Yıl x Konu	16	0.0020824	0.0001301	0.96
	Hata	64	0.0089314	0.0001353	
	Genel	101	0.1095853		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Taneleme yüzdesi değerleri ve LSD gruplandırması yıllara ve konulara göre Çizelge 4.30'da gösterilmiştir. İki yıllık ortalama verilere göre, en yüksek taneleme yüzdesi (0.89) FT, $V_{25}FT$ ve VFT_{50} konularından, en düşük (0.78) ise yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konusundan elde edilmiştir. $VF_{50}T$, VFT_{75} ve VFT_{25}

konularından hesaplanan taneleme yüzdesi (0.88) ikinci grupta yer alırken, VF₂₅T konusu için belirlenen taneleme yüzdesi (0.87) üçüncü grupta yer almıştır. Taneleme yüzdesi yönüyle deneme konularının çoğu (VF, VT, VFT, V₇₅FT ve V₅₀FT) dördüncü grupta yoğunlaşmıştır. Bundan sonraki sıralama ise VF₇₅T, F ve V biçiminde gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, toplam üç gelişme dönemi içerisinde, herhangi iki farklı dönemde yapılan kısıntılar taneleme yüzdesini düşürürken, her üç dönemde de sulamaların tam veya kısmen kısıntılı yapılması, taneleme yüzdesini artırmaktadır. Çalışmadan elde edilen taneleme yüzdesi, Dok (2005) 0.78–0.82 ve Okay (2006) 0.81–0.83 tarafından bildirilen değerler ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.30. Taneleme Yüzdesi Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama	
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama		
K	0.82	0.80	0.81	0.81 f	0.81	0.78	0.76	0.78 f	0.80 f	
V	0.82	0.83	0.82	0.82 ef	0.84	0.83	0.81	0.83 e	0.82 e	
F	0.82	0.83	0.84	0.83 de	0.83	0.84	0.85	0.84 de	0.83 de	
T	0.78	0.77	0.79	0.78 g	0.79	0.75	0.79	0.78 f	0.78 g	
VF	0.84	0.85	0.86	0.85 c	0.85	0.87	0.86	0.86 b-d	0.85 c	
VT	0.85	0.84	0.84	0.84 cd	0.85	0.85	0.85	0.85 c-e	0.85 c	
FT	0.87	0.88	0.89	0.88 ab	0.89	0.90	0.88	0.89 a	0.89 a	
VFT	0.84	0.85	0.85	0.85 c	0.83	0.86	0.84	0.84 de	0.85 c	
V ₇₅ FT	0.85	0.85	0.85	0.85 c	0.85	0.86	0.85	0.85 c-e	0.85 c	
V ₅₀ FT	0.84	0.84	0.85	0.84 cd	0.85	0.84	0.85	0.85 c-e	0.85 c	
V ₂₅ FT	0.89	0.88	0.90	0.89 a	0.89	0.87	0.89	0.88 ab	0.89 a	
VF ₇₅ T	0.85	0.84	0.83	0.84 cd	0.86	0.83	0.84	0.85 c-e	0.84 cd	
VF ₅₀ T	0.88	0.89	0.88	0.88 ab	0.89	0.87	0.88	0.88 ab	0.88 ab	
VF ₂₅ T	0.87	0.87	0.87	0.87 b	0.88	0.86	0.86	0.87 a-c	0.87 b	
VFT ₇₅	0.90	0.87	0.89	0.89 a	0.90	0.86	0.86	0.87 a-c	0.88 ab	
VFT ₅₀	0.89	0.88	0.89	0.89 a	0.89	0.90	0.88	0.89 a	0.89 a	
VFT ₂₅	0.88	0.88	0.89	0.88 ab	0.87	0.89	0.90	0.89 a	0.88 ab	
Ortalama				0.85	Ortalama				0.85	0.85
LSD (%5)				0.01331	0.02352				0.01339	

4.17. Hasat İndeksi

Tane veriminin toprak üstü kuru madde verimine oranı olarak bilinen hasat indeksi değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Her iki deneme yılında ve birleştirilmiş verilere göre, konular arasındaki hasat indeksi değerleri arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Ayrıca,

birleştirilmiş verilere göre yıllar ve yıl x konu interaksiyonları arasındaki farklılıklar da %1 olasılık düzeyinde önemlidir. Denemenin ikinci yılında elde edilen veriler, birince yıla göre daha yüksektir ve yıllar arasındaki farklılığın, kuru madde verimi ve tane verimi arasındaki değerlerin değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.31. Hasat İndeksi Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	0.000478	0.000239	1.32
	Konular	16	0.307654	0.019228	106.55**
	Hata	32	0.005775	0.000180	
	Genel	50	0.313907		
2009	Bloklar	2	0.001281	0.000641	1.48
	Konular	16	0.262735	0.016421	37.90**
	Hata	32	0.013863	0.000433	
	Genel	50	0.277880		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	0.001651	0.000825	2.76
	Yıllar	1	0.207541	0.207541	693.68**
	Konular	16	0.497983	0.031124	104.03**
	Yıl x Konu	16	0.072406	0.004525	15.13**
	Hata	64	0.019746	0.000299	
	Genel	101	0.799328		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemenin ilk yılında hasat indeksi değerleri 0.359 ile 0.607, ikinci yılında ise 0.480 ile 0.770 arasında değişmiştir. Denemenin ilk yılında $V_{75}FT$ ve VFT_{25} konularından elde edilen hasat indeksi (0.607) birinci grupta, yalnızca bir gelişme döneminde sulama yapılan V ve F konuları ile susuz konu (K) sekizinci grubu paylaşmış, yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konusu ise son grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında ise yalnızca vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde sulama yapılan VF konusu için hesaplanan hasat indeksi (0.770) birinci grupta, susuz konu (0.480) son sırada yer almıştır (Çizelge 4.32).

Gençoğlan ve Yazar (1999), hasat indeksi değerlerinin 0.2–0.48 arasında değiştiğini ve gelişme dönemi boyunca su kısıntısı arttıkça, hasat indeksi değerlerinde belli bir oranda azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Howell ve ark. (1995) Bushland'da yaptıkları çalışmada hasat indeksi değerlerinin 0.34–0.58 arasında, Deloughery ve Crookston (1979), farklı çevre koşullarında hasat indeksinin 0.32 olduğunu, ancak maksimum hasat indeksinin ise 0.50 olduğunu, Lorens ve ark. (1987) ise Florida'nın kuzeyinde bu değerlerin 0.45–0.48 arasında değiştiğini saptamışlardır. Yazar ve ark. (2002) 0.25–0.34 arasında değişen oranlarda hasat indeksi elde etmişlerdir.

Araştırmacılar, damla sulama yönteminde sulanan mısır bitkisi için en yüksek hasat indeksinin 6 gün sulama aralığında topraktaki eksik suyun tam karşılanması koşulunda elde edildiğini belirlemişlerdir. Okay (2006) hasat indeksi değerlerinin 0.20–0.32 arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu çalışmadan elde edilen hasat indeksi değerleri, anılan araştırmacıların yaptıkları çalışmaları ile karşılaştırıldığında görece daha yüksektir. Bunun, çeşidin özelliğine bağlı olarak elde edilen tane verimleri ile kuru madde verimleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmadan ve daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilere göre hasat indeksinin, farklı dönemlerde yapılan su kısıntıları, sulama sıklığı ve su uygulama düzeyinden, ayrıca çeşit farklılığı ve çevre koşullarından etkilendiği söylenebilir.

Çizelge 4.32. Hasat İndeksi (boyutsuz) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	0.412	0.417	0.408	0.412 g	0.430	0.494	0.515	0.480 g	0.446 h
V	0.414	0.440	0.429	0.427 g	0.523	0.517	0.483	0.507 fg	0.467 g
F	0.419	0.433	0.423	0.425 g	0.666	0.599	0.664	0.643 c-e	0.534 e
T	0.370	0.349	0.359	0.359 h	0.549	0.532	0.528	0.536 f	0.448 h
VF	0.589	0.595	0.592	0.592 a-c	0.755	0.797	0.759	0.770 a	0.681 a
VT	0.482	0.477	0.461	0.473 f	0.518	0.502	0.509	0.510 fg	0.491 f
FT	0.576	0.570	0.608	0.585 a-c	0.649	0.679	0.679	0.669 bc	0.627 b
VFT	0.583	0.633	0.586	0.601 ab	0.659	0.678	0.630	0.655 cd	0.628 b
V ₇₅ FT	0.603	0.608	0.609	0.607 a	0.616	0.655	0.663	0.645 c-e	0.626 b
V ₅₀ FT	0.578	0.586	0.559	0.574 cd	0.639	0.654	0.658	0.650 c-e	0.612 c
V ₂₅ FT	0.548	0.559	0.579	0.562 d	0.686	0.715	0.688	0.697 b	0.629 b
VF ₇₅ T	0.574	0.582	0.597	0.584 b-d	0.642	0.625	0.623	0.630 de	0.607 c
VF ₅₀ T	0.523	0.534	0.528	0.528 e	0.595	0.622	0.626	0.615 e	0.571 d
VF ₂₅ T	0.537	0.517	0.515	0.523 e	0.597	0.641	0.629	0.622 e	0.573 d
VFT ₇₅	0.568	0.582	0.592	0.581 b-d	0.626	0.634	0.631	0.631 de	0.606 c
VFT ₅₀	0.580	0.606	0.561	0.582 b-d	0.657	0.665	0.641	0.654 c-e	0.618 bc
VFT ₂₅	0.607	0.602	0.611	0.607 a	0.641	0.647	0.641	0.643 c-e	0.625 b
Ortalama				0.531 b	Ortalama			0.621 a	0.576
LSD (%5)	0.02231				0.03461				0.01993

4.18. Koçan Boyu

Koçan boyu, koçanda tane sayısını doğrudan etkilemesi nedeniyle, tane verimi üzerindeki en önemli verim bileşenlerinden birisidir.

Deneme yıllarına ilişkin koçan boyu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33'de, koçan boyu değerleri ile grupları ise Çizelge 4.34'de verilmiştir. Çizelge 4.33'e göre, deneme konularının koçan boyu değerleri arasındaki farklılık, hem tek yılarda hem de iki yıllık verilere göre %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Diğer taraftan yıllar arasındaki farklılık da %1 olasılık düzeyinde önemli çıkmıştır. Araştırmanın ikinci yılında elde edilen koçan boyu değerleri, ilk yıla göre birkaç konu dışında görece daha yüksektir.

Çizelge 4.33. Koçan Boyu Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	1.0227	0.5114	0.96
	Konular	16	82.6404	5.1650	9.69**
	Hata	32	17.0573	0.5330	
	Genel	50	100.7204		
2009	Bloklar	2	3.6318	1.8159	3.99
	Konular	16	119.7718	7.4857	16.47**
	Hata	32	14.5482	0.4546	
	Genel	50	137.9518		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	4.2543	2.1272	4.39
	Yıllar	1	3.8825	3.8825	8.01**
	Konular	16	194.9196	12.1825	25.12**
	Yıl x Konu	16	7.4925	0.4683	0.97
	Hata	64	32.0057	0.4849	
Genel	101	242.5546			

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Denemenin ilk yılında koçan boyu değerleri 16.9–21.8 cm, ikinci yılında ise 16.0–22.0 cm arasında değişmiştir (Çizelge 4.34). Araştırmanın ilk yılında toplam 16 farklı grup oluşmuş olup, en yüksek koçan boyu VFT₇₅ konusundan, en düşük ise susuz konudan elde edilirken, ikinci yılında ise VFT, V₅₀FT, VF₇₅T, VFT₇₅ ve VFT₅₀ konuları birinci grubu paylaşmışlar, susuz konu ise son grupta yer almıştır. İki yıllık ortalama sonuçlara göre, sulamaların tam olarak yapıldığı VFT konusu ile yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 oranında sulama suyu kısıntısı uygulanan VFT₇₅ konusu birinci grupta yer almıştır. Buna göre tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 su kısıntısının koçan boyu üzerinde olumsuz etkisi yoktur. Yalnızca bir fenolojik gelişme döneminde sulama yapılması ise koçan boylarını azaltmıştır. Ul (1990), 20.0 ile 38.1 cm, Gençoğlan (1996) 11.6–20.8 cm, Turgut ve ark. (1999) 17.1–21.7 cm, Turgut (2000) 16.9–20.3 cm, İstanbulluoğlu ve ark. (2002) 16.4–20.5, Kara ve Akman (2005) 18.1–21.3 cm, Okay (2006) 19.1–21.5 cm ve Çarpıcı (2009) 9.0–23.6 cm arasında değişen koçan boyları elde etmişlerdir. Ul (1990), tane bağlama dönemine

kadar sulamaların tam olarak yapılması, bundan sonra ise yapılmamasının koçan boyunu azaltmadığını, özellikle çiçeklenme döneminde yapılan sulamaların koçan boyunu arttırdığını belirlemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular, anılan araştırmacıların bulgularıyla uyum içerisindedir.

Çizelge 4.34. Koçan Boyu (cm) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	17.2	17.3	16.2	16.9 h	14.8	17.0	16.2	16.0 g	16.4 i
V	18.8	19.2	18.8	18.9 fg	17.5	19.3	19.0	18.6 f	18.8 gh
F	18.3	20.3	19.5	19.4 ef	19.4	19.0	19.7	19.4 d-f	19.4 fg
T	18.4	18.3	17.5	18.1 gh	18.8	18.5	19.4	18.9 ef	18.5 h
VF	21.6	20.5	22.8	21.6 ab	22.1	20.5	21.3	21.3 ab	21.4 ab
VT	19.0	20.4	19.4	19.6 d-f	19.0	20.6	20.0	19.9 c-e	19.7 ef
FT	19.7	19.9	18.8	19.5 ef	20.4	20.6	18.9	20.0 c-e	19.7 ef
VFT	21.1	22.7	20.9	21.6 ab	21.5	22.7	21.9	22.0 a	21.8 a
V ₇₅ FT	21.6	20.2	21.6	21.1 a-c	21.2	22.3	20.7	21.4 ab	21.3 ab
V ₅₀ FT	20.8	20.8	21.9	21.2 a-c	21.6	21.9	21.8	21.8 a	21.5 ab
V ₂₅ FT	19.6	19.9	19.8	19.7 d-f	21.1	20.9	21.1	21.0 a-c	20.4 c-e
VF ₇₅ T	19.0	21.8	20.9	20.6 a-e	20.7	22.3	22.0	21.7 a	21.1 a-c
VF ₅₀ T	20.6	20.2	20.1	20.3 c-e	20.3	22.0	21.4	21.2 ab	20.8 b-d
VF ₂₅ T	20.1	20.0	19.9	20.0 c-f	20.5	20.8	19.7	20.3 b-d	20.2 d-f
VFT ₇₅	22.5	21.7	21.3	21.8 a	22.6	22.1	21.5	22.0 a	21.9 a
VFT ₅₀	20.1	21.5	20.7	20.8 a-d	21.2	22.1	21.6	21.6 a	21.2 a-c
VFT ₂₅	20.8	20.1	20.3	20.4 b-e	21.2	21.8	19.8	20.9 a-c	20.7 b-d
Ortalama				20.1 b	Ortalama			20.5 a	20.3
LSD (%5)	1.214				1.121				0.8027

4.19. Koçan Çapı

Araştırmadan elde edilen koçan çapı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35, deneme konularına göre koçan çapı (cm) değerleri ile LSD grupları ise Çizelge 4.36'da verilmiştir. Varyans analiz çizelgesine göre, koçan çapı değerleri %1 olasılık düzeyinde konulara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar hem teksele yıllarda hem de birleştirilmiş verilere göre gözlenmektedir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar da %1 olasılık düzeyinde önemlidir. Denemenin ikinci yılında konular arasındaki farklılıklar ilk yıla oranla daha düşüktür. Denemenin ilk yılında toplam 12 ayrı grup oluşurken, ikinci yılında toplam 5 ayrı grup oluşmuştur. Göreceli olarak denemenin ikinci yılında elde edilen koçan çapı değerleri daha yüksektir.

Denemenin ilk yılında, en yüksek koçan çapı (5.30 cm) VFT ile VFT₇₅ konusundan, en düşük (4.35 cm) susuz konudan elde edilmiştir. Diğer taraftan, 2009 yılında birinci grupta 5 konu (VFT, V₇₅FT, V₅₀FT, VFT₇₅ ve VFT₅₀) yer almış ve en yüksek koçan çapı değerleri 5.28–5.33 cm arasında değişmiş, en düşük koçan çapı (4.56 cm) ise yine susuz konudan elde edilmiştir. Bununla birlikte iki yıllık ortalama sonuçlara göre, en yüksek koçan çapı aynı grupta yer alan VFT ile VFT₇₅ konularında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, sulamaların tam olarak yapılması veya yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde kısıntıya gidilmesi durumunda koçan çapı değerleri yüksek, diğer fenolojik gelişme dönemlerinde sulama yapılmaması veya kısıntıya gidilmesi durumunda daha düşük değerler elde edileceği belirlenmiştir.

Çizelge 4.35. Koçan Çapı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	0.22777	0.11388	3.95
	Konular	16	2.61427	0.16339	5.67**
	Hata	32	0.92256	0.02883	
	Genel	50	3.76460		
2009	Bloklar	2	0.28160	0.14080	4.60
	Konular	16	2.07133	0.12946	4.23**
	Hata	32	0.98033	0.03064	
	Genel	50	3.33326		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	0.49761	0.24881	8.58
	Yıllar	1	0.70667	0.70667	24.36**
	Konular	16	4.36305	0.27269	9.40**
	Yıl x Konu	16	0.32255	0.02016	0.69
	Hata	64	1.91465	0.02901	
Genel	101	7.80453			

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Benzer bir çalışmada Ul (1990), 3.42–5.62 cm arasında değişen koçan çapları elde etmiş, sulama sayısının azalması halinde koçan çaplarının azaldığını, bunun yanında sulama zamanının da önemli olduğunu vurgulamıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular bu görüşü destekler niteliktedir. Gençoğlu (1996) en düşük koçan çapını sulama yapılmayan konudan 4.70 cm, tam sulama konusundan ise 4.91 cm olarak belirlemiş, uygulanan su kısıntılarının kısmen de olsa koçan çaplarını düşürdüğünü belirlemiştir. Yılmaz ve ark. (2005b), susuz konudan 4.79–4.81 cm, tam su uygulaması altında ise 5.26–5.33 cm arasında değişen koçan çapları elde etmiştir. Okay (2006), en düşük koçan çapını, tüm bitki gelişme dönemlerinde sulanmayan parselden 5.00 cm olarak, en yüksek ise 5.2 cm ile tüm gelişme dönemlerinde sulanan parsellerden elde

etmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular söz konusu araştırmacıların elde ettikleri değerlere yakındır.

Çizelge 4.36. Koçan Çapı (cm) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	4.20	4.81	4.03	4.35 f	4.01	4.91	4.77	4.56 d	4.46 f
V	4.46	5.22	4.28	4.65 e	4.23	4.96	4.97	4.72 cd	4.68 e
F	4.90	4.78	4.77	4.82 c-e	4.93	5.41	5.16	5.17 ab	4.99 cd
T	4.67	4.92	4.83	4.81 de	5.05	4.94	4.96	4.98 bc	4.90 d
VF	4.91	4.95	5.14	5.00 b-d	5.12	5.07	5.19	5.13 ab	5.06 b-d
VT	5.01	5.00	5.00	5.00 b-d	5.04	5.26	4.94	5.08 ab	5.04 b-d
FT	4.89	4.92	4.66	4.82 c-e	5.18	5.38	4.93	5.16 ab	4.99 cd
VFT	5.20	5.37	5.32	5.30 a	5.29	5.45	5.18	5.31 a	5.30 a
V ₇₅ FT	4.94	5.23	4.98	5.05 a-d	5.21	5.42	5.21	5.28 a	5.17 a-c
V ₅₀ FT	4.98	5.19	5.12	5.09 a-d	5.32	5.36	5.21	5.30 a	5.20 ab
V ₂₅ FT	4.80	4.77	4.98	4.85 b-e	5.20	5.16	5.20	5.19 ab	5.02 b-d
VF ₇₅ T	5.05	5.16	5.11	5.11 ab	5.10	5.22	5.24	5.19 ab	5.15 a-c
VF ₅₀ T	4.98	5.21	5.12	5.10 a-c	5.20	5.15	5.22	5.19 ab	5.15 a-c
VF ₂₅ T	5.02	5.13	5.02	5.06 a-d	5.16	5.10	4.94	5.07 ab	5.06 b-d
VFT ₇₅	5.33	5.38	5.18	5.30 a	5.29	5.41	5.29	5.33 a	5.31 a
VFT ₅₀	5.14	5.04	5.10	5.09 a-d	5.20	5.37	5.35	5.31 a	5.20 ab
VFT ₂₅	4.91	4.86	5.06	4.94 b-d	5.22	5.25	5.19	5.22 ab	5.08 b-d
Ortalama				4.96 b	Ortalama			5.13 a	5.04
LSD (%5)				0.2824	0.2911			0.1963	

4.20. İlk Koçan Yüksekliği

İlk koçan yüksekliği, makineli hasat yönüyle önem taşıyan bir göstergedir. İlk koçan yüksekliğine ilişkin denemelerden elde edilen varyans analizi sonuçları Çizelge 4.37'de, LSD grupları ise Çizelge 4.38'de verilmiştir. Çizelge 4.37'ye göre ilk koçan yüksekliği değerlerinin deneme konularına göre farklılıkları teksele yıllarda ve birleştirilmiş verilere göre %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar da istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.01$). Yapılan LSD gruplandırmasına göre, 2008 yılında 7 ayrı grup (VFT₇₅ birinci, VFT ikinci, VFT₅₀ üçüncü, VFT₂₅, V, VF₅₀T, VT, V₇₅FT, VF₂₅T, VF ve VF₇₅T dördüncü, V₅₀FT beşinci, V₂₅FT altıncı, FT, F, T ve K yedinci grup), 2009 yılında 8 ayrı grup (VFT₇₅ ve VFT birinci, VF₅₀T ikinci, VFT₅₀, VF₇₅T, V, V₇₅FT, V₅₀FT ve VFT₂₅ üçüncü, VF ve VT dördüncü, VF₂₅T beşinci, V₂₅FT altıncı, FT, F ve T yedinci, K sekizinci grup)

oluşturmuştur. Denemenin ilk yılındaki ilk koçan yüksekliği değerleri 112.7–174.0 cm arasında, denemenin ikinci yılında ise 113.9–171.3 cm arasında değişmektedir. En büyük ilk koçan yüksekliği, (174 cm) 2008 yılında VFT₇₅ konusundan, 2009 yılında ise VFT (171.3 cm) konusundan, en düşük ise her iki deneme yılında da susuz konudan (112.7–113.9 cm) elde edilmiştir. Tam olarak sulanan veya yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde sulama suyu kısıntısı yapılan konulardan elde edilen ilk koçan yüksekliği değerleri görece yüksek olurken, özellikle vejetatif gelişme döneminde yapılan sulama suyu kısıntılarının, ilk koçan yüksekliğini azalttığı söylenebilir (Çizelge 4.38). Makineli hasat için önem taşıyan ilk koçan yüksekliği değerinin genelde 1 m'nin altına düşmemesi istenir (Kapar ve Öz 2006). Elde edilen sonuçlara göre, tüm deneme konularından elde edilen ilk koçan yüksekliği değerleri 1 m'nin üzerindedir.

Çizelge 4.37. İlk Koçan Yüksekliği Varyans Analizi Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	56.5	28.2	1.07
	Konular	16	21414.0	1338.4	50.62**
	Hata	32	846.0	26.4	
	Genel	50	22316.5		
2009	Bloklar	2	142.43	71.22	2.80
	Konular	16	15961.63	997.60	39.17**
	Hata	32	815.09	25.47	
	Genel	50	16919.15		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	188.9	94.5	3.73
	Yıllar	1	624.1	624.1	24.65**
	Konular	16	36763.1	2297.7	90.75**
	Yıl x Konu	16	612.5	38.3	1.51
	Hata	64	1671.1	25.3	
	Genel	101	39859.8		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Okay (2006), 108.3–125.4 cm arasında değişen ilk koçan yüksekliği değerleri elde etmiş, farklı sulama programlarına göre değerlerin değişebileceğini ve özellikle vejetatif gelişme döneminde yapılan sulamaların koçanın yerden yüksekliği üzerinde olumlu bir etki yaptığını belirlemiştir. Çarpıcı (2009), Bursa koşullarında yetiştirilen silajlık mısırın ilk koçan yüksekliklerini 116.2–167.0 cm arasında ölçmüş, bu değerlerin farklı azot dozları ve bitki yoğunluklarında değişebileceğini belirlemiştir. Bu çalışmadan elde edilen koçan yüksekliği değerleri, yukarıda anılan araştırmacıların bulgularıyla paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.38. İlk Koçan Yüksekliği (cm) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	115.5	114.5	108.2	112.7 f	114.3	120.8	110.0	115.0 f	113.9 g
V	160.8	165.2	165.0	163.7 cd	167.3	161.8	167.2	165.4 a-c	164.5 b-d
F	119.8	118.6	113.3	117.2 f	121.7	139.2	127.0	129.3 e	123.3 f
T	105.4	116.0	118.3	113.2 f	128.2	123.8	120.4	124.1 e	118.7 fg
VF	164.8	150.0	157.5	157.4 cd	155.5	161.6	168.6	161.9 bc	159.7 cd
VT	162.4	160.8	156.3	159.9 cd	155.5	172.0	156.0	161.2 bc	160.5 b-d
FT	113.0	132.4	111.0	118.8 f	126.9	135.0	127.2	129.7 e	124.3 f
VFT	177.6	172.7	170.0	173.4 ab	162.8	178.0	173.0	171.3 a	172.4 a
V ₇₅ FT	150.2	167.3	159.7	159.1 cd	164.9	165.0	166.0	165.3 a-c	162.2 b-d
V ₅₀ FT	156.5	154.8	157.1	156.1 d	161.3	168.4	165.0	164.9 a-c	160.5 b-d
V ₂₅ FT	142.3	139.0	137.6	139.7 e	156.7	145.0	151.8	151.2 d	145.4 e
VF ₇₅ T	153.4	159.6	159.1	157.4 cd	168.0	170.0	158.8	165.6 a-c	161.5 b-d
VF ₅₀ T	159.8	159.0	162.9	160.6 cd	163.7	173.8	170.0	169.2 ab	164.9 bc
VF ₂₅ T	155.5	161.8	158.1	158.5 cd	160.1	159.4	157.8	159.1 cd	158.8 d
VFT ₇₅	171.6	170.8	179.7	174.0 a	168.3	171.0	172.0	170.4 a	172.2 a
VFT ₅₀	161.4	169.7	163.8	165.0 bc	165.9	162.6	170.6	166.4 a-c	165.7 b
VFT ₂₅	163.5	163.1	165.4	164.0 cd	164.4	165.8	164.0	164.7 a-c	164.4 b-d
Ortalama				150.0 b	Ortalama			155.0 a	152.5
LSD (%5)	8.545				8.394				5.798

4.21. Koçanda Sıra Sayısı

Potansiyel mısır verimi; koçanda sıra sayısı, sırada tane sayısı ve tane ağırlığı üzerinden belirlenebilmektedir (Jacobs ve Pearson 1991). Bu yönüyle koçanda sıra sayısı önemli bir verim bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Deneme konularından elde edilen koçanda sıra sayısı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39, LSD grupları Çizelge 4.40'da verilmiştir. Varyans analizi çizelgesine göre, koçanda sıra sayısı yönüyle deneme konuları arasındaki farklılıklar ile yıl x konu ilişkisi arasındaki farklılıklar %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Koçanda sıra sayısı değerleri 2008 yılında 13.1–13.9 adet arasında değişirken 2009 yılında 13.0–14.2 adet arasında değişmiştir. Söz konusu değerler ortalama olmakla beraber, aslında tüm mısır koçanları çift sıraya sahiptir ve bu çalışmada koçan başına 12–18 adet arasında değiştikleri gözlenmiştir.

Çizelge 4.39. Koçanda Sıra Sayısı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	0.02863	0.01431	0.42
	Konular	16	3.14078	0.19630	5.72**
	Hata	32	1.09804	0.03431	
	Genel	50	4.26745		
2009	Bloklar	2	0.21529	0.10765	4.89
	Konular	16	5.61294	0.35081	15.93**
	Hata	32	0.70471	0.02202	
	Genel	50	6.53294		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	0.12490	0.06245	2.14
	Yıllar	1	0.09422	0.09422	3.24
	Konular	16	7.39294	0.46206	15.87**
	Yıl x Konu	16	1.36078	0.08505	2.92**
	Hata	64	1.92176	0.02912	
	Genel	101	10.89461		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.40. Koçanda Sıra Sayısı (adet/koçan) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama	
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama		
K	13.1	13.2	13.1	13.1 e	13.0	13.2	12.8	13.0 g	13.1 h	
V	13.0	13.8	13.5	13.4 c-e	13.1	13.2	13.2	13.2 fg	13.3 g	
F	13.0	13.3	13.2	13.2 de	13.4	13.6	13.4	13.5 de	13.3 g	
T	13.2	13.0	13.2	13.1 e	13.3	13.0	13.0	13.1 g	13.1 h	
VF	13.7	14.0	14.0	13.9 a	14.0	14.0	14.1	14.0 ab	14.0 a	
VT	13.9	13.5	13.6	13.7 a-c	13.3	13.4	13.4	13.4 ef	13.5 ef	
FT	13.8	13.8	13.6	13.7 a-c	13.6	13.4	13.2	13.4 ef	13.6 de	
VFT	13.6	13.8	14.0	13.8 ab	14.0	14.0	13.9	14.0 ab	13.9 ab	
V ₇₅ FT	13.6	13.8	13.6	13.7 a-c	13.6	14.0	13.6	13.7 cd	13.7 cd	
V ₅₀ FT	13.9	14.0	13.7	13.9 a	13.6	13.7	13.6	13.6 de	13.8 bc	
V ₂₅ FT	13.4	13.4	13.8	13.5 b-d	13.8	13.8	14.0	13.9 bc	13.7 cd	
VF ₇₅ T	13.4	13.6	13.4	13.5 b-d	13.8	13.6	13.6	13.7 cd	13.6 de	
VF ₅₀ T	13.4	13.3	13.5	13.4 c-e	13.6	14.0	13.6	13.7 cd	13.6 de	
VF ₂₅ T	13.4	13.4	13.4	13.4 c-e	13.6	13.4	13.2	13.4 ef	13.4 fg	
VFT ₇₅	14.0	13.8	13.8	13.9 a	14.0	14.6	14.0	14.2 a	14.0 a	
VFT ₅₀	13.6	13.8	13.8	13.7 a-c	14.0	14.0	13.8	13.9 bc	13.8 bc	
VFT ₂₅	13.8	13.2	13.4	13.5 b-d	13.8	13.8	13.6	13.7 cd	13.6 de	
Ortalama				13.6	Ortalama				13.6	13.6
LSD (%5)				0.3081	0.2468				0.1967	

Teksel yıllarda ve birleştirilmiş verilere göre en fazla sıra sayısı VFT₇₅ konusundan elde edilmiştir. Diğer taraftan susuz konu ve yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konusundan ise en düşük sıra sayısı değerleri bulunmuştur. Gençtan

ve Uçkesen (2001) koçanda sıra sayısının 11.8–16.9 adet, Eşiyok ve ark. (2004) 15.6–17.6 adet, Okay (2006) 16.0–17.0 adet ve Çarpıcı (2009) 8.90–14.93 adet arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgular, söz konusu araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

4.22. Sırada Tane Sayısı

Sırada tane sayısı mısır verimiyle yakından ilişkili bir verim bileşenidir (Fischer ve Palmer 1984).

Deneme konularından elde edilen sırada tane sayısına ilişkin varyans analizi Çizelge 4.41, LSD sonuçları ise Çizelge 4.42'de verilmiştir. Varyans analizi çizelgesine göre, tekse yıllarda ve birleştirilmiş verilere göre konular arasında sırada tane sayısı değerleri arasında %1 olasılık düzeyinde istatistiksel yönden önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum, farklı sulama uygulamalarının sırada tane sayısını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Çizelge 4.41. Sırada Tane Sayısı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	2.055	1.027	0.92
	Konular	16	652.963	40.810	36.43**
	Hata	32	35.852	1.120	
	Genel	50	690.870		
2009	Bloklar	2	0.143	0.071	0.09
	Konular	16	564.970	35.311	42.25**
	Hata	32	26.744	0.836	
	Genel	50	591.857		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	1.043	0.521	0.54
	Yıllar	1	4.201	4.201	4.35
	Konular	16	1203.289	75.206	77.86**
	Yıl x Konu	16	14.644	0.915	0.95
	Hata	64	63.751	0.966	
	Genel	101	1286.928		

** 0.01 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.42'ye göre, tüm fenolojik gelişme dönemlerinde sulamaların tam olarak yapıldığı VFT konusundan en yüksek (48.3 adet/sıra) sırada tane sayısı elde edilmiştir. Bununla birlikte tane döneminde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları ile VFT konusu arasında önemli bir farklılık bulunmamış ve aynı grup içerisinde yer almışlardır. Diğer taraftan özellikle çiçeklenme dönemindeki su kısıntısı sırada tane

sayısını azaltmıştır. Koçan püskülü oluşumundan önce su kısıntısının yapılması koçan gelişimini olumsuz etkilerken, tozlanma dönemi sonrasındaki su kısıntıları tane sayısını azaltmıştır (Classen ve Shaw 1970, Fischer ve Palmer 1984). Frey (1982), koçan püskülü ve ilk tane doldurma dönemlerinde yapılan su kısıntılarının tane sayısını büyük oranda azalttığını belirlemiştir.

Çizelge 4.42. Sırada Tane Sayısı (adet/sıra) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	37.8	36.4	35.5	36.6 g	35.3	35.8	36.6	35.9 l	36.2 j
V	45.2	44.6	44.0	44.6 d-f	41.7	43.5	43.4	42.9 ij	43.7 fg
F	41.8	42.4	44.8	43.0 f	43.4	38.5	43.4	41.8 j	42.4 h
T	36.6	36.8	36.4	36.6 g	39.6	38.6	37.3	38.5 k	37.5 i
VF	48.6	48.4	48.3	48.4 a	48.0	48.1	47.7	47.9 ab	48.2 a
VT	44.7	45.3	40.9	43.6 ef	43.4	43.5	43.3	43.4 hi	43.5 gh
FT	44.7	44.5	44.8	44.7 d-f	43.9	43.8	44.2	44.0 g-i	44.3 e-g
VFT	48.0	49.5	47.7	48.4 a	47.8	48.4	48.2	48.1 a	48.3 a
V ₇₅ FT	47.8	47.7	48.2	47.9 ab	47.2	47.0	47.0	47.1 a-d	47.5 ab
V ₅₀ FT	43.9	48.2	47.4	46.5 bc	46.7	46.5	45.1	46.1 c-f	46.3 c
V ₂₅ FT	45.3	45.4	45.7	45.5 cd	45.3	45.3	46.2	45.6 d-f	45.5 cd
VF ₇₅ T	46.2	46.8	46.7	46.6 bc	46.7	46.5	46.3	46.5 b-e	46.5 bc
VF ₅₀ T	43.4	45.7	46.4	45.2 c-e	44.1	46.0	45.2	45.1 e-g	45.1 de
VF ₂₅ T	44.6	44.9	44.7	44.7 d-f	44.7	45.3	44.8	44.9 f-h	44.8 d-f
VFT ₇₅	48.6	48.3	48.2	48.4 a	47.4	48.2	48.2	47.9 ab	48.2 a
VFT ₅₀	48.2	48.6	48.4	48.4 a	47.2	47.4	47.8	47.5 a-c	47.9 a
VFT ₂₅	48.2	48.3	48.2	48.2 ab	47.2	47.4	46.9	47.2 a-c	47.7 a
Ortalama				45.1 a	Ortalama			44.7 b	44.9
LSD (%5)				1.760	1.521			1.133	

Vejetatif gelişme döneminde yapılan kısıntıların da tane sayısı üzerinde etkisi olmuş ve su kısıntısı ile birlikte sırada tane sayısında göreceli azalmalar olmuştur. En düşük sırada tane sayısı (36.2 adet/sıra) ise susuz konudan elde edilmiş ve bunu yalnızca tane döneminde sulama yapılan deneme konusu izlemiştir. Bu sonuçlara göre, sulama suyu kısıntısı arttıkça ve vejetatif ile çiçeklenme dönemlerinde sulama yapılmadığında, sırada tane sayısı değerleri düşmektedir. Pandey ve ark (2000a), vejetatif gelişme döneminde yapılan su kısıntısının potansiyel tane sayısı oluşumunda büyük bir öneme sahip olduğunu ve farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su ve azot kısıntılarının tane sayısını azalttığını rapor etmişlerdir. Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005) tane sayısının sık sulamalar ile açık karıklara göre kapalı karıklarda daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Okay (2006) sırada tane sayısını en düşük, tüm gelişme dönemlerinde sulanmayan konudan 36.7 adet/sıra, en yüksek ise tüm gelişme dönemlerinde sulamaların tam olarak yapıldığı deneme konusundan 40.3 adet/sıra olarak elde etmiştir. Diğer taraftan, sırada tane sayısını, Gençtan ve Uçkesen (2001) 18.7–40.5 adet/sıra, Eşiyok ve ark. (2004) 36.7–41.8 adet/sıra olarak belirlemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, bu araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlardan daha yüksektir. Bunun nedeninin, çeşitler arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.23. Bin Tane Ağırlığı

Tanenin ağırlık, dolgunluk, cılızlık durumu ve un verimi hakkında fikir vermesi bakımından önemli olan 1000 tane ağırlığı, tane içindeki unun asıl kaynağı olan endospermin niceliğine ilişkin bilgi edinmek amacıyla yapılmaktadır (Şehirli 2002). Deneme yıllarına ilişkin konulardan elde edilen 1000 tane ağırlığı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Bin Tane Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	91.3	45.6	2.31
	Konular	16	49705.5	3106.6	157.25**
	Hata	32	632.2	19.8	
	Genel	50	50428.9		
2009	Bloklar	2	394.0	197.0	2.37
	Konular	16	49603.0	3100.2	37.32**
	Hata	32	2658.0	83.1	
	Genel	50	52655.0		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	318.4	159.2	3.04
	Yıllar	1	525.9	525.9	10.04**
	Konular	16	97690.1	6105.6	116.57**
	Yıl x Konu	16	1618.3	101.1	1.93*
	Hata	64	3457.1	52.4	
	Genel	101	103609.8		

** , * Sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeylerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.43'e göre, her iki deneme yılında konular arasında 1000 tane ağırlığı yönüyle %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca, birleştirilmiş verilere göre de yıllar ve konular için %1, yıl x konu interaksyonu için %5 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar elde edilmiştir.

Denemelerden elde edilen 1000 tane ağırlığı değerleri ve LSD grupları Çizelge 4.44'de sunulmuştur.

Çizelge 4.44. Bin Tane Ağırlığı (g) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	441.0	439.2	445.6	441.9 i	442.6	450.8	441.5	445.0 e	443.4 h
V	457.9	453.5	449.6	453.7 h	445.7	467.0	435.0	449.2 de	451.5 gh
F	441.8	438.8	446.6	442.4 i	438.6	471.0	483.3	464.3 d	453.3 g
T	436.4	452.5	443.0	444.0 i	448.4	438.2	441.2	442.6 e	443.3 h
VF	511.8	511.1	513.4	512.1 d-f	514.2	517.0	514.0	515.1 bc	513.6 d-f
VT	505.8	508.4	515.4	509.9 ef	506.2	510.7	512.5	509.8 c	509.8 ef
FT	503.5	507.6	508.8	506.6 fg	499.1	519.6	509.5	509.4 c	508.0 f
VFT	525.7	533.7	525.8	528.4 ab	536.4	538.7	524.1	533.1 a	530.7 a
V ₇₅ FT	518.8	525.1	519.8	521.2 bc	519.9	534.2	521.3	525.1 ab	523.2 a-c
V ₅₀ FT	519.8	517.9	519.2	519.0 cd	519.5	522.1	514.9	518.8 a-c	518.9 cd
V ₂₅ FT	518.4	518.7	522.2	519.8 c	515.2	523.4	524.1	520.9 a-c	520.3 b-d
VF ₇₅ T	512.8	520.8	526.5	520.0 c	527.7	528.8	522.4	526.3 ab	523.2 a-c
VF ₅₀ T	512.1	520.0	516.4	516.2 c-e	526.3	513.3	517.8	519.1 a-c	517.7 c-e
VF ₂₅ T	503.7	494.7	508.0	502.1 g	529.2	539.1	522.5	530.2 ab	516.2 c-f
VFT ₇₅	533.4	523.8	528.9	528.7 a	519.3	531.4	532.1	527.6 ab	528.2 ab
VFT ₅₀	524.3	521.2	520.5	522.0 a-c	529.5	518.5	530.9	526.3 ab	524.1 a-c
VFT ₂₅	512.4	516.2	525.4	518.0 cd	508.4	518.1	534.3	520.3 a-c	519.1 cd
Ortalama				500.3 b	Ortalama			504.9 a	502.6
LSD (%5)	7.401				15.16				8.344

Denemenin ilk yılında, en yüksek 1000 tane ağırlığı (528.7 g) VFT₇₅ konusundan, en düşük (441.9 g) ise K konusundan elde edilmiştir (Çizelge 4.44). Bununla birlikte F ve T konularından elde edilen 1000 tane ağırlıkları da K konusu ile beraber son grupta yer almıştır. Diğer taraftan denemenin ikinci yılında, en yüksek 1000 tane ağırlığı (533.1 g) VFT konusundan, en düşük (442.6 g) ise T konusundan elde edilmiştir. Aynı zamanda K konusundan ölçülen 1000 tane ağırlığı (445.0 g) T konusuyla son grupta yer almıştır. İki yıllık ortalama verilere göre, 1000 tane ağırlığı değerleri 443.3–530.7 g arasında değişmektedir. Çizelge 4.44'e göre, belirli gelişme dönemlerinde yüzdesel biçimde uygulanan kısıntıların oranı arttıkça, 1000 tane ağırlıkları düşmüş ancak çok büyük oranda farklılıklar gözlenmemiştir. Diğer taraftan V, F ve T gelişme dönemlerinde hiç sulama yapılmaması durumunda 1000 tane ağırlıklarının düştüğü gözlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça 1000 tane ağırlıkları da artmıştır. Benzer çalışmalarda bu sonucu doğrular nitelikte

bulgular elde edilmiştir. NeSmith ve Ritchie (1992), su kısıntısına bağlı olarak tane ağırlıklarının değişebileceğini, iyi sulama uygulamalarıyla, uygulanan döneme bağlı olarak tane boyutlarının artabileceğini belirlemiştir. Ul (1990), 224–284 g arasında değişen 1000 tane ağırlıkları elde etmiş, tane bağlama aşamasındaki sulamaların 1000 tane ağırlığını vurgulamış, sulama sayısından çok sulama zamanının tane ağırlığı üzerinde etkili olduğunu saptamıştır. Sepaskhah ve Khajehabdollahi (2005), sulama aralığı arttıkça 1000 tane ağırlığının azaldığını saptamış ve açık karıklara göre kapalı karıklarda daha yüksek değerler elde etmiştir.

Pandey ve ark. (2000a), kısıntılı sulama uygulamalarının tane ağırlığı üzerinde etkili olduğunu, kısıntı miktarı arttıkça tane ağırlığının da azaldığını rapor etmiş ve 1000 tane ağırlıklarının deneme konularına göre 152–222 g arasında değiştiğini belirlemiştir.

Karam ve ark. (2003), kısıntılı sulama uygulamaları altında tane ağırlıklarının %18 oranında azaldığını saptamışlardır.

Çakır (2004), süt olum döneminde yapılan sulamaların 1000 tane ağırlığını arttırdığını vurgulamış ve bu dönemlerde yapılan sulama uygulamalarıyla 257–283 g arasında değişen değerler elde etmiştir. Gündüz ve ark. (2008) 266.3–324.4 g, Mansori-Far (2010) 190–269 g arasında değişen miktarlarda 1000 tane ağırlığı elde etmişlerdir.

İstanbuluoğlu ve ark. (2002), 260–343 g arasında değişen miktarlarda 1000 tane ağırlığı elde etmişlerdir. En yüksek değeri tam sulama uygulamasından ölçmüşler ve çiçeklenme ile tane dönemlerindeki sulamaların bu verim bileşenini arttırdığını saptamışlardır. Bu artışın sulamayla beraber tane boyutlarındaki artışla ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, benzer bulgular, Kanber ve ark. (1990a), Ul (1990), Yıldırım (1993) ve Öğretir (1993) tarafından da rapor edilmiştir.

Yukarıda anılan araştırmacıların elde ettiği 1000 tane ağırlıkları, çalışmadan elde edilen bulgulardan göreceli olarak daha düşüktür. Söz konusu farklılığın nedenleri, mısır çeşitleri arasındaki genetik özellikler, toprak, iklim ve diğer kültürel uygulamalardaki farklılıklarla açıklanabilir. Bununla birlikte, Okay (2006) tarafından bildirilen değerler (501–602 g) ile çalışmadan elde edilen değerler, ayrıca benzer kısıntılı sulama programları altında saptanan bulgular genel olarak uyum içerisindedir. Diğer taraftan, Norwood ve Dumler (2002), bitki yoğunluğu, bitki çeşidi ve kısıntılı sulama uygulamaları ile bunların ortak uygulamalarının 1000 tane ağırlığını etkilediğini ve su kısıntısı arttıkça tane ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir.

4.24. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı, tanenin dolgunluğu konusunda bilgi vermesi yönünden aranan ve özellikle de tahıllar için dünya standartlarında sınıfları ayırmada esas olan, kalite ölçülerinden biridir (Şehirli 2002). Denemelerden elde edilen hektolitre ağırlığına ilişkin varyans analizi Çizelge 4.45'de verilmiştir. Çizelgeden izlenebileceği gibi, 2008 yılı verilerine göre konular arasındaki hektolitre değerleri arasındaki farklılık %5 olasılık düzeyinde, 2009 yılı verilerine göre ise %1 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Ayrıca her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde konular arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.45. Hektolitre Ağırlığı Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
2008	Bloklar	2	2.191	1.095	0.35
	Konular	16	87.826	5.489	1.73*
	Hata	32	101.549	3.173	
	Genel	50	191.566		
2009	Bloklar	2	0.490	0.245	0.42
	Konular	16	258.547	16.159	27.55**
	Hata	32	18.770	0.587	
	Genel	50	277.807		
2008 ve 2009 birlikte	Bloklar	4	2.373	1.187	0.65
	Yıllar	1	0.127	0.127	0.07
	Konular	16	321.001	20.063	10.98**
	Yıl x Konu	16	25.373	1.586	0.87
	Hata	64	120.627	1.828	
	Genel	101	459.501		

** , * Sırasıyla 0.01 ve 0.05 olasılık düzeylerinde istatistiksel olarak önemlidir.

Hektolitre ağırlığı değerleri ve LSD grupları Çizelge 4.46'da gösterilmiştir. Denemenin ilk yılında hektolitre ağırlığı en yüksek (77.5 kg/hl) sulamaların tam olarak yapıldığı VFT konusundan, en düşük (72.6 kg/hl) yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konudan elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise en yüksek hektolitre ağırlığı (77.8 kg/hl) VFT ve VFT₇₅ konularından, en düşük (68.4 kg/hl) ise yine T konusundan elde edilmiştir. İki yıllık ortalama verilere göre hektolitre ağırlığı değerleri 71.7–77.7 kg/hl arasında değişmiştir. Vartanlı ve Emekler (2007) 12 ayrı hibrit mısır çeşidinin hektolitre ağırlıklarının 65.43–73.53 kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Elde edilen verilere göre, farklı fenolojik gelişme dönemlerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının hektolitre ağırlığı değerlerini etkilediğini göstermektedir.

Çizelge 4.46'dan da görülebileceği gibi, kısıntı miktarı arttıkça hektolitreye ağırlığı değerlerinde azalmalar olmuştur. Özellikle vejetatif ve/veya çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama suyundaki kısıntılar hektolitreye ağırlığı değerlerini düşürmüştür.

Çizelge 4.46. Hektolitreye Ağırlığı (kg/hl) Değerleri ve Grupları

Sulama Konuları	2008 Yılı				2009 Yılı				İki Yıllık Ortalama
	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	I. Blok	II. Blok	III. Blok	Ortalama	
K	68.0	75.8	76.2	73.3 cd	69.9	70.8	70.2	69.9 d	71.8 f
V	72.9	77.0	73.2	74.4 b-d	73.8	72.7	74.2	73.8 c	74.0 e
F	73.5	77.1	74.5	75.0 a-d	74.5	74.8	74.5	74.5 c	74.8 de
T	72.0	74.3	71.5	72.6 d	68.4	72.4	71.5	68.4 e	71.7 f
VF	76.8	77.6	76.0	76.8 ab	77.3	77.6	77.6	77.3 ab	77.2 ab
VT	76.6	72.3	74.3	74.4 b-d	73.6	74.3	73.7	73.6 c	74.1 e
FT	77.4	77.0	75.3	76.6 ab	77.4	77.5	76.9	77.4 ab	76.9 a-c
VFT	77.3	76.7	78.6	77.5 a	77.8	77.7	78.2	77.8 a	77.7 a
V ₇₅ FT	76.4	76.4	76.7	76.5 ab	77.4	77.2	76.8	77.4 ab	76.8 a-c
V ₅₀ FT	76.8	76.0	75.9	76.2 a-c	76.9	76.9	76.4	76.9 ab	76.5 a-c
V ₂₅ FT	77.0	75.7	75.7	76.1 a-c	76.8	77.3	75.1	76.8 ab	76.3 a-d
VF ₇₅ T	78.3	74.4	76.9	76.5 ab	77.3	76.8	77.2	77.3 ab	76.8 a-c
VF ₅₀ T	76.9	75.6	74.9	75.8 a-c	77.1	76.4	75.2	77.1 ab	76.0 b-d
VF ₂₅ T	76.6	76.3	73.7	75.5 a-d	76.5	74.3	74.8	76.5 b	75.4 c-e
VFT ₇₅	77.3	75.7	78.4	77.1 ab	77.8	77.6	77.8	77.8 a	77.4 ab
VFT ₅₀	75.3	77.2	76.8	76.4 ab	76.7	77.2	77.1	76.7 ab	76.7 a-c
VFT ₂₅	76.8	77.0	75.2	76.3 ab	76.4	76.8	77.1	76.4 a	76.6 a-c
Ortalama				75.7	Ortalama			75.6	75.7
LSD (%5)				2.963	1.274			1.559	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yarı nemli bir iklim bölgesinde yer alan Bursa İli Mustafakemalpaşa İlçesi ekolojik koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini belirlemek, değişik fenolojik gelişme dönemlerinde damla sulama yöntemi altında gerçekleştirilen kısıntılı sulama uygulamalarına olan tepkisini araştırmak ve bu sonuçlara bağlı olarak alternatif sulama programlarını hazırlamak amacıyla, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2008 ve 2009 yıllarında yürütülen denemelerden elde edilen sonuçlara dayalı öneriler aşağıda sunulmuştur.

Denemenin ilk yılında sulama uygulamalarına ekimden 42 gün, ikinci yılında ise 39 gün sonra başlanmıştır. Vejetatif gelişme döneminin başlangıcından itibaren, herhangi bir gelişme döneminde sulama yapılmayan konular dışındaki tüm deneme konularına haftalık periyotlar halinde, vejetatif gelişme döneminde 3, çiçeklenme döneminde 3, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde 2 adet olmak üzere toplamda 8 kez sulama yapılmıştır. Üretim mevsimi içerisinde deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı 66–1018 mm arasında, konulardan elde edilen mevsimlik bitki su tüketimi ise 277–1164 mm arasında değişmiştir. En fazla bitki su tüketimi 378 mm ile çiçeklenme döneminde saptanmıştır.

Mısır bitkisinin, toprakta yeterli su bulunduğu koşullarda daha fazla su tükettiği, diğer taraftan toprak nem içeriği azaldıkça bitki su tüketiminde de azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu yönde yapılan regresyon analizi sonucunda, deneme konularına uygulanan sulama suyu (I) ile bitki su tüketimi (ET) arasında, 2008 yılında $I = -187.3 + 1.092 ET$ ($r^2=0.988$) ve 2009 yılında $I = -258.5 + 1.078 ET$ ($r^2 = 0.989$) olarak %1 olasılık düzeyinde önemli olan doğrusal ilişkiler bulunmuştur.

Kısıntılı sulamanın değişik uygulamalarının ele alındığı iki yıllık deneme sonuçlarından hem tane verimi ile uygulanan sulama suyu arasında, hem de tane verimiyle mevsimlik bitki su tüketimi arasında yüksek düzeyde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Buna göre, uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketimi artmış ve bunun paralelinde tane verimi artmıştır. Buradan, sulama suyunun yeterli olduğu koşullarda, su kısıntısına gidilmemesi sonucuna varılmıştır.

Fenolojik gelişme dönemlerinin tümünde topraktaki mevcut suyu tarla kapasitesine getirecek kadar sulama yapılması durumunda iki yıllık ortalama verilere göre, mısır bitkisine uygulanan sulama suyu 1007 mm, mevsimlik bitki su tüketimi 1133 mm ve tane verimi 2052 kg/da olarak bulunmuştur. Ancak, mevcut alanın sulanması yönünden su kaynağının yetersiz kaldığı veya mevcut su kaynağı ile daha fazla alanın

sulanması amaçlandığı durumlarda, birim sudan daha çok yararlanmak amacıyla kısıntılı sulama programlarının uygulanması gerekmektedir.

Bitki gelişme süresi içerisinde, herhangi bir gelişme döneminde veya dönemlerinde sulama suyu eksikliğinin yaratılması veya sulama yapılmaması biçiminde uygulanan kısıntılı sulama programlarında, bitki su tüketimi ve verimlerde büyük oranda değişiklikler meydana gelmiştir. Bu nedenle, mısır yetiştiriciliğinde optimum bir kısıntılı sulama programının uygulanabilmesi için söz konusu değişikliklerin çok iyi bir biçimde incelenmesi gerekmektedir.

Çimlenme dönemi dışında başka bir sulamanın yapılmadığı durumda, verimde normal sulama programına göre ortalama %62 düzeyinde azalma meydana gelmiştir. Bu oranının oldukça yüksek çıkması nedeniyle, bu bölgede mısır tarımında sulama yapmadan istenilen düzeyde verim elde etmek olanaksızdır.

Toplam gelişme dönemi içerisinde sulamanın, vejetatif, çiçeklenme veya tane oluşum ve olgunlaşma döneminde olmak üzere 1 kez yapılması durumunda, söz konusu uygulamalar içinde vejetatif ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemlerinde sulama suyu tasarrufu, çiçeklenme dönemine göre daha fazla iken, çiçeklenme döneminde yapılan sulamalardan alınan verim daha fazla olmuştur. Bununla birlikte tane verimine ilişkin en yüksek sulama suyu kullanım etkinliği 1.31 kg/m^3 ile vejetatif gelişme döneminde yapılan sulama konusundan elde edilmiş, ancak nem stresine en duyarlı dönemin çiçeklenme dönemi olduğu belirlenmiştir. Yalnız tane oluşum ve olgunlaşma döneminde yapılan sulamaların uygulamada pek bir yararı olmadığı görülmüştür. Buna göre, mısır bitkisinin gelişme süresi içerisinde, yalnızca bir gelişme dönemi içinde sulama yapma olanağı varsa, bunun tepe püskülü oluşumu başlangıcından itibaren çiçeklenme dönemi içerisinde verilmesinin daha doğru olduğu sonucuna varılmıştır. Söz konusu bu uygulamaya göre, mısırın toplam sulama suyu gereksinimi 514 mm, mevsimlik bitki su tüketimi 692 mm ve tane verimi 1299 kg/da olarak bulunmuştur.

Sulama suyu uygulamalarının toplam büyüme mevsimi içerisinde 2 farklı gelişme döneminde yapılması durumunda, tane verimine ilişkin en yüksek sulama suyu kullanım etkinliği 1.62 kg/m^3 ile vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulamalardan elde edilmiştir. Buna göre, mısırın iki gelişme dönemi içerisinde sulanma olanağı bulunduğu durumlarda birim sudan daha çok yararlanma yönüyle sulamaların, vejetatif ve çiçeklenme dönemleri içerisinde haftalık periyotlar halinde toplamda 6 kez sulanmasının en iyi uygulama olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sulama programı ile tam sulama programına göre verimin yalnızca %5 oranında azalmasına karşılık uygulanan

sulama suyundan %21 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Böylece tasarruf edilen su ile daha fazla alan sulamaya açılabilir veya su kaynağı diğer kültür bitkilerinin sulanmasında değerlendirilebilir. Söz konusu uygulamadan iki yıllık ortalama verilere göre, mısırın toplam sulama suyu gereksinimi 793 mm, mevsimlik su tüketimi 972 mm ve tane verimi ise 1953 kg/da'dır.

Sulama programı hazırlayan planlayıcılara daha fazla seçenek sunmak amacıyla, fenolojik gelişme dönemlerinin herhangi birinde, topraktaki mevcut suyu tarla kapasitesi düzeyine getirmek için gerekli olan sulama suyuna yüzdesel olarak kısıntılar uygulanmıştır. Genelde, herhangi bir gelişme döneminde uygulanan kısıntı miktarı arttıkça verimdeki azalma oranları da artmıştır. Söz konusu kısıntılara en duyarlı dönem çiçeklenme dönemi olmuştur. Bu dönem içerisinde %25 kısıntı yapıldığında normal sulama programına göre tane verimi %5, kısıntı oranı %50 olduğunda %13 ve kısıntı miktarı %75'e çıkarıldığında ise %20 azalmıştır. Diğer taraftan aynı oranlarda yapılan kısıntılardan en az etkilenen ise tane oluşum ve olgunlaşma dönemi olmuştur. Bu dönem içerisinde yukarıda belirtilen kısıntı oranlarına karşılık verim azalma oranları sırasıyla, %0.3, %4.6 ve %7.2 gibi çok düşük değerler olurken, sulama suyu tasarrufu değerleri ise sırasıyla %6, %10 ve %15 olarak gerçekleşmiştir. O halde, iki gelişme döneminde normal sulama programı uygulamak koşuluyla herhangi diğer gelişme döneminde kısıntıya gidilmesi gerektiği durumlarda, vejetatif ve çiçeklenme gelişim dönemlerinde sulamaların eksiksiz olarak yapıldığı, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde ise tercihe göre yüzdesel kısıntıların yapılabileceği uygulamalar, en ideal uygulamalardır. Özellikle bu dönem içerisinde %25 oranında kısıntı yapılması durumunda elde edilen tane verimi, tam sulama uygulanan konudan elde edilen tane verimine çok yakın bulunmuştur.

Denemenin yürütüldüğü yıllar için Stewart ve Jensen bitki nem stresi duyarlılık göstergelerinin (k_y ve λ) 0.37–0.35 ile 1.11–1.13 değiştiği belirlenmiştir. Çiçeklenme gelişim döneminde sulama yapılmayan deneme konusundan elde edilen verim etmenlerinin diğer gelişim aşamalarındakine oranla daha yüksek çıkması nedeniyle, topraktaki su eksikliğine en duyarlı dönemin çiçeklenme olduğu sonucuna varılmıştır. Bunu sırasıyla vejetatif gelişme ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemleri izlemiştir. Bu sonuç, mısır bitkisinin özellikle çiçeklenme aşamasında su eksikliği ile karşı karşıya bırakılmaması gerektiğini göstermektedir. Her iki yılın birleştirilmiş değerlerinden belirlenen verim etmeni ise $k_y=0.90$ olarak bulunmuştur.

Araştırmadan elde edilen diğer sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Sulama konularına göre belirlenmiş tane verimine ilişkin sulama suyu kullanım etkinliği ($IWUE_g$) susuz konu hariç $0.56-1.69 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmiştir. En yüksek $IWUE_g$, sulamaların vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde yapıldığı VF konusundan elde edilmiştir. Su kullanım etkinliği (WUE_g) değerleri, susuz konu dışında $1.73-2.02 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmiş olup, konular arasında çok büyük farklılıklar bulunmamıştır.

En yüksek yeşil ot verimi (10618 kg/da), sulamaların vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde tam olarak yapıldığı, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde ise %25 kısıntı yapılan VFT_{75} konusundan elde edilmiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yeşil ot verimlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan regresyon analizine göre, uygulanan sulama suyu (I) ile yeşil ot verimi arasında 2008 yılında, “Yeşil Ot Verimi = $4.3997 I + 5589.7$ ($R^2 = 0.82^{**}$)” ve 2009 yılında “Yeşil Ot Verimi = $4.9654 I + 5650.8$ ($R^2 = 0.84^{**}$)” biçiminde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, söz konusu çeşidin silajlık mısır olarak da değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ancak, silajlık mısırdaki aranılan diğer kalite parametrelerinin araştırılması gerekmektedir.

Vejetatif gelişme ve çiçeklenme gelişim dönemi içerisinde sulama yapılan deneme konularının kuru madde verimi, bu dönemlerde sulama yapılmayan veya kısıntı uygulanan diğer konulara oranla daha fazla olmuştur. Belirli bir fenolojik gelişme döneminde kısıntı uygulanan VFT_{75} konusundan elde edilen kuru madde verimi değerlerinin ekimden sonraki günlerdeki seyri, diğer kısıntı uygulanan konulara ve kısıntı değerlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. Hasat zamanı ölçülen kuru madde verimi yine en yüksek (3378 kg/da) VFT_{75} konusundan elde edilmiştir. Bu nedenle, vejetatif ve çiçeklenme gelişim dönemlerinde sulama suyunun tam olarak karşılanması koşuluyla, tane olum ve olgunlaşma döneminde sulama suyuna %25 kısıntı uygulamanın kuru madde verimini olumsuz etkilemeyeceği, diğer kısıntı uygulamalarının kuru madde verimini azaltacağı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, uygulanan sulama suyu ve bitki su tüketimi ile toprak üstü kuru madde verimi arasında doğrusal ilişkiler bulunmuştur.

Toprak üstü kuru madde verimine ilişkin sulama suyu kullanım etkinliği $IWUE_b$, en yüksek 5.43 kg/m^3 olarak yalnızca vejetatif gelişme döneminde sulama yapılan V konusundan elde edilirken en düşük 2.65 kg/m^3 olarak tam sulama yapılan tanık konudan elde edilmiştir. Farklı sulama uygulamalarından elde edilen birim bitki su tüketimlerinin biomas verimi üzerinde farklı etkileri olmuştur. Diğer taraftan en yüksek WUE_b değeri (5.93 kg/m^3) susuz konudan elde edilirken en düşük (2.89 kg/m^3) yine

VFT konusundan elde edilmiştir. Bu sonuç, bitkinin tükettiği birim su ile elde edilen birim toprak üstü kuru madde verimi arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Sulama konularındaki bitki su stresi arttıkça yaprak alan indeksi (LAI) değerleri azalma göstermiştir. LAI, ekimden yaklaşık 84 gün sonra, tane olum ve olgunlaşma döneminin başlangıcında, ortalama 11.68 ile maksimum değere ulaşmış ve bu günden sonra zaman içerisinde yaprak su potansiyellerindeki azalma ve yapraklardaki kurumayla beraber değerler düşüş (ekimden 105 gün sonra ortalama 9.10) göstermiştir.

Uygulanan sulama suyu ve mevsimlik bitki su tüketimi ile bitki boyları arasında doğrusal ilişkiler tespit edilmiş, buna karşın çiçeklenme döneminde %25 ve %50 sulama suyu kısıntısı uygulanan konulardan en uzun boylu bitkiler üretilmiştir.

Deneme konuları arasında yaprak sayısı yönüyle çok büyük farklılıklar olmamıştır. Ancak, sert su stresi uygulanan konulardan görece daha az yapraklı bitkiler üretilmiştir.

Gövde çapı ile deneme konularına uygulanan farklı sulama programları arasında denemenin ilk yılında bir ilişki bulunamamış, ikinci yılda ise çok küçük farklılıklar bulunmuştur. Gövde çapı değerleri, çiçeklenme döneminin ikinci haftasına karşılık gelen ekimden 70 gün sonra tüm konularda maksimum düzeylerine (ortalama 29.82 mm) ulaşmıştır.

Tane olum ve olgunlaşma döneminde yapılan sulamalar hasat neminin daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu dönemde kısıntı yapılması veya sulama yapılmaması durumunda göreceli olarak hasat nemi değerleri düşmüştür.

En yüksek koçan ağırlığı her iki deneme yılında da sulama uygulamalarının tam olarak yapıldığı VFT konusundan (ortalama 370.8 g) elde edilirken en düşük ise susuz konudan (ortalama 141.6 g) bulunmuştur.

İki yıllık ortalama verilere göre, en yüksek taneleme yüzdesi (0.89) FT, V₂₅FT ve VFT₅₀ konularından, en düşük (0.78) ise yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde sulama yapılan T konusundan elde edilmiştir.

Hasat indeksi, en yüksek vejetatif ve çiçeklenme dönemlerinde sulamaların yapıldığı VF konusundan, en düşük ise susuz konu ile yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konusundan bulunmuştur.

Denemelerden elde edilen koçan boyu değerleri 16–22 cm arasında değişmiştir. En uzun koçan boyu VFT ve VFT₇₅ konularından, en kısa koçanlar ise susuz konudan alınmıştır. Koçan boylarından elde edilen sonuçların aynısı koçan çaplarında da elde

edilmiş ve deneme konularının koçan çaplarının 4.35–5.31 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Sulama konularının ilk koçan yüksekliği değerleri de farklılıklar göstermiştir. Genelde su stresi arttıkça ilk koçan yükseklikleri azalmıştır. İlk koçan yüksekliği VFT₇₅ konusunda en fazla iken, susuz konuda en az olmuştur.

Koçanda sıra sayısı değerleri 13.1–14.2 adet arasında değişmiştir. Söz konusu değerler ortalama olmakla beraber, aslında tüm mısır koçanlarının çift sıraya sahip olduğu ve bu çalışmada koçan başına 12–18 adet arasında değiştikleri gözlenmiştir. Hem teksele yıllarda hem de birleştirilmiş verilere göre en fazla sıra sayısı VFT₇₅ konusundan elde edilmiştir. Diğer taraftan susuz konu ve yalnızca tane döneminde sulama yapılan T konusundan ise en düşük sıra sayısı değerleri bulunmuştur.

Sulama suyu kısıntısı arttıkça ve herhangi bir gelişme döneminde veya dönemlerinde sulama yapılmadığında göreceli olarak sırada tane sayısı değerleri düşmüştür. Sırada tane sayısı en fazla olan konular, Tüm fenolojik gelişme dönemlerinde tam sulama yapılan VFT konusu ile yalnızca tane olum ve olgunlaşma döneminde %25 sulama suyu kısıntısı uygulanan VFT₇₅ konusu olmuştur.

Bin tane ağırlığı değerleri 443.3–530.7 g arasında değişmiştir. Belirli gelişme dönemlerinde yüzdesel biçimde uygulanan kısıntıların oranı arttıkça kısmen de olsa 1000 tane ağırlıkları düşmüş ancak çok büyük oranda farklılıklar gerçekleşmemiştir. Diğer taraftan belirli fenolojik gelişme dönemlerinde hiç sulama yapılmaması durumunda 1000 tane ağırlıklarındaki düşüş daha fazla olmuştur. VFT ve VFT₇₅ konularından en yüksek 1000 tane ağırlıkları elde edilmiştir.

Fenolojik gelişme dönemlerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının kısmen de olsa hektolitre ağırlığı değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Deneme konularından alınan hektolitre ağırlığı değerleri 71.7–77.7 kg/hl arasında değişmiştir. Kısıntı miktarı arttıkça genelde hektolitre ağırlığı değerlerinde azalmalar oluşmuştur. Özellikle vejetatif ve/veya çiçeklenme dönemlerinde yapılan sulama suyundaki kısıntılar hektolitre ağırlığı değerlerini düşürmüştür.

Daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi, bu araştırma sonucunda da mısır bitkisinin vejetatif ve generatif gelişimi ile tane verimi üzerinde farklı sulama düzeylerinin oldukça etkili olduğu ortaya konulmuştur. Vejetatif, çiçeklenme ile tane oluşum ve olgunlaşma gelişim aşamalarında toprak içerisinde oluşacak su eksikliği, verimi azaltıcı yönde önemli derecede etki yapmaktadır. Bu nedenle, yeteri kadar sulama suyunun var olduğu koşullarda, söz konusu gelişim aşamalarının tümünde, topraktaki su eksikliğini gidermek amacıyla sulama yapılması zorunludur.

Yukarıda açıklanan araştırma sonuçları ışığında ortaya çıkan öneriler aşağıda özetlenmiştir:

Mısır bitkisi, topraktaki su eksikliğine duyarlı bir bitkidir ve suya en duyarlı dönemi çiçeklenme gelişim dönemi olup, bunu sırasıyla vejetatif gelişme ile tane oluşum ve olgunlaşma dönemleri izlemektedir. Eğer yeterli su varsa, yüksek verim elde etmek için tüm gelişme mevsimi boyunca, bitki su gereksiniminin tam karşılanması gerekmektedir. Diğer bir deyişle gerek toplam gelişme dönemi boyunca gerekse bireysel gelişme dönemlerinde ya da bunların kombinasyonlarında su kısıntısına gidilmemesi önerilmektedir.

Bursa İli ekolojik koşullarında, mısır yetiştiriciliğinde, vejetatif gelişme döneminin başlangıcından itibaren haftada bir, mevcut toprak nem düzeyini tarla kapasitesine ulaştıracak kadar sulama suyunun uygulanması ve toplamda 8 sulama yapılması tane veriminin artırılması yönünden önerilebilir. Ancak kimi erkenci çeşitlerde, fenolojik gelişme dönemleri arasındaki süre azalacağından ve bitki gelişimi daha hızlı olacağından, belirtilen sulama aralığı yerine 3 ile 5 gün arasında bir sulama aralığı belirlenmesi daha uygun olabilir. Damla sulama yönteminde bu koşulu sağlamak olanaklıdır.

Mevcut suyun, yalnızca bir gelişme dönemi içerisinde sulama yapmaya elverişli olduğu durumda çiçeklenme dönemi boyunca kullanılması, eğer iki gelişme döneminde sulama yapmaya elverişli ise vejetatif ve çiçeklenme dönemleri boyunca kullanılması, su kaynağının optimum kullanımı yönünden önerilebilir.

Araştırmada kullanılan Pioneer 31P41 çeşidinin hasat nemi yüksektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, tane oluşum ve olgunlaşma döneminde kısıntıya gidilmesi durumunda tane verimi büyük oranda düşmemiştir. Bu nedenle, hem hasat neminin daha düşük olmasını sağlamak, hem de sudan tasarruf etmek amacıyla tane döneminde %25 ile %75 arasında sulama suyu kısıntısı uygulanabilir.

Sulama planlaması açısından önemli olan ve su eksikliğinin bitki verimine etki derecesinin bir ölçüsü olan verim etmeninin (k_v) toplam büyüme mevsimi için, 0.90 olarak alınması önerilebilir.

Çalışma alanı yarı nemli bir iklim kuşağında yer almasına karşın, bitkinin suya en çok gereksinim duyduğu vejetatif, çiçeklenme ve tane oluşum dönemlerinde çok az miktarda yağış düşmekte, diğer taraftan sıcaklıklar en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Bu nedenle, yerel bazda benzer çalışmaların yapılması yöreye has sulama programlarının oluşturulmasında yararlı olacaktır.

Benzer konularda çalışma yapacak araştırmacılar için řu öneriler sıralanabilir:

- Kısıntılı sulama uygulamaları, tüm fenolojik gelişme dönemlerinde eşdeş olarak yapılarak yöreye uygun alternatif kısıntılı sulama programları geliştirilebilir.
- Mısır bitkisinin farklı toprak tipleri için kök dağılımı incelenerek, etkili kök derinliği belirlenebilir. Bu derinlik baz alınarak kısıntılı sulama programları geliştirilebilir.
- Toprak altı damla sulama yöntemi ile benzer deneme konuları altında mısırın su verim ilişkileri belirlenebilir. Bu yöntem ile farklı lateral aralıkları, lateralın toprak yüzeyinden olan derinliği, farklı damlatıcı debileri altında mısırın verim ve kalite özellikleri ile kök dağılımları araştırılabilir.
- Burada uygulanan deneme konuları, yarı nemli bir iklim kuşaağının dışında kalan iklim tiplerinde denenerek sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

AL-JAMAL, M.S., SAMMIS, T.W., S. BALL and D. SMEAL. 2000. Computing the Crop Water Production Function for Onion. *Agricultural Water Management*, 46: 29–41.

ALLEN R.G., PEREIRA L.S., D. RAES and M. SMITH. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements. *Irrigation and Drainage*, Paper No. 56, FAO, Rome, Italy. 300 p.

ANONİM. 2010. Bursa Tarım İstatistikleri 2008 Yılı Faaliyet Raporu. Bursa Tarım İl Müdürlüğü, <http://www.bursatarim.gov.tr>, 112 s.

ANĞIN, N. 2006. İkinci Ürün Mısırdaki Farklı Sulama Zamanlarının Fotosentetik Su Kullanım Etkinliği ve Bununla İlgili Diğer Yaprak Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 130 s.

ANAÇ, S. and M.A. UL. 1992. Deficit Irrigation Studies on Corn. Presented at the FAO/IAEA Research Co-Ordination Meeting on the Use of Nuclear and Related Techniques in Assessment of Irrigation Schedules of Field Crops to Increase Effective Use of Water in Irrigation Projects, 3 to 7 February 1992, Vienna, Austria. 5 p.

ANAÇ, S., M.A. UL and I.H. TÜZEL. 1992. Corn Yield as Affected by Deficit Irrigation. Presented at the Advances in Planning, Design and Management of Irrigation Systems as Related to Sustainable Land Use, Center for Irrigation Engineering (CIE), September 14–17, Leuven, Belgium, p. 795–800.

AYARS, J.E., PHENE, C.J., HUTMACHER, R.B., DAVIS, K.R., SCHONEMAN, R.A., S.S. VAIL and R.M. MEAD. 1999. Subsurface Drip Irrigation of Row Crops: A Review of 15 Years of Research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42: 1–27.

AYYILDIZ, M. 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 879, Ders Kitabı No: 244, 2. Baskı, Ankara. 162 s.

BAYRAK, F. 1979. Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Samsun Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel Yayın No: 15, Rapor Seri No:13, Samsun, 30 s.

BEADLE, C.L. 1985. Plant Growth Analysis. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Edit by J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Kong and J.M.O. Scurlock. Chapter 2, p. 20–25.

BENNETT, J.M., MUTTI, L.S.M., P.S.C. RAO and J.W. JONES. 1989. Interactive Effects of Nitrogen and Water Stres on Biomass Accumulation, Nitrogen Uptake, and Seed Yield of Maize. Field Crops Research, 19: 297–311.

BERGEZ, J.E. and S. NOLLEAU. 2003. Maize Grain Yield Variability between Irrigation Stands: A Theoretical Study. Agricultural Water Management, 60: 43–57.

BERNARDO, D.J., WHITTLESEY, N.K., K.E., SAXTON and D.L. BASSETT. 1988. Irrigation Optimization Under Limited Water Supply. Transaction of the ASAE, 31 (3): 712–719.

BEYAZGÜL, M. 1997. Menemen Ovasında İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 223, Rapor Seri No: 149, Menemen, İzmir. 45 s.

BOGOSLAVSKY, L. and P.M. NEUMANN. 1998. Rapid Regulation by Acid of Cell Wall Adjustment and Leaf Growth in Maize Plants Responding to Reversal of Water Stress. Plant Physiology, 118: 701–709.

BOUYOUCOS, G.J. 1962. Hydrometer Method Improved Foor Making Particle Size Analysis of Soil. Agronomy Journal, 54 (5): 464–465.

BRAS, R.L. and J.R. CORODOVA. 1981. Intra-seasonal Water Allocation in Deficit Irrigation. Water Resources Research, 17 (4): 886–874.

BRAUNWORTH, JR.W.S. and H.J. MACK. 1987. Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Sweet Corn, *Journal of American Society of Horticulture Science*, 112(1): 32–35.

BRAUNWORTH, JR.W.S. and H.J. MACK. 1989. Crop–Water Production for Sweet Corn. *Journal of American Society of Horticulture Science*, 114 (2): 210–215.

BREMNER, J.M. 1965. (Total Nitrogen) *Methods of Soil Analysis*. Editor C.A. Black, American Society of Agricultural Engineers Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, p. 1149–1178.

BRYANT, K.J., BENSON, V.W., KINIRY, J.R., J.R. WILLIAMS and R.D. LACEWELL. 1992. Simulating Corn Yield Response to Irrigation Timings: Validation of the Epic Model. *Journal of Production Agriculture*, 5: 237–242.

BUNIAK, W., Z. DMOWSKI and P. SZYSZKOWSKI. 1996. The Yield and Crop Quality Composition of Maize for Silage under Sprinkler Irrigation. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*, 438: 243–249.

BÜYÜKCANGAZ, H. and A. KORUKÇU. 2007. Integrated Approach for Water Resources and Irrigation Management in Turkey. *Water International*, 32 (5): 710–719.

CABELGUENNE, M., C. JONES and J.R. WILLIAMS. 1995. Strategies for Limited Irrigation of Maize in Southwestern France. A Modelling Approach. *Transactions of the ASAE*, 32: 147–160.

CALDWELL, D.S., W.E. SPURGEON and H.L. MANGES. 1994. Frequency of Irrigation for Subsurface Drip-irrigated Corn. *Transactions of the ASAE*, 37(4): 1099–1103.

CALVINO, P.A., F.H. ANDRADE and V.O. SADRAS. 2003. Maize Yield as Affected by Water Availability, Soil Depth, and Crop Management. *Agronomy Journal*, 95:275–281.

CARCOVA, J., G.A. MADDONNIVE and C.M. GHERSA. 1998. Crop Water Stres Index of Three Maize Hybrids Grown in Soils with Different Quality. *Field Crops Research*, 55: 165–174.

CARTER, M.R. and E.G. GREGORICH. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis. Second Edition, ISBN: 13: 978-0-8593-3586-0, Boca Raton, FL, USA: CRC. 1224 p.

CAVERO, J., FARRE, I., P. DEBAEKE and T.M. FACI. 2000. Simulation of Maize Yield under Water Stress with EPIC Phase and Cropwat Models. *Agronomy Journal*, 92: 679-690.

CHUANYAN, Z. and N. ZHONGREN. 2007. Estimating Water Needs of Maize (*Zea mays* L.) Using the Dual Crop Coefficient Method in the Arid Region of Northwestern China. *African Journal of Agricultural Research*, 2 (7): 325-333.

CLASSEN, M.M. and R.H. SHAW. 1970. Water Deficit Effects on Corn II. Grain Components. *Agronomy Journal*, 62: 652-655.

CLUMPNER, G. and K. SOLOMON. 1987. Accuracy and Geographic Transferability of Crop Water Production Functions. In: *Proceedings of the Conference on Irrigation Systems for the 21st Century*, 28-30 July, Portland, OR.

COX, W.J. and D.J.R. CHERNEY. 2001. Row Spacing, Plant Density, and Nitrogen Effects on Corn Silage. *Agronomy Journal*, 93: 597-602.

CRACIUN, I. VE M., CRACIUN. 1999. Water and Nitrogen Use Efficiency under Limited Water Supply for Maize to Increase Land Productivity. In: Kırda, C., Moutonnet, P., Hera, C., Nielsen, D.R. (Eds.), *Crop Yield Responses to Deficit Irrigation*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. p. 87-94.

ÇAKIR, R. 2004. Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crops Research*, 89: 1-16.

ÇARPICI, E.B. 2009. Bitki Yoğunluğu ve Farklı Miktarda Azot Uygulamalarının Stres Fizyolojisi Açısından Silajlık Mısır Yetiştiriciliğinde Değerlendirilmesi. Doktora Tezi (yayınlanmamış) Uludağ Üniv. Fen Bilimleri Enst. Tarla Bitkileri ABD, Bursa. 300 s.

ÇETİN, Ö. 1996. Harran Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısır Su Gereksinimi. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 90, Rapor Seri No: 63, Şanlıurfa. 45 s.

DAĞDELEN, N., YILMAZ, E., SEZGİN, F. and T., GÜRBÜZ. 2006. Water-yield Relation and Water Use Efficiency of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) and Second Crop Corn (*Zea mays* L.) in Western Turkey. *Agricultural Water Management*, 82 (1–2), 63–85.

DAĞDELEN, N. ve T.GÜRBÜZ. 2008. Aydın Koşullarında İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 5 (2): 67–74.

DAVIDOFF, B. ve R.J. HANKS. 1989. Sugar Beet Production as Influenced by Limited Irrigation. *Irrigation Science*, 10 (1): 1–8.

DEĞİRMENCİ, V., M. GÜNDÜZ ve C. KARA. 1998. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında II. Ürün Mısırın Su Verim İlişkileri. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 108, Şanlıurfa. 35 s.

DELOUGHERY, R.L. and R.K. CROOKSTON. 1979. Harvest Index of Corn, Affected by Population Density, Maturity Rating, and Environment. *Agronomy Journal*, 72: 577–580.

DEMİR, A.O., A.T. GÖKSOY, H. BÜYÜKCANGAZ, Z.M. TURAN, E.S. KÖKSAL. 2006. Deficit Irrigation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a Sub-humid Climate. *Irrigation Science*, 24: 279–289.

DERVİŞ, Ö. 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 106, Rapor Seri No: 56, Tarsus, Mersin. 30 s.

DI PAOLA, E. and M. RINALDI. 2008. Yield Response of Maize to Irrigation and Nitrogen Fertilization in a Mediterranean Environment. *Field Crops Research*, 105: 202–210.

DOK, M. 2005. Harran Ovasında Ana ve İkinci Ürün Mısır Yetiştiriciliğinde Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Araştırmalar. GAP IV. Tarım Kongresi, 21–23 Eylül 2005, Şanlıurfa. s. 861–866.

DOORENBOS, J. and A.H. KASSAM. 1979. Yield Response to Water. United Nations FAO. Pub. 33, Rome. 193 p.

ECK, H.V. 1984. Irrigated Corn Yield Response to Nitrogen and Water. Agronomy Journal, 76: 421–428.

EMILE, J.C., AL-RIFAI, M., CHARRIER, X., P. LEROY and Y. BARRIERE. 2006. Grain Sorghum Silages as an Alternative to Irrigated Maize Silage. In: Proceedings of the 21st General Meeting of the European Grassland Federation, April 3–6, Badajoz, Spain.

EL-HENDAWY, S.E., EL-LATTIEF, E.A.A., M.S. AHMED and U. SCHMIDHALTER. 2008. Irrigation Rate and Plant Density Effects on Yield and Water Use Efficiency of Drip-irrigated Corn. Agricultural Water Management, 95: 836–844.

EL-HENDAWY, S.E. and U. SCHMIDHALTER. 2010. Optimal Coupling Combinations between Irrigation Frequency and Rate for Drip-irrigated Maize Grown on Sandy Soil. Agricultural Water Management, 97: 439–448.

EL NEOMANI, A.A., EL HALIM, A.K.A., H.A. ZEYNU and A.K. ABD EL HALIM. 1990. Response of Maize (*Zea mays* L.) to Irrigation Intervals under Different Levels of Nitrogen Fertilisation. Egyptian Journal of Agronomy, 15: 147–158

ENGLISH, M.J. ve G.S. NUSS. 1982. Designing for Deficit Irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 108, No: IR2, 91 p.

ENGLISH, M. 1990. Deficit Irrigation I: Analytical Framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116 (3): 399–410.

EŞİYOK, D., K. BOZOKALFA ve A. UĞUR. 2004. Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 (1): 1–9.

FARRE, I., VAN OIJEN, M., P.A LEFFELAAR and J.M. FACI. 2000. Analysis of Maize Growth for Different Irrigation Strategies in Northeastern Spain. European Journal of Agronomy, 12: 225–238.

FARRE, I. and J.M. FACI. 2009. Deficit Irrigation in Maize for Reducing Agricultural Water Use in A Mediterranean Environment. Agricultural Water Management, 96: 383–394.

FERERES, E. and M.A. SORIANO. 2007. Deficit Irrigation for Reducing Agricultural Water Use. Journal of Experimental Botany, 58 (2): 147–159.

FISCHER, K.S. and F.E. PALMER. 1984. Tropical Maize. In: Goldsworthy, P.R. and N.M. Fischer (Eds.), The Physiology of Tropical Field Crops. Wiley, New York. p. 213–248.

FREY, N.M. 1982. Dry Matter Accumulation in Kernels of Maize. Crop Science, 21: 118–122.

GARCIA, A.G., L.C. GUERRA and G. HOOGENBOOM. 2009. Water Use and Water Use Efficiency of Sweet Corn under Different Weather Conditions and Soil Moisture Regimes. Agricultural Water Management, 96: 1369–1376.

GARRITY, P.D., D.G. WATTS, C.Y. SULLIVAN and J.R. GILLEY. 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance, evapotranspiration yield relationships. Agronomy Journal, 74: 815–820.

GANJI, A., PONNAMBALAM, K., D. KHALILI M and KARAMOUZ. 2006. A New Stochastic Optimization Model for Deficit Irrigation. Irrigation Science, 25 (1): 63–73.

GENÇOĞLAN, C. 1996. Mısır Bitkisinin Su–Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöre

Uyumluluğunun Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana. 220 s.

GENÇOĞLAN, C. ve A. YAZAR. 1997. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Bitkisi Kök Dağılımına Etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Demeği, Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5–6 Haziran 1997, Kirazlıyayla, Bursa. s. 277–285.

GENÇOĞLAN, C. ve A.YAZAR. 1999. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 233–241.

GENÇTAN, T. ve B. UÇKESEN. 2001. Tekirdağ Koşullarında Ana Ürün ve İkinci Ürün Şeker Mısır (*Zea mays saccharata sturt.*) Yetiştirme Olanaklarının Araştırılması. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17–21 Eylül, Tekirdağ.

GEREN, H., R. AVCIOĞLU, B. KIR, G. DEMİROĞLU, M. YILMAZ ve A.C. CEVHERİ 2003. İkinci Ürün Silajlık Olarak Yetiştirilen Bazı Mısır Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(3): 57–64.

GHEYSARI, M., MIRLATIFI, S.M., M. HOMAEE and G. HOOGENBOOM. 2007. Water Use Efficiency of Silage Maize under Deficit Irrigation and Nitrogen Fertigation. In ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, November 4–8, New Orleans, Louisiana.

GHEYSARI, M., MIRLATIFI, S.M., BANNAYAN, M., M. HOMAEE and G. HOOGENBOOM. 2009. Interaction of Water and Nitrogen on Maize Grown for Silage. Agricultural Water Management, 96: 809–821.

GÖKÇEL, F. 2008. Çukurova Koşullarında Yarı Islatmalı (PRD) Ve Kısıntılı Damla Sulama Programlarının II. Ürün Mısır Verimi ve Su Kullanma Randımanına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana. 68 s.

GÖKMEN, S., Ö. SENCAR and M.A. SAKİN. 2001. Response of Popcorn (*Zea mays everta*) to Nitrogen Rates and Plant Densities. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 25: 15-23

GÖKSOY, A.T., DEMİR, A.O. Z.M. TURAN and N. DAĞÜSTÜ. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research, 87: 167–178.

GREENWOOD, K.L., G.N. MUNDY and K.B. KELLY. 2008. On–farm Measurement of the Water Use and Productivity of Maize. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48 (3): 274–284.

GUITJENS, J.C. 1982. Models of Alfalfa Yield and Evapotranspiration. ASCE, Vol. 108, No. IR3, p. 212–222.

GÜNDÜZ, M., N. KORKMAZ ve S. ŞEN. 2008. Güney Marmara Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkisi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TAYEK 2008 Yılı Tarla Bitkileri Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri, 24–26 Haziran 2008, Menemen, İzmir. Yayın No:132: 172–191.

HALVORSON, A.D., MOISER, A.R., C.A. REULE and W.C. BAUSCH. 2006. Nitrogen and Tillage Effects on Irrigated Continuous Corn Yields. Agronomy Journal, 98: 63–71.

HANKS, R.J., B.L. ASCHROFT, B.L., W.P. RASMUSSEN, G.D. WILSON. 1976. Corn Production as Influenced by Irrigation and Salinity. 1. Utah Studies, Irrigation Science, 1: 47–59.

HANKS, R.J. 1983. Yield and Water Use Relationships: An Overview. In Taylor, H.M., Jordan, W.R., Sinclair, T.R. (Eds.), Limitation of Water Use in Crop Production. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI. p. 393–411.

HASSANLI, A.M., M.A. EBRAHIMIZADEH and S. BEECHAM. 2009. The Effects of Irrigation Methods with Effluent and Irrigation Scheduling on Water Use Efficiency and Corn Yields in An Arid Region. Agricultural Water Management, 96: 93–99.

HATFIELD, J.L., T.J. SAUER and J.H. PRUEGER. 2001. Managing Soils to Achieve Greater Water Use Efficiency: A Review. *Agronomy Journal*, 93: 271–280.

HOOK, J.E. 1994. Using Crop Models to Plan Water Withdrawals for Irrigation in Drought Years. *Agricultural Systems*, 45: 271–289.

HOWE, O.W. and H.F. RHOADES. 1995. Irrigation Practice for Corn Production in Relation to Stage of Plant Development. *Soil Science Society of America Proceedings*, 19: 94–98.

HOWELL, T.A., YAZAR, A., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A. and K.S. COPELAND. 1995. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. *Transactions of the ASAE*, 38 (6): 1737–1747.

HOWELL, T.A., A.D. SCHNEIDER and S.R. EVETT. 1997. Subsurface and Surface Microirrigation of Corn: Southern High Plains. *Transactions of the ASAE*, 40 (3): 635–641.

HOWELL, T.A., TOLK, J.A., A.D. SCHNEIDER and R.S. EVETT. 1998. Evapotranspiration, Yield, and Water Use Efficiency of corn Hybrids Differing in Maturity. *Agronomy Journal*, 90: 3–9.

HOWELL, T.A. 2001. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture. *Agronomy Journal*, 93: 281–289.

HSIAO, T.C. 1973. Plant Responses to Water Stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 519–570.

HUMPHREYS, L., FAWCETT, B., C. O'NEILL and W. MUIRHEAD. 2005. Maize under Sprinkler, Drip and Furrow Irrigation. *IREC Farmers' Newsletter*, No: 170. 4 p.

IGBADUN, H.E., MAHOO, H.F., A.K.P.R., TARIMO and B.A. SALIM. 2006. Crop Water Productivity of an Irrigated Maize Crop in Mkoji Sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agricultural Water Management*, 854: 141–150.

IGBADUN, H.E., TARIMO A.K.P.R., B.A. SALIM and H.F. MAHOO. 2007. Evaluation of Selected Crop Water Production Functions for An Irrigated Maize Crop. *Agricultural Water Management*, 94: 1–10.

IGBADUN, H.E., SALIM, B.A., A.K.P.R. TARIMO and H.F. MAHOO. 2008. Effects of Deficit Irrigation Scheduling on Yields and Soil Water Balance of Irrigated Maize. *Irrigation Science*, 27: 11–23.

IRMAK, S., D.Z. HAMAN and R. BASTUG. 2000. Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Timing and Yield Estimation of Corn. *Agronomy Journal*, 92: 1221–1227.

ISTANBULLUOGLU, A., I. KOCAMAN and F. KONUKCU. 2002. Water Use–Production Relationship of Maize under Tekirdag Conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Science*, 5 (3): 287–291.

JALOTA, S.K, SOOD, A., G.B.S. CHAHAL and B.U. CHOUDHARY. 2006. Crop Water Productivity of Cottons (*Gossypium hirsutum* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.) System as Influenced by Deficit Irrigation, Soil Texture, and Precipitation. *Agricultural Water Management*, 84: 137–146.

JAMA, A.O. and M.J. OTTMAN. 1993. Timing of the First Irrigation in Corn and Water Stress Conditioning. *Agronomy Journal*, 85 (6): 1159–1164.

JAMES, L.G. 1993. Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger Publishing Company, New York, USA. 543 p.

JAMES, A.A. 1994. Soil Moisture Deficits, Yield and Seed Quality of Two Maize Hybrids Differing in Drought Tolerance. MS thesis (unpublished), Iowa State University, Ames, Iowa. 186 p.

JAMIESON, P.D., MARTIN, R.J., G.S. FRANCIS and D.R. WILSON. 1995. Drought Effects on Biomass Production and Radiation Use Efficiency in Barley. *Field Crops Research*, 43: 77–86.

JACKSON, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice–Hall, Englewood Cliff, New Jersey. p. 283–293.

JACOBS, B.C. and C.J. PEARSON. 1991. Potential Yield of Maize Determined by Rate of Growth and Development of Ears. *Field Crops Research*, 27: 281–298.

JENSEN, M.E. 1968. Water Consumption by Agricultural Plants. In: Kozlowski, T.T. (Ed.), *Water Deficits in Plant Growth*, 1. Academic Press, New York. p. 1–22.

JENSEN, M.E. 1980. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. An ASAE Monography, Number 3 in a Series Published by American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, Michigan 49085, USA. 829 p.

JIN, Y.H., D.W. ZHOU and S.C. JIANG. 2010. Comparison of Soil Water Content and Corn Yield in Furrow and Conventional Ridge Sown Systems in A Semiarid Region of China. *Agricultural Water Management*, 97: 326–332.

KACAR, B. 1962. Plant and Soil Analysis. University of Nebraska, Collage of Agriculture, Department of Agronomy, Lincoln, Nebraska, USA. 72 p.

KANBER, R., A. YAZAR ve M. EYLEN. 1990a. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su–Verim İlişkisi. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 173, Rapor Serisi No: 108, Tarsus, Mersin. 77 s.

KANBER, R., BASTUG, R., H. KOKSAL and N. BAYTORUN. 1990b. Yield and Comparative Performance of Different Crop Production Functions of Cotton as Influenced by Deficit Irrigation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 14: 442–455.

KANG, S., LIANG, Z., W. HU and J. ZHANG. 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-divided Maize Plants. *Agricultural Water Management*, 38: 69–76.

KANG, S., W. SHI and J. ZHANG. 2000. An Improved Water–Use Efficiency for Maize Grown under Regulated Deficit Irrigation. *Field Crops Research*, 67: 207–214.

KAPAR, H. ve A. ÖZ. 2006. Bazı Mısır Çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesinde Performanslarının Belirlenmesi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (2): 147–153.

KAR, G. and H.N. VERMA. 2005. Phenology Based Irrigation Scheduling and Determination of Crop Coefficient of Winter Maize in Rice Fallow of Eastern India. Agricultural Water Management, 75: 169–183.

KARA, B. ve Z. AKMAN. 2002. Şeker Mısırında Koltuk ve Uç Alma ile Yaprak Sıyırmanın Verim ve Koçan Özelliklerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2): 9–18.

KARA, T. and C. BİBER. 2008. Irrigation Frequencies and Corn (*Zea mays* L.) Yield Relation in Northern Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (1): 123–126.

KARAM, F., BREIDY, J., C. STEPHAN and J. ROUPHAEL. 2003. Evapotranspiration, Yield and Water Use Efficiency of Drip Irrigated Corn in the Bekaa Valley of Lebanon. Agricultural Water Management, 63(2): 125–137.

KARAŞAHİN, M. 2008. Konya Ekolojik Koşullarında Farklı Olum Grubundan Hibrit Mısır Çeşitlerinin (*Zea Mays* L. *indentata* S.) Damla ve Karık Sulama Yöntemlerinde Optimum Bitki Sıklığının Tespiti. Doktora Tezi (yayınlanmamış), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya. 124 s.

KATERJI, N., HOOM, J.W., HAMDY, A., F. KARAM and M. MASTRORILLI. 1996. Effect of Salinity on Water Stress, Growth and Yield of Maize and Sunflower. Agricultural Water Management, 30: 237–249.

KIM, K., CLAY, D.E., CARLSON, C.G., S.A. CLAY and T. TROOEN. 2008. Do Synergistic Relationships between Nitrogen and Water Influence the Ability of Corn to Use Nitrogen Derived from Fertilizer and Soil? Agronomy Journal, 100 (3): 551–556.

KINIRY, J.R. and J.T. RICHIE. Shade-sensitive Interval of Kernel Number of Maize. Agronomy Journal, 77: 711–715.

KIPKORIR, E.C. and D. RAES. 2002. Transformation of Yield Response Factor into Jensen's Sensitivity Index. *Irrigation and Drainage Systems*, 16: 47–52.

KIPKORIR, E.C., D. RAES and B. MASSAWE. 2002. Seasonal Water Production Functions and Yield Response Factors for Maize and Onion in Perkerra, Kenya. *Agricultural Water Management*, 56: 229–240.

KIRDA, C. 1992. Deficit Irrigation Studies on Corn. The FAO/IAEA Research Coordination Meeting on the Use Nuclear and Related Techniques in Assessment of Irrigation Schedules of Field Crops to Increase Effective Use Water in Irrigation Projects, 3–7 February 1992, Vienna, Austria. 5 p.

KIRDA, C. 2002. Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance. In: *Deficit Irrigation Practice. Water Reports 22*. FAO, Rome. p. 1–3.

KIRKHAM, D. 1964. *Soil Physics. Handbook of Applied Hydrology*, Mc. Graw-Hill Book Company, New York. 15 p.

KIRNAK, H., C. GENÇOĞLAN and V. DEĞİRMENCİ. 2003. Effect of Deficit Irrigation on Yield and Growth of Second Crop Corn in Harran Plain Conditions. *Atatürk University, Journal of Agricultural Faculty*, 34(2): 117–123.

KIRTOK, Y. 1998. *Mısır Üretimi ve Kullanımı, Kocaelik Basım ve Yayınevi, İstanbul*. 118 s.

KIZILOĞLU, F.M., ŞAHİN, U., Y. KUSLU and T. TUNC. 2009. Determining Water-Yield Relationship, Water Use Efficiency, Crop and Pan Coefficients for Silage Maize in a Semiarid Region. *Irrigation Science*, 27: 129–137.

KO, J. and G. PICCINNI. 2009. Corn Yield Responses under Crop Evapotranspiration-Based Irrigation Management. *Agricultural Water Management*, 96: 799–808.

KORUKÇU, A. ve R. KANBER. 1981. *Su-Verim İlişkileri. Topraksu Araştırma Ana Projesi (435-1), Tarsus, Mersin*. 39 s.

KOVANCI, İ. 1964. İzmir Bölgesi Topraklarının Humus Durumu ve C/N Münasebetleri Üzerinde Araştırmalar. Doçentlik Tezi, İzmir. 91 s.

KÖKSAL, H. 1995. Çukurova Kosullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Ens. Tarımsal Yap. ve Sulama Bölümü. Adana. 199 s.

KÖKSAL, H. ve R. KANBER. 1998. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkileri, Tarım ve Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İstanbul. s. 310-317.

LAMM, F.R., MANGES, H.L., STONE, L.R., A.H. KHAN and D.H. ROGERS. 1995. Water Requirement of Subsurface Drip-irrigated Corn in Northwest Kansas. Transactions of the ASAE, 38 (2): 441-448.

LAMM, F.R. and T.P. TROOEN. 2001. Irrigation Capacity and Plant Population Effects on Corn Production Using SDI. In Proc. Irrigation Association International Irrigation Technical Conference, Nov. 4-6, San Antonio, Texas. p. 73-80.

LEEPER, R.A., E.C.A. RUNGE and W.M. WALKER. 1974. Effect of Plant Available Stored Soil Moisture on Corn Yields: I. Constant Climatic Conditions. Agronomy Journal, 66: 723-727.

LI, Y.L., CUI, J.Y., T.H. ZHANG and H.L. ZHAO. 2003. Measurement of Evaporation of Irrigated Spring Wheat and Maize in a Semi-arid Region of North China. Agricultural Water Management, 61: 1-12.

LIZASO, J.I., W.D. BATCHELOR and M.E. WESTGATE. 2003. A Leaf Area Model to Simulate Cultivar-specific Expansion and Senescence of Maize Leaves. Field Crops Research, 80: 1-17.

LORENS, G.F., J.M. BENNETT and L.B. LOGGALE. 1987. Differences in Drought Resistance between two Corn Hybrids. II. Component Analysis and Growth Rates. Agronomy Journal, 79: 808-813.

LYLE, W.M. and J.P. BORDOVSKY. 1995. LEPA Corn with Limited Water Supplies. *Transaction of the ASAE*, 38: 2455–2462.

MANAL, M., EL-TANTAWY, S., A. OUDA and A.K. FOUAD. 2007. Irrigation Scheduling for Maize Grown under Middle Egypt Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3 (5): 456–462.

MENGÜ, G.P. and M. ÖZGÜREL. 2008. An Evaluation Water–Yield Relations in Maize (*Zea mays* L.) in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(4): 517–524.

MINHAS, B.S., K.S. PARKHAND and T.N. SRINIVASAN. 1974. Towards the Structure of a Production Function for Wheat Yields with Dated Input of Irrigation Water. *Water Resources Research*, 10: 383–386.

MANSOURI–FAR, C., S.A.M.M. SANAVY and S.F. SABERALI. 2010. Maize Yield Response to Deficit Irrigation during Low-sensitive Growth Stages and Nitrogen Rate under Semi-arid Climatic Conditions. *Agricultural Water Management*, 97: 12–22.

MUSICK, J.T. and D.A. DUSEK. 1980. Irrigation Corn Yield Response to Water. *Transactions of the ASAE*, 23 (1): 92–98.

NAESCU, V. 2000. The Irrigation Effect on Silo Maize Yield in Romanian Plain. *Probleme de Agrofitehnie Teoretica si Aplicata*, 22 (1–2): 51–57.

NAZIRBAY, I., EVET, S., Y. ESANBEKOV and B. KAMILOV. 2005. Water Use of Maize for Two Irrigation Methods and Two Scheduling Methods. *ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings*, November 6–10, p. 323–328.

NESMITH, D.S. and J.T. RITCHIE. 1992. Short– and Long–Term Responses of Corn to a Pre–Anthesis Soil Water Deficits. *Agronomy Journal*, 84: 107–113.

NORWOOD, C.A. 2000. Water Use and Yield of Limited-irrigated and Dryland Corn. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 365–370.

NORWOOD, C.A. and T.J. DUMLER. 2002. Transition to Dryland Agriculture: Limited Irrigated vs. Dryland Corn. *Agronomy Journal*, 94: 310–320.

OGOLA, J.B.O., T.R. WHEELER and P.M. HARRIS. 2002. Effects of Nitrogen and Irrigation on Water Use of Maize Crops. *Field Crops Research*, 78: 105–117.

OKAY, D. 2006. Bursa Koşullarında Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkisinin Ceres-Maize Bitki Gelişme Modeliyle Belirlenmesi. Doktora Tezi (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Bursa. 159 s.

OLSEN, S.R. ve L.A. DEAN. 1965. *Methods of Soil Analysis (Phosphorus)*. Editor C.A. Black, Amer. Soc. of Agr. Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA. p. 1035–1049.

ORTA, A.H., A. İSTANBULLUOĞLU ve S. ALBUT. 1997. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Tüketimi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (2): 38–43.

OTEGUI, M.E., F.H. ANDRADE and E.E., SUERO. 1995. Growth, Water Use, and Kernel Abortion of Maize Subjected to Drought at Silking. *Field Crops Research*, 40 (2): 87–94.

OVERMAN, A.R. and F.G. MARTIN. 2002. Corn Response to Irrigation and Tillage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (19–20): 3603–3608.

OYLUKAN, S. ve H. GÜNGÖR. 1975. Orta Anadoluda Mısır Su Tüketimi. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 129. Rapor Seri No: 88, Eskişehir. 43 s.

ÖĞRETİR, K. 1993. Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. Doktora Tezi (yayınlanmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana. 85 s.

ÖKTEM, A., M. ŞİMŞEK and A.G. ÖKTEM. 2003. Deficit Irrigation Effects on Sweet Corn (*Zea mays saccharata sturt*) with Drip Irrigation System in a Semi-arid Region I. Water-Yield Relationship. *Agricultural Water Management*, 61: 63–74.

ÖKTEM, A. 2006. Effect of Different Irrigation Intervals to Drip Irrigated Dent Corn (*Zea mays* L. *indentata*) Water–Yield Relationship. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (8): 1476–1481.

ÖKTEM, A. 2008. Effect of Water Shortage on Yield, and Protein and Mineral Compositions of Drip-irrigated Sweet Corn in Sustainable Agricultural Systems. *Agricultural Water Management*, 95: 1003–1010.

PANDA, R.K., S.K. BEHERA and P.S. KASHYAP. 2004. Effective Management of Irrigation Water for Maize under Stressed Conditions. *Agricultural Water Management*, 66: 181–203.

PANDEY, R.K., J.W. MARANVILLE and VE A. ADMOU. 2000a. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment. I. Grain Yield and Yield Components. *Agricultural Water Management*, 46 (1): 1–13.

PANDEY, R.K., J.W. MARANVILLE and VE A. ADMOU. 2000b. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment. II. Shoot Growth. *Agricultural Water Management*, 46 (1): 15–27.

PAYERO, J.O., STEVEN, M., S. IRMAK and D.D. TARKALSON. 2006a. Yield Response of Corn to Deficit Irrigation in a Semiarid Climate. *Agricultural Water Management*, 84: 895–908.

PAYERO, J.O., KLOCKE, N.L., J.P. SCHNEEKLOTH and D.R. DAVISON. 2006b. Comparison of Irrigation Strategies for Surface-irrigated Corn in West Central Nebraska. *Irrigation Science*, 24: 257–265.

PAYERO, J.O., TARKALSON, D.D., IRMAK, S., D. DAVISON and J.L. PETERSEN. 2008. Effect of Irrigation Amounts Applied with Subsurface Drip Irrigation on Corn Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. *Agricultural Water Management*, 95: 895–908.

PAYERO, J.O., TARKALSON, D.D., IRMAK, S., D. DAVISON and J.L. PETERSEN. 2009. Effect of Timing of a Deficit-irrigation Allocation on Corn Evapotranspiration,

Yield, Water Use Efficiency and Dry Mass. *Agricultural Water Management*, 96: 1387–1397.

PRICHARD, T., HANSON, B., SCHWANKL, L., P. VERDEGAAL and R. SMITH. 2004. Deficit Irrigation of Quality Wine Grapes Using Micro-irrigation Techniques. Publications of University of California Co-operative Extension, Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis. 5 p.

RETTA, A. and R.B. HANKS. 1980. Corn and Alfalfa Production as Influenced by Limited Irrigation. *Irrigation Science*, 1: 135–147.

RHENALS, A.E. and R.L. BRAS. 1981. The Irrigation Scheduling Problem and Evapotranspiration Uncertainty. *Water Resources Research*, 17 (5): 1328–1339.

RHOADS, F.M. and J.M. BENNETT. 1990. Corn. In: Stewart B.A., Nielsen D.R., eds. *Irrigation of Agricultural Crops*. Madison, WI: ASA, CSSA, and SSSA, Agronomy Monography, 30: 569–596.

RITCHIE, S.W., J.J. HANWAY and G.O. BENSON. 1992. How a Corn Plant Develops. Special Report, No:48, Iowa State University. 21 p.

SALVADOR, R.J. and R.B. PEARCE. 1995. Proposed Standart System of Nomenclature for Maize Grain Filling Events and Concepts. *Maydica*, 40: 141–146.

SCHMALER, K., U. KRÜGER and H. RICHERT. 2003. Ertrag und Qualität von Silomais in Abhängigkeit vom Wasserangebot. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 49 (4): 357–374.

SEPASKHAH, A.R., KANOONI, A. and M.M. GHASEMI. 2003. Estimating Water Table Contributions to Corn and Sorghum Water Use. *Agricultural Water Management*, 58: 67–79.

SEPASKHAH, A.R. and M.H. KHAJEHABDOLLAHI. 2005. Alternate Furrow Irrigation with Different Irrigation Intervals for Maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science*, 8 (5):592–600.

SEPASKHAH, A.R. and A.R. PARAND. 2006. Effects of Alternate Furrow Irrigation with Supplemental Every-Furrow Irrigation at Different Growth Stages on the Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science*, 9 (4): 415–421.

SHALHEVET, J., MANTELL, A., H. BIELORAI and D. SHIMSHI. 1981. Irrigation of Field and Orchard Crops under Semi-arid Conditions. IIC Pub., No. 1, IIC, Bet Dagan, Ottawa, Ont., ISBN 92-9019-001-9, 110 p.

SHAPIRO, C.A. and C.S. WORTMANN. 2006. Corn Response to Nitrogen Rate, Row Spacing, and Plant Density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal*, 98: 529–535.

SHAOZHONG, K., S. WENJUAN and J. ZHANG. 2000. An Improved Water-Use Efficiency for Maize Grown under Regulated Deficit Irrigation. *Field Crops Research*, 67: 207–214.

SINCLAIR, T.R., C.B. TANNER and J.M. BENNETT. 1984. Water-use Efficiency in Crop Production. *Texas Bioscience*, 34: 36–40.

SINGH, B.R. and D.P. SINGH. 1995. Agronomic and Physiological Responses of Sorghum, Maize and Pearl Millet to Irrigation. *Field Crops Research*, 42 (2–3): 57–67.

SMITH, M., D. KIVUMBI and L.K. HENG. 2002. Use of the FAO CROPWAT Model in Deficit Irrigation Studies. In: *Deficit Irrigation Practice*. Water Reports No. 22. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. p. 17–28.

STAN, I. and V. NAESCU. 1997. Maize Response to Water Deficit. *Romanian Agricultural Research*, 7–8: 77–90.

STEGMAN, E.C., HANKS, R.J., J.T. MUSICK and D.G. WATTS. 1980. Irrigation Water Management—Adequate or Limited Water. In: *Challenges of the 80's*. Proceedings of ASAE 2nd National Irrigation Symposium, October 20–23, University of Nebraska, St. Joseph Michigan. p. 154–165.

STEGMAN, E.C. 1986. Efficient Irrigation Timing Methods for Corn Production. Transactions of the ASAE, 29 (1): 203–210.

STEWART, J.I. and R.M. HAGAN. 1973. Functions to Predict Effects of Crop Water Deficits. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE 99 (IR4): 421–439.

STEWART, J.I., MISRA, R.D., W.O. PRUITT and R.M. HAGAN. 1975. Irrigating Corn and Grain Sorghum with a Deficient Water Supply. Transactions of the ASAE, 18 (2): 270–280.

STEWART, J.L., DANIELSEN, R.E., HANKS, R.J., JACKSON, E.B., HAGAN, R.M. PRUITT, W.O., W.T. FRANKLIN and J.P. RILEY. 1977. Optimizing Crop Production through of Water and Salinity Levels in the Soil. Utah Water Research Laboratory, PR. 151–1, Logan, Utah. 191 p.

STONE, L.R., SCHLEGEL, A.J., R.E. GWIN and A.H. KHAN. 1996. Response of Corn, Grain Sorghum, and Sunflower to Irrigation in the High Plains of Kansas. Agricultural Water Management, 30: 251–259.

STONE, P.J., WILSON, D.R. J.B. REID and R.N. GILLESPIE. 2001a. Water Deficit Effects on Sweet Corn. I. Water Use, Radiation Use Efficiency, Growth, and Yield. Australian Journal of Agricultural Research, 52 (1): 103–113.

STONE, P.J., WILSON, D.R. J.B. REID and R.N. GILLESPIE. 2001b. Water Deficit Effects on Sweet Corn. II. Canopy Development. Australian Journal of Agricultural Research, 52 (1): 115–126.

SUNDER, R.A., K.E. SAXTON and R.G. SPOMER. 1981. A Predictive Model of Water Stress in Corn and Soybeans. Transaction of the ASAE, 24 (1): 421–439.

SWEENEY, D.W. and C.W. MARR. 2005. Supplemental Irrigation at Reproductive Growth Stages to Improve Popcorn Grown at Different Populations. Agronomy Journal, 97: 741–745.

SZALOKI, S. and S. NEMETH. 1985. Water Requirements and Water Use of Maize in Hungarian People's Republic. Tagungsbericht, Akademie der landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, 231: 91–96.

ŞEHİRALİ, S. 2002. Tohumluk ve Teknolojisi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Fakülteler Matbaası, ISBN: 975–94559–1–9, İstanbul, 422 s.

ŞİMŞEK, M., S. GERÇEK ve A. ÖKTEM. 2003. Farklı Sulama Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde Verim ve Su Tüketimine Etkisi. GAP III. Tarım Kongresi 2–3 Ekim 2003, Bildiri No: S–29, Şanlıurfa.

ŞİMŞEK, M. ve S. GERÇEK. 2005. Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L. *indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1): 77–82.

TOLK, J.A., T.A. HOWELL and S.R. EVETT. 1998. Evapotranspiration and Yield of Corn Grown on three High Plains Soils. *Agronomy Journal*, 90: 447–454.

TREJO, J.A.M., MONSIVAIS, G.O.A., RAMIREZ, O.J., GONZALEZ, Z.A., CERDA, R.E., HERNANDEZ, F.M., S.E. SOSA and A.R. NUNCIO. 2006. Effect of Three Driptape Installation Depths on Water Use Efficiency and Yield Parameters in Forage Maize (*Zea mays* L.) Cultivation. *Tecnica Pecuaria en Mexico*, 44 (3): 359–364.

TROOEN, T.P. BUSCHMAN, L.L. SLODERBECK, P. K.C. DHUYVETTER and W.E. SPURGEON. 1999. Water Use Efficiency of Different Maturity Corn Hybrids and Grain Sorghum in the Central Great Plains. *Journal of Production Agriculture*, 12: 377–382.

TSAKIRIS, G.P. 1982. A Method of Applying Crop Sensitivity Factor in Irrigation Scheduling. *Agricultural Water Management*, 5: 335–345.

TURAN, Z.M. 1995. Araştırma ve Deneme Metotları. U.Ü. Zir. Fak. Ders Notları No: 62, U.Ü. Basımevi, Bursa. 121 s.

TURGUT, İ., F. ÇAKMAK ve A. BALCI. 1999. Bursa Koşullarında Mısırın (*Zea mays indentata* sturt) Verim ve Verim Unsurlarına Etkili Başlıca Karakterler ve Bunların

Kalıtımı Üzerine Araştırmalar. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15–18 Kasım 1999, I. Cilt Genel ve Tahıllar, Adana. S. 269–274.

TURGUT, İ. 2000. Bursa Koşullarında Yetiştirilen Şeker Mısırında (*Zea mays saccharata* Sturt.) Bitki Sıklığının ve Azot Dozlarının Taze Koçan Verimi ile Verim Ögeleri Üzerine Etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24: 341–347.

TURGUT, İ., DUMAN, A., U. BİLGİLİ and E. AÇIKGÖZ. 2005. Alternate Row Spacing and Plant Density Effects on Forage and Dry Matter Yield of Corn Hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy & Crop Science, 191: 146–151.

TÜLÜCÜ, K. 1985. Tarımsal Sulamada Kısıtlı Su Uygulaması, Su-Üretim Fonksiyonu Kavramı ve Kaynakların En İyi Kullanımı. Doğa Bilim Dergisi, Tarım ve Ormanlık, Seri D2, Cilt 9, Sayı 1, TÜBİTAK, Ankara. 134 s.

UL, M.A. 1990. Menemen Ovası Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Kültürteknik Anabilim Dalı, İzmir. 109 s.

UL, M.A. 1992. Menemen Ovası Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinde Kısıtlı Sulama Uygulamasının Verim Üzerine Etkisi. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24–26 Haziran 1992, Atatürk Ünversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum. s. 148–160.

UZUNOĞLU, S. 1991. Ankara Yöresinde Hibrit Mısırın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel Yayın No: 172, Rapor Seri No: 64, Ankara. 26 s.

ÜLGEN, N. ve N. YURTSEVER. 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Yayın No:47, Ankara. 74 s.

VARTANLI, S. ve H.Y. EMEKLİER. 2007. Ankara Koşullarında Hibrit Mısır Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (3): 195–202.

VISWANATHA, G.B., B.K. RAMACHANDRAPPA and H.V., NANJAPPA. 2002. Soil-Plant Water Status and Yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. cv. *saccharata*) as Influenced by Drip Irrigation and Planting Methods. *Agricultural Water Management*, 55: 85–91.

VORIES, E.D., TACKER, P.L., S.W. LANCASTER and R.E. GLOVER. 2009. Subsurface Drip Irrigation of Corn in the United States Mid–South. *Agricultural Water Management*, 96: 912–916.

VURAL, Ç. ve N. DAĞDELEN. 2008a. Aydın Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Cin Mısırın Sulama Programının Oluşturulması. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 5 (2): 105–113.

VURAL, Ç. ve N. DAĞDELEN. 2008b. Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Cin Mısırdaki Farklı Sulama Programlarının Verim ve Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 5 (2): 97–104.

WANG, H.X., ZHANG, L., W.R. DAWES and C.M. LIU. 2001. Improving Water Use Efficiency of Irrigated Crops in the North China Plain—measurements and Modelling. *Agricultural Water Management*, 48:151–167.

WATANABE, K., YAMAMOTO, T., YAMADA, T., SAKURATANI, T., NAWATA, E., NOICHANA, C., A. SRIBUTTA and H. HIGUCHI. 2004. Changes in Seasonal Evapotranspiration, Soil Water Content, and Crop Coefficients in Sugarcane, Cassava, and Maize Fields in Northeast Thailand. *Agricultural Water Management*, 67: 133–143.

WRIGHT, F.S., N.L. POWELL and B.B. ROOS. 1984. Under Row Ripping and Irrigation Effects on Corn Yield, *Transactions of the ASAE*, 27 (4): 973–978.

YAZAR, A., HOWELL, T.A., D.A. DUSEK and K.S. COPELAND. 1999. Evaluation of Crop Water Stress Index for LEPA Irrigated Corn. *Irrigation Science*, 18: 171–180.

YAZAR, A., S.M. SEZEN and B. GENÇEL. 2002. Drip Irrigation of Corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) Area in Turkey. *Irrigation and Drainage*, 51: 293–300.

YILDIRIM, Y.E. 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su Verim İlişkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara. 89 s.

YILDIRIM, O., KODAL, S., M.F. SELENAY ve Y.E. YILDIRIM. 1995. Kısıtlı Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 30 Mart–2 Nisan 1995, Kültürteknik Derneği, Kemer, Antalya. s. 347–365.

YILDIRIM, O., KODAL, S., SELENAY, F., Y.E. YILDIRIM and A. OZTURK. 1996. Corn Grain Yield Response to Adequate and Deficit Irrigation. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20 (4): 283–288.

YILDIRIM, Y.E. ve S. KODAL. 1998. Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 65–70.

YILMAZ, E., DAĞDELEN, N., F. SEZGİN ve T. GÜRBÜZ. 2005a. Aydın Koşullarında Farklı Sulama Yöntemleri ve Sulama Programlarının Pamukta Kütlü Kalitesi Üzerine Etkisi. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (1): 17–22.

YILMAZ, E., DAĞDELEN, N., F. SEZGİN ve T. GÜRBÜZ. 2005b. Karık Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Mısırdaki Farklı Sulama Düzeylerinin Verim ve Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21–23 Eylül 2005, Şanlıurfa. s. 1645–1650.

YURTSEVER, E. ve B. SÖNMEZ. 1992. Sulama Sularının Değerlendirilmesi. KHGM, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, No:181/T–63, Ankara. s. 27–31.

YÜKSEL, A.N., DELİBAŞ, L., A. İSTANBULLUOĞLU ve İ. KOCAMAN. 1997. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su–Üretim İlişkileri. 6.Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5–8 Haziran 1997, U.Ü. Zir. Fak. ve Kültürteknik Derneği, Bursa. s. 436–444.

ZAMFIR, I., ZAMFIR, M.C., POPOVICI, I., I. CALCIU and O. GATE. 2003. Maize Irrigation at Different Water Supplying Levels on the Clay-illuvial Chernozem from A.R.D.S. Teleorman. Romanian Agricultural Research, No:19/20: 45–53.

ZAND-PARSA, S. and A.R. SEPASKHAH. 2001. Optimal Applied Water and Nitrogen for Corn. Agricultural Water Management, 52: 73–85.

ZHANG, X., M. YOU and X. WANG. 1999. Effects of Water Deficits on Winter Wheat Yield During its Different Development Stages. Acta Agriculturae Boreali Sinica, 14:79–83.

ZHANG, Y., YU, Q., LIU, C., J. JIANG and X. ZHANG. 2004. Estimation of Winter Wheat Evapotranspiration under Water Stress with to Semiempirical Approach. Agronomy Journal, 96:159–168.

ZHAO, W., B. LIU and Z. ZHANG. 2010. Water Requirements of Maize in the Middle Heihe River basin, China. Agricultural Water Management, 97: 215–223.

<http://faostat.fao.org>, Erişim Tarihi: 11.02.2010. Konu: Agricultural Production Statistics.

<http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 11.02.2010. Konu: Bitkisel Üretim İstatistikleri.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın tüm aşamalarında, değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali Osman DEMİR'e, tez izleme komitemde bulunan ve çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Senih YAZGAN ve Prof. Dr. İlhan TURGUT'a, teze önemli katkıları olan Sayın Prof. Dr. Halim ORTA ve Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU'ya teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarımın yürütülmesinde gerekli olan arazi ve laboratuvar olanaklarını sunan U.Ü. Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu yöneticilerine teşekkür ederim.

Damla sulama sisteminin tüm unsurlarının sağlanmasında ve çalışmalarım konusunda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Göktürk Tarım ve Hayvancılık San. Tic. Ltd. Şti.'nin değerli yöneticileri Sayın Yusuf AYDIN ve M. Fethi ÖZEL'e teşekkür ederim.

Mısır tohumlarını sağlayan Pioneer firması yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen Arif ÖDEMİŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yürütülmesinde, agronomik özelliklerle ilgili konularda yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZ, Yrd. Doç. Dr. Abdullah KARASU ve Öğr. Gör. Dr. Ahmet TURHAN'a teşekkür ederim.

Tarla çalışmalarında beni yalnız bırakmayan Emre EKİCİ'ye ve emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarım ile öğrencilerime teşekkür ederim.

Bütün bu çalışmalarım sırasında, gösterdikleri sabır ve her zaman yanımda olduklarını hissettirdikleri için sevgili eşim Dilek KUŞÇU'ya ve kızım Ilgın'a sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tezimi yürüttüğüm süre içerisinde beni cesaretlendirip manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeşlerime ve burada adını sayamadığım tüm arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

Bursa İli Mustafakemalpaşa İlçesinde 1978 yılında doğdu. İlköğrenimini Tatkavaklı İlköğretim Okulunda, lise öğrenimini Mustafakemalpaşa Endüstri Meslek Lisesi Makine Ressamlığı Bölümünde tamamladı. 1997 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü kazandı ve 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesinde aynı bölüme yatay geçiş yaptı. 2001 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı ve Araştırma Görevlisi olarak atandı. Mustafakemalpaşa Sulama Projesinde Yönetim Devir Programının Değerlendirilmesi adlı tezini vererek 2004 yılında Ziraat Yüksek Mühendisi unvanı almaya hak kazandı. 2005 yılında U.Ü. Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokuluna Öğretim Görevlisi olarak naklen geçiş yaptı. Halen aynı yerde görevine devam etmekte olup, altısı SCI grubu dergilerde olmak üzere toplam on adet bilimsel makalesi bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.