

50327

**MISIR BİTKİSİNİN SU-VERİM İLİŞKİLERİ, KÖK DAĞILIMI ile BİTKİ SU
STRESİ İNDEKSİNİN BELİRLENMESİ ve CERES-Maize BİTKİ BÜYÜME
MODELİNİN YÖREYE UYUMLULUĞUNUN İRDELENMESİ**

Cafer GENÇOĞLAN

**Ç.Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**ADANA
MAYIS -1996**

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Bu çalışma jürimiz tarafından TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA
Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.



Başkan

: Prof. Dr. Attila YAZAR



Üye

: Prof. Dr. Rıza KANBER

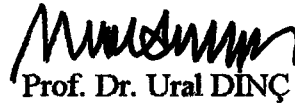
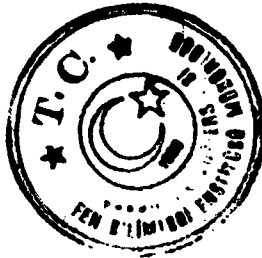


Üye

: Doç. Dr. Ruhi BAŞTUĞ

Kod No: 348

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.



Prof. Dr. Ural DİNÇ

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÇİZELGE LİSTESİ.....	I
ŞEKİL LİSTESİ.....	III
EK ÇİZELGE LİSTESİ.....	VI
ÖZ.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Mısır Bitkisi.....	4
2.2. Su-Verim İlişkileri.....	5
2.3. Bitki Su Stresi.....	20
2.4. Mısır Bitkisinin Kök Gelişim Özellikleri.....	28
2.5. CERES-Maize Bitki Büyüme Modeli.....	30
2.6. Genetik Katsayılar.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Araştırma Yeri.....	41
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	41
3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması.....	41
3.1.4. İklim Durumu.....	43
3.1.5. Ekilen Mısır Çeşidi.....	45
3.2. Yöntem.....	45
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri.....	45
3.2.2. Toprak Hazırlığı ve Ekim.....	46
3.2.3. Gübreleme.....	46
3.2.4. Bakım.....	47

3.2.5. Tarımsal Savaş.....	47
3.2.6. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni.....	48
3.2.7. Sulama Yöntemi	48
3.2.8. Toprak Suyu Gözlemleri.....	51
3.2.9. Nötronmetre Kalibrasyonu	51
3.2.10. Gözlemler ve Ölçümler	53
3.2.10.1 Bitki Boyu ve Örtü Yüzdesi	53
3.2.10.2. Yaprak Sayısı ve Gelişme Dönemleri	53
3.2.10.3. Koçan Boyu ve Koçan Çapı.....	53
3.2.10.4. Yaprak Alanı ve Kuru Madde (Biyomas)	54
3.2.10.4.1. Yaprak Alanı	54
3.2.10.4.2. Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas).....	55
3.2.11. Bitki Su Stresi.....	56
3.2.11.1. Taç Sıcaklığı Ölçümleri.....	56
3.2.11.2. Stoma Direnci Ölçümleri	57
3.2.11.3. Bitki Su Stresi İndeksinin (CWSI) Saptanması	58
3.2.11.3.1. CWSI'nin Ampirik Yöntemle Belirlenmesi.....	58
3.2.11.3.2. CWSI'nin Teorik Yöntemle Belirlenmesi	61
3.2.11.4. Taç Direnci (r_c).....	66
3.2.11.5. Hava Direnci (r_a).....	67
3.2.12. Hasat	68
3.2.13. Hasat İndeksi	69
3.2.14. Su Tüketimi.....	69
3.2.15. Kıyas Bitki Su Tüketimi (ETr)	70
3.2.16. Bitki Üretim Fonksiyonu.....	70
3.2.17. Su Kullanım Randımanı (WUE).....	71
3.2.18. Bitki Kök Sistemi.....	71
3.2.18.1. Köklerin Temizlenmesi	72

3.2.18.2. Kök Ağırlığı Yüzdesi ve Yoğunluğu	73
3.2.19. CERES-Maize Bitki Büyüme Modeli	74
3.2.19.1. Genetik Katsayılar	75
3.2.19.2. Duyarlılık Analizi	76
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	77
4.1. Mısır Bitkisinin Kimi Gelişme Dönemleri	77
4. 2. Sulamaya İlişkin Bulgular	78
4. 3. Su Tüketimi	82
4. 4. Dane Verimi	86
4. 5. Dane Veriminin Sulama Suyu ve Su Tüketimi ile İlişkisi	89
4. 6. Oransal Evapotranspirasyon Açığı (1-Eta / ETm) ile Oransal Verim Azalışı (1-Ya / Ym) İlişkisi ve Verim Tepki Etmeni (ky)	91
4. 7. Mısırın Su Kullanım Etkenliği	92
4.8. Dane Ağırlığı	94
4.8.1. Dane Ağırlığı ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi	96
4.9. Kuru Madde Verimi	98
4. 9.1. Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkileri	102
4.10. Hasat İndeksi (HI)	104
4.11. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	105
4.11.1. Yaprak Alan İndeksi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi	108
4.12. Örtü Yüzdesi	109
4.13. Bitki Boyu	110
4.13.1. Bitki Boyu ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi	112
4.14. Verim Unsurları	114
4.15. Kök	117
4.16. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI)	130
4.17. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ile Dane Verimi İlişkisi	148
4.18. CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Testi	151

	Sayfa No
4.19. CERES-Maize Modelinin Duyarlılık Analizi	164
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	168
ÖZET.....	175
SUMMARY.....	178
KAYNAKLAR.....	181
TEŞEKKÜR.....	198
ÖZGEÇMİŞ.....	199
EKLER.....	200



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1a. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	42
Çizelge 3.1b. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri	42
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları.....	43
Çizelge 3.3. Araştırma yıllarına ilişkin ve uzun yıllık ortalama iklim verileri.....	44
Çizelge 3.4. Sulama konularına uygulanan gübre miktarları (kg/da).....	47
Çizelge 4.1. I ₁₀₀ sulama konusunda gözlenen kimi gelişme dönemleri ve tarihleri.....	77
Çizelge 4.2. Araştırma yıllarında sulama konularına her sulamada uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve su tüketimleri	78
Çizelge 4.3. Araştırma yıllarında mısırın tanık konudaki aylara göre gerçek günlük ve toplam su tüketimleriyle Penman-Monteith yöntemiyle saptanan kıyas bitki su tüketimleri, mm	85
Çizelge 4.4. Araştırma yıllarında deneme parsellerinden elde edilen dane verimleri (kg/da).....	87
Çizelge 4.5. Dane verimine ilişkin varyans analiz sonuçları	87
Çizelge 4.6. Sulama konularına ve yıllara göre mısırın sulama suyu (IWUE) su kullanım (WUE) randımanları	93
Çizelge 4.7. Sulama konularında saptanan ortalama teksele dane ağırlıkları (mg/adet).....	95
Çizelge 4.8. Sulama konularında saptanan dane ağırlıklarına (mg/adet)..... ilişkin varyans analiz sonuçları	95
Çizelge 4.9. Sulama konularından elde edilen kuru madde miktarları (kg/m ²)	100
Çizelge 4.10. Sulama konularındaki kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analizi....	101
Çizelge 4.11. Araştırma yıllarında sulama konularında belirlenen hasat indeksleri.....	105
Çizelge 4.12. Araştırma yıllarında sulama konularından elde edilen kimi verim öğeleri	115
Çizelge 4.13. İnfrared Termometre (IRT) ve Porometre (P) ölçümlerinden saptanan bitki su stresi indeksleri (CWSD).....	134

Çizelge 4.14. TTM-815 mısır çeşidine ilişkin Genetik Katsayılar	151
Çizelge 4.15. Denemede gözlenen ve CERES-Maize bitki büyüme modeliyle kestirilen değerler	152
Çizelge 4.16. CERES-Maize bitki büyüme modelinin tarla kapasitesi değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	165
Çizelge 4.17. CERES Maize bitki büyüme modelinin solma noktası değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	166
Çizelge 4.18. CERES-Maize bitki büyüme modelinin sulama randımanı değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	166
Çizelge 4.19. CERES-Maize bitki büyüme modelinin doyumluk noktası değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	166
Çizelge 4.20. CERES-Maize bitki büyüme modelinin sıra aralığı değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	167
Çizelge 4.21. CERES Maize bitki büyüme modelinin etkili kök derinliği değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)	167

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1a. Deneme planının şematik görünümü	49
Şekil 3.1b. Bir parselin ayrıntılı görünümü.....	50
Şekil 3.2. Toprak profilinin farklı katmanları için saptanan nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri.....	52
Şekil 3.3. Parselden bitki örneklerinin alınması ve örneklenen.....	55
bitkiler arasındaki uzaklığın ölçülmesi.....	55
Şekil 3.4. Kök örneklerinin alınma konumları (üstten görünüş).....	72
Şekil 4.1. Araştırma yıllarında deneme konularında sulamadan önceki mevcut toprak nemi	80
Şekil 4.2. Mısır bitkisinin gelişme dönemleri ve su uygulama zamanları.....	81
Şekil 4.3. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin yığışimli su tüketimleri	84
Şekil 4.4. Dane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ilişkisi	90
Şekil 4.5. Dane verimi (Y) ile evapotranspirasyon (ET) ilişkisi.....	90
Şekil 4.6. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi.....	92
Şekil 4.7. Sulama suyu (I) ile dane ağırlığı (DA) ilişkisi	97
Şekil 4.8. Su tüketimi (ET) ile dane ağırlığı (DA) ilişkisi.....	97
Şekil 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularındaki kuru maddenin zamana göre gelişimi.....	99
Şekil 4.10. Kuru madde miktarı (KM) - sulama suyu ilişkisi.....	103
Şekil 4.11. Kuru madde miktarı (KM) ile su tüketimi ilişkisi	104
Şekil 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin LAI'nin zamana göre gelişimi	106
Şekil 4.13. Yaprak alan indeksi (LAI) - sulama suyu (I) ilişkisi	108
Şekil 4.14. Yaprak alan indeksi (LAI) - su tüketimi (ET) ilişkisi.....	109
Şekil 4.15. Mısır bitkisinin yetiştirme mevsimi boyunca örtü yüzdesi gelişimi	110
Şekil 4.16. Araştırma yıllarında sulama konularında zamana göre bitki boy gelişimi	111
Şekil 4.17. Araştırma yıllarında bitki boyu ile sulama suyu ilişkisi.....	113
Şekil 4.18. Araştırma yıllarında bitki boyu ile su tüketimi arasındaki ilişkisi	113

Şekil 4.19a. I ₂₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)	119
Şekil 4.19b. I ₄₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)	120
Şekil 4.19c. I ₁₀₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)	120
Şekil 4.20a. I ₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	121
Şekil 4.20b. I ₂₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	121
Şekil 4.20c. I ₄₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	122
Şekil 4.20d. I ₆₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	122
Şekil 4.20e. I ₈₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	123
Şekil 4.20f. I ₁₀₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)	123
Şekil 4.21a. Toprak profilinde mısır köklerinin ağırlık yüzdeleri	125
Şekil 4.21b. Toprak profilinde mısır köklerinin ağırlık yüzdeleri	125
Şekil 4.22. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1993)	127
Şekil 4.23a. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1994)	128
Şekil 4.23b. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1994)	129
Şekil 4.24. Mısır bitkisine ilişkin alt ve üst sınır ilişkileri (1993)	131
Şekil 4.25. Mısır bitkisine ilişkin alt ve üst sınır ilişkileri (1994)	131
Şekil 4.26. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetişme dönemindeki günlük oransal nem değişimi	137
Şekil 4.27. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetişme dönemindeki günlük sıcaklık değerleri değişimi	138
Şekil 4.28. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetişme dönemindeki günlük rüzgar hızı değişimi	139
Şekil 4.29a. İnfrared termometre gözlemlerinden saptanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi	140
Şekil 4.29b. İnfrared termometre gözlemlerinden saptanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi	141

Şekil 4.30. Porometre değerlerinden saptanan CWSI'nin zamana göre değişimi	143
Şekil 4.31. IRT değerlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi	144
Şekil 4.32. Porometre değerlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi	144
Şekil 4.33. Farklı ölçüm tarihlerinde CWSI'nin gün boyunca değişimi	146
Şekil 4.34. Porometre gözlemlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi.....	147
Şekil 4.35. Oransal dane verimi ile IRT yöntemiyle belirlenen CWSI ilişkisi.....	149
Şekil 4.36. Oransal dane verimi ile porometre yöntemiyle belirlenen CWSI ilişkisi	150
Şekil 4.37. Sulama konularına ilişkin gözlenen ile kestirilen dane verimleri	154
Şekil 4.38. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen dane ağırlıkları	155
Şekil 4.39. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen birim alandaki dane sayısı.....	156
Şekil 4.40. Sulama konularına ilişkin koçanlarda gözlenen ve kestirilen dane sayısı.....	157
Şekil 4.41. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerleri	158
Şekil 4.42. Sulama konularında gözlenen ile kestirilen kuru madde ilişkisi	159
Şekil 4.43. Sulama konularında gözlenen ile kestirilen sap ağırlığı ilişkisi	160
Şekil 4.44. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerlerinin büyüme mevsimi süresince değişimi	162
Şekil 4.45. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerlerinin büyüme mevsimi süresince değişimi	162
Şekil 4.46. Tam sulanan (I_{100}) ve susuz (I_0) konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen kuru madde miktarlarının büyüme mevsimi süresince değişimi.....	163
Şekil 4.47. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen kuru madde miktarlarının büyüme mevsimi süresince değişimi.....	164

EK ÇİZELGE LİSTESİ

Ek Çizelge 1a. I_0 konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	201
Ek Çizelge 1b. I_{20} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	201
Ek Çizelge 1c. I_{40} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	201
Ek Çizelge 1d. I_{60} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	202
Ek Çizelge 1e. I_{80} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	202
Ek Çizelge 1f. I_{100} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1993)	202
Ek Çizelge 2a. I_0 konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1994)	203
Ek Çizelge 2b. I_{20} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon(1994)	203
Ek Çizelge 2c. I_{40} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1994)	203
Ek Çizelge 2d. I_{60} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1994)	204
Ek Çizelge 2e. I_{80} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1994)	204
Ek Çizelge 2f. I_{100} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışımli evapotranspirasyon (1994)	204
Ek Çizelge 3. Yetişme mevsimi boyunca kuru madde gelişimi (kg/m^2 , 1993)	205
Ek Çizelge 4. Yetişme mevsimi boyunca kuru madde gelişimi (kg/m^2 , 1994)	205
Ek Çizelge 5. Yetişme mevsimi boyunca sap ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1993).....	206

Ek Çizelge 6. Yetiştirme mevsimi boyunca sap ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1994).....	206
Ek Çizelge 7. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1993)	207
Ek Çizelge 8. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1994)	207
Ek Çizelge 9. Yetiştirme mevsimi boyunca dane ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1993).....	208
Ek Çizelge 10. Yetiştirme mevsimi boyunca dane ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1994).....	208
Ek Çizelge 11. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak alan indeksi gelişimi (LAI, 1993)	209
Ek Çizelge 12. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak alan indeksi gelişimi (LAI, 1994)	209
Ek Çizelge 13. Yetiştirme mevsimi boyunca örtü yüzdesi gelişimi (1993).....	210
Ek Çizelge 14. Yetiştirme mevsimi boyunca örtü yüzdesi gelişimi (1994).....	210
Ek Çizelge 15. Yetiştirme mevsimi boyunca bitki boy gelişimi (cm, 1993).....	211
Ek Çizelge 16. Yetiştirme mevsimi boyunca bitki boy gelişimi (cm, 1994).....	211
Ek Çizelge 17a. I_{20} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1993, cm).....	212
Ek Çizelge 17b. I_{40} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1993, cm)	212
Ek Çizelge 17c. I_{100} sulama konusundan elde edilen kök uzunlukları (1993, cm)	213
Ek Çizelge 18a. I_0 sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm).....	213
Ek Çizelge 18b. I_{20} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)	214
Ek Çizelge 18c. I_{40} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm).....	214
Ek Çizelge 18d. I_{60} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)	215
Ek Çizelge 18e. I_{80} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm).....	215
Ek Çizelge 18f. I_{100} sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm).....	216
Ek Çizelge 19. Mısır bitkisinin kök ağırlık yüzdesi (1993).....	216
Ek Çizelge 20. Kök ağırlık yüzdesi (1994).....	216
Ek Çizelge 21. Evapotranspirasyon yüzdesi (1993).....	217
Ek Çizelge 22. Evapotranspirasyon yüzdesi (1994).....	217
Ek 23. Porometre okumalarını yaprak direncine ve iletkenliğe çeviren Qbasic bilgisayar program Listesi	217

Bu çalışma, Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini, su kısıntısının verim ve verim unsurları ile kök dağılımına etkilerini belirlemek; infrared termometre (IRT) ve porometre gözlemlerinden saptanan bitki su stresi indekslerinden (CWSI) yararlanarak sulama programını hazırlamak ve CERES-Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunu test etmek amacıyla yapılmıştır.

Araştırma, denizden yüksekliği ortalama 20 m olan, 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer alan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 1993 ve 1994 yıllarında killi Mutlu serisi topraklarında TTM-815 mısır çeşidi kullanılarak yürütülmüştür.

Bu çalışmada, sulama konuları her 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinde tüketilen suyun %100 (I₁₀₀), %80 (I₈₀), %60 (I₆₀), %40 (I₄₀), %20 (I₂₀) ve %0'1 (I₀) uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırmada I₁₀₀ konusuna denemenin birinci yılında 6, ikinci yılında ise 7 kez olmak üzere, sırasıyla toplam 752 ve 823 mm su uygulanmıştır. Anılan konuya ilişkin su tüketimi birinci yıl 999 mm, ikinci yıl ise 1052 mm olarak belirlenmiştir. Söz konusu sulama konusunda dekara verim 1993 yılında 1001.5 kg; 1994 yılında ise 1003.4 kg olmuştur.

Dane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ve su tüketim (ET) miktarları arasında denemenin ilk yılında sırasıyla $Y = -0.00191 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2 = 0.98^{**}$) ve $Y = 1.623 ET - 500.45$ ($r^2 = 0.88^{**}$); ikinci yılında ise sırasıyla $Y = -0.0012 I^2 + 1.9 I + 222.49$ ($r^2 = 0.97^{**}$) ve $Y = 1.042 ET - 14.10$ ($r^2 = 0.88^{**}$) şeklinde önemli ilişkiler bulunmuştur.

Çalışmada verim etmeninin (ky), 1.08 ile 1.61 arasında değiştiği saptanmıştır.

Konulara göre sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), 1.0-2.43 kg/da-mm; su kullanım randımanı (WUE_{ET}) ise 0.22 ile 1.25 kg/da-mm arasında değişmiştir.

Yaprak alan indeksi (LAI), kuru madde miktarı, bitki boyu, bitki başına yaprak sayısı, koçan boyu, koçan başına verim, koçandaki dane dayısı, bitki başına koçan sayısı, bitki başına dane verimi ve sayısı bitkide su stresi arttıkça azalmıştır.

Çalışmada, mısır dane veriminin düşmeye başladığı, sulamadan önceki infrared termometre gözlemlerinden belirlenen eşik CWSI değeri 0.19; porometre gözlemlerinden belirlenen eşik değeri ise 0.26 olarak bulunmuştur.

Su stresi arttıkça, toprak profilinde mısır köklerinin daha derinlere doğru gittiği gözlenmiştir. Mısır köklerinin 0-40 cm'lik toprak katmanında yoğunlaştığı ve etkili kök derinliğinin ise 100 cm olduğu saptanmıştır.

CERES-Maize bitki büyüme modelinin tarla kapasitesi, solma noktası su içeriklerine ve sulama randımanına duyarlı olduğu; bazı konularda kimi verim ve verim unsurlarını tam olarak kestiremediği belirlenmiştir.

Abstract

This study was carried out to determine yield-water relationships or production function of the first crop maize, effects of the limited water on yield and yield components, and to establish an irrigation scheduling program for maize using the crop water stress index (CWSI) determined from the observed data of the infrared thermometer and porometer, and to test and validate the CERES-Maize growth model under Çukurova region conditions.

Experimental site was located at the Research Field of the Agricultural Structures and Irrigation Department (altitude 20 m sea level above, 36° 59' N, 35° 18' E) on Clayey Mutlu Soil Series. TTM-815 hybrid corn variety was used in this study.

Irrigation management treatments were created as 100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 % and 0 % replenishment of water depleted in the 120 cm soil profile from the 100 % replenishment treatment in every ten days. I₁₀₀ treatment plots were irrigated 6 and 7 times in 1993 and 1994, respectively, and a total of 752 mm to 823 mm of irrigation water were applied I₁₀₀ irrigation treatment, in which water use was determined as 999 mm and 1052 mm in 1993 and 1994, respectively. Grain yield obtained from the above mentioned irrigation treatment was 1001.5 kg/da in the first year and 1003.4 kg/da in the second year of the experiment.

Significant relationships between grain yield (Y) vs seasonal irrigation (I), and grain yield vs water use (ET) were found in the first year as $Y = -0.00191 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2 = 0.98$ **) and $Y = 1.623 ET - 500.45$ ($r^2 = 0.88$ **). Corresponding relations for the second year were as $Y = -0.0012 I^2 + 1.9 I + 222.49$ ($r^2 = 0.97$ **) and $Y = 1.042 ET - 14.10$ ($r^2 = 0.88$ **), respectively.

The yield response factor (ky) ranged between 1.08-1.61.

Irrigation water use efficiency (IWUE) and water use efficiency (WUE_{ET}) were found to be between 1.0-2.43 kg/da-mm and 0.22-1.25 kg/da-mm, respectively for the treatments studied.

As crop water stress increased, leaf area index (LAI), dry matter, plant height, numbers of leaves per plant, ear length, ear yield, number of kernels per ear, number of ears per plant, grain yield per plant and number of kernels per plant decreased.

In this study, the yield reduction threshold CWSI values were determined using the infrared thermometer (IRT) and porometer readings. These threshold values of crop water stress index for IRT and porometer were 0.19 and 0.26, respectively.

As crop water stress increased, rooting was observed in the deeper soil profile. It was found that roots of maize concentrated in the first 40 cm soil profile. Effective root depth for maize was determined as 100 cm.

It was observed that CERES-Maize growth model was sensitive to the irrigation water use efficiency and at soil water contents of field capacity and the permanent wilting point. But the model did not exactly estimate the yield and the yield components obtained from some irrigation treatments.

1. GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de yıldan yıla nüfusun ve hayvan sayısının hızla artması nedeniyle besin maddelerine olan gereksinimi karşılama sorunu, günümüzde tahıl üretimine önem kazandırmaktadır. İnsanların büyük bir çoğunluğu beslenme gereksinimini tahıllarla karşılamaktadır. Dünya tahıl ekilişinde buğday ve çeltikten sonra üçüncü, üretimde ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan mısır (KÜN, 1985), insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanısıra endüstride; nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında da kullanılmaktadır (GÜNGÖR ve ÖĞRETİR, 1980). Dünyaya Amerika’dan yayılan mısır, 60° Kuzey ve 42° Güney enlemleri arasında yetişmektedir (UZUNOĞLU, 1991).

Ülkemizde en fazla mısır ekim alanına sahip bölgelerin başında 1993 yılı tarım istatistiklerine göre 223.871 ha ile Karadeniz, ikinci sırada ise 157.417 ha ile Akdeniz bölgesi yer almaktadır. Dekardan en yüksek mısır verimi alınan bölgelerin başında 721.7 kg ile Akdeniz, bunu 590.9 kg/da ile Marmara Bölgesi izlemektedir (DİE, 1994). Aynı yılın tarım istatistiklerine göre mısır, toplam tahıllar içerisinde 550.000 hektarlık ekim alanı ile %3.87, 2.5 milyon tonluk üretimi ile de %7.9 pay almaktadır. Aynı yıl için ortalama mısır verimi 454.6 kg/da’dır (DİE, 1995). Adana ilinde 1993 ve 1994 yıllarında I. ürün mısır ekiliş alanı ortalama 33.728 ha ve verim ise 920 kg/da’dır. İkinci üründe ise ortalama ekiliş alanı 52.181 ha ve verim ise 677 kg/da’dır (ANONYMOUS, 1995).

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz ve 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 nüfusunun su kullanımı ve endüstriyel gereksinimleri de bu azalmayı belirli ölçüde hızlandırmaktadır (GUITJENS, 1982).

Bitkinin su gereksiniminin doğal yollarla karşılanamadığı yerlerde sulamanın temel amacı, verim düşüklüğüne ya da düşük kalitede ürün elde edilmesine yol açacak su stresini önlemektir. Uygulanacak su miktarı ve uygulama zamanı; yörenin iklim koşulları, bitki türü ve gelişme dönemi, toprağın su tutma kapasitesi, bitki kök derinliği ile ilgilidir (BURMAN ve Ark., 1980).

Modern sulama programları, sulamaya ayrılan su kaynağının kıt olduğu alanlarda en yüksek verimi elde etmede ve sözkonusu kaynağın bol olduğu yerlerde ise enerji tasarrufu sağlaması bakımından çok önem taşımaktadır. Anılan sulama programları suyun ve enerjinin randımanlı bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır (GEISER ve Ark., 1982).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama suyuna ve pahalı su kaynaklarına olan talep arttıkça verim ile sulama suyu arasındaki ilişkiyi ortaya koyan ve optimum sulama işletmeciliğini belirlemede kullanılan su-üretim fonksiyonlarına gereksinim de artmaktadır (RUSSO ve BAKKER, 1987).

Su-üretim fonksiyonu, toprak, bitki ve iklime ilişkin etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Her bitki için su kullanımı ile verim arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla geliştirilen su-üretim fonksiyonu, belli parametreler ve belirlenen ölçütler içerisinde kestirilmeye çalışılmaktadır.

Su-üretim fonksiyonları, planlayıcılar tarafından seçeneksel su dağıtımı ile ilgili kararların ekonomik sonuçlarının kestiriminde de kullanılmaktadır. Öte yandan, su üretim fonksiyonları, sulama sistemlerinin kapasiteleri, sulama programları ve su kullanım randımanlarının yorumlanması konularında da önemli ipuçları vermektedir (SAMMIS, 1981). Anılan fonksiyonlar, bitkilerin su gereksinimlerinin, bitki büyüme modellerinin, su kullanım randımanlarının ve sulama programlarının değerlendirilmesi ile su dağıtım işlemlerinin yapılması yanında sulama sistemlerinin planlanmasında, işletilmesinde ve ekonomik analizlerinde de kullanılmaktadır (HOWELL ve MUSICK, 1984). Ayrıca, bir bitkiyi ekonomik olarak sulamanın yolu, verim ile su arasındaki ilişkinin bilinmesine bağlıdır (BARRETT ve SKOGERBOE, 1978).

Su-üretim fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, sulama programı stratejilerinin belirlenmesinde (ALGOZIN ve Ark., 1988); yarı kurak bölgelerde yağışlardan kaynaklanan tarımsal üretimdeki oluşacak riskin saptanmasında (RITCHIE, 1985); bitkinin günlük gelişim kestiriminin yapılmasında, üreticilerin ürünlerini satmasının veya depolamasının, gelecekte oluşacak fiyatlara etkisinin belirlenmesinde (HODGES ve Ark., 1987); bitkisel üretimin değişik aşamalarına karar verilmesinde (YAZAR, 1991); gelecekteki iklim değişikliklerinin verime olan etkisinin saptanmasında kullanılan bitki büyüme modelleri: karmaşık bir çevreye uygun bitki adaptasyonunun yapılması ve bu adaptasyon ile ilgili toplanan bilimsel değerlerin ortalama kestiriminin yapılması şeklinde tanımlanmıştır (GRANT ve Ark., 1989).

Çukurova'da mısır ekiliş alanlarının giderek artması anılan bitkinin su ve gübre gereksiniminin yüksek olması üreticilerin gelecekte su kısıntısıyla karşı karşıya kalmalarını kaçınılmaz kılacaktır. Tarımsal amaçlı sulamada kullanılan su miktarı, bölgemizin yarı kurak olması, tarım dışı kullanılması ve çevre kirliliği nedeniyle giderek azalmaktadır. Bu nedenlerle bu kaynakların optimum kullanılması gerekmektedir.

Kıt kaynaklarımızın optimum kullanılmasını olanaklı kılmak amacıyla: Çukurova koşullarında I. ürün mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini belirlemek; farklı düzeylerde oluşturulan su stresinin kök gelişimine etkisini irdelemek; son yıllarda çeşitli bitkilerin sulama programlarının oluşturulmasında kullanılan bitki su stresi indeksini (CWSI) saptamak; CERES-Maize bitki büyüme modelini kalibre ve test etmek; anılan modelin duyarlılık analizini yapmak amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde mısır bitkisine ilişkin genel bilgiler verilmiş ve anılan bitkinin su-verim ilişkileri, bitki su stresi indeksi (CWSI), kök gelişimi ve CERES-Maize bitki büyüme modeli ile ilgili yapılmış çalışmalar gözden geçirilmiştir.

2.1. Mısır Bitkisi

Sıcak iklim tahılı olan mısırın, (*Zea Mays L.*) Germineae familyasının Maydeae oymağına girdiği ve bu oymak içerisinde sekiz ayrı türünün bulunduğu belirtilmektedir. Anılan oymağın en önemli türü olan *Zea*'nın arkeolojik ve paleobotanik bulgular sonucu Amerika kökenli olduğu ve Güney Amerika'da çok uzun yıllardan beri kültürünün yapıldığı bildirilmiştir (KÜN, 1985; UL, 1990).

DOORENBOS ve KASSAM (1979) mısırın, Orta Amerika-Andean bölgesi kökenli olduğunu, gelişme dönemi boyunca günlük ortalama sıcaklığın 15°C'nin üstünde olduğu ve don olayının görülmediği koşullarda, ılımandan tropiğe dek değişen iklim kuşaklarının tümünde yetiştirildiğini belirtmişlerdir.

Mısırın yetiştirme mevsimi süresince, günlük ortalama sıcaklık 20 °C'den yüksek olduğunda, erkenci çeşitler 80-110 gün, orta erkenci çeşitlerde ise 110-140 gün arasında olgunlaşmaktadır. Günlük ortalama sıcaklık 20 °C'nin altında ise, çeşide bağlı olarak sıcaklıktaki her 0.5 °C düşüş için olgunlaşma süresi 10-20 gün uzamakta ve sıcaklık 15 °C olduğunda hasata gelmesi 200-300 güne kadar çıkmaktadır. Günlük ortalama sıcaklığın 10-15 °C olduğu soğuk koşullarda bitki dane bağlayamadığından genellikle silajlık olarak yetiştirilmektedir. Mısır tohumlarının çimlenmesi için optimum sıcaklığın 18-20 °C arasında olduğu saptanmıştır (DOORENBOS ve KASSAM, 1979).

Mısır bitkisinin toprak seçiciliğinin fazla olmadığı ve hemen her tür toprakta tarımının yapılabilmesi konusunda ortak görüşe sahip olan çeşitli araştırmacılar (LARSON ve HANWAY, 1977; KÜN, 1985), yine de çok kumlu ya da ağır killi topraklar dışında kalan, organik madde ve alınabilir bitki besin maddelerince zengin,

derin, iyi drenajlı ve yüksek su tutma kapasitesine sahip toprakların yüksek verim için en uygun olduğunu belirtmektedirler. Mısır bitkisinin pH yönünden oldukça geniş sınırlara sahip topraklarda (pH= 5.5-8.5) tarımının yapılabileceğini ancak, en uygun toprakların hafif asit ya da nötr (pH=6-7) karakterde olduğunu bildiren yine aynı araştırmacılar, mısırın toprak tuzluluğuna karşı orta derecede duyarlı bitkiler sınıfında yer aldığını vurgulamışlardır.

DOORENBOS ve KASSAM (1979), toprak tuzluluğunun 1.7 mmhos/cm olduğu durumda tuzluluk nedeniyle verimde herhangi bir azalma olmamasına karşın, tuzluluk 2.5 mmhos/cm olduğunda verimde %10; 3.8 mmhos/cm'de %25; 5-8 mmhos/cm'de %50 oranında azalmalar meydana geldiğini, toprak tuzluluğunun 10 mmhos/cm ve daha fazla olması durumunda ise verim elde etmenin olanaksız olduğunu bildirmişlerdir.

2.2. Su-Verim İlişkileri

Su kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmanın temel koşulu toprak, iklim ve bitki etmenlerine bağlı olan sulama zamanı ve miktarı arasındaki ilişkinin bilinmesidir (JAMES ve Ark. 1982). Anılan kaynaklardan sulamaya ayrılan su miktarı, endüstriyel ve kentsel kullanım yanında çevre kirliliği nedeniyle giderek azalmaktadır. Bunun sonucu, sulama şebekelerinin kısıntılı su kullanma koşullarına göre planlanması ve işletilmesi için öncelikle verim ile sulama suyu arasındaki ilişkilere gereksinim duyulmaktadır (HANKS, 1983; SMITH, 1984; KANBER ve Ark., 1994).

Sulama sistemlerinin ekonomik yönden değerlendirilmesi, verim ile sulama suyu arasındaki ilişkilerin bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Eğer, su bir girdi, verim çıktı ise; ikisi arasındaki ilişki bitki su-verim fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Ancak, anılan fonksiyonlar önemli ölçüde deneysel olduklarından yalnız belli yöreleri ve koşulları temsil ederler. Bunun yanında, su-verim fonksiyonlarında iklim değişkenleri, bitki besin maddeleri, toprak tuzluluğu, toprak ve sulamadaki yersel değişkenlikler, hastalık ve zararlılar vb gibi etmenler dikkate alınmış veya alınmamış olabilir. Tüm bunlara karşın su-

verim fonksiyonları, işletme ve ekonomik analizler için en yüksek net gelirin hesaplanmasında, marjinal üretimin karşılaştırılmasında da gereklidir.

Bitki üretim fonksiyonlarının saptanmasında genelde iki yaklaşım vardır. Bunlardan birincisi araziden elde edilen deneysel değerlerle; ikincisi ise toprak-su-bitki sistemini tanımlayarak oluşturulan matematiksel modellerle belirlenmesidir. Denemeden elde edilen değerlerin, araştırmanın yürütüldüğü yıllara ve yere bağlı olması nedeniyle, bitki üretim fonksiyonlarının elde edilmesinde bazı sorunlar bulunmaktadır (RUSSO ve BAKKER, 1987).

KANBER ve Ark. (1990b), bitki üretim fonksiyonunu; bitkisel üretimin evapotranspirasyonla, sulama suyu miktarıyla veya transpirasyonla olan matematiksel ilişkisi şeklinde tanımlamışlardır. Verim ile evapotranspirasyon arasındaki regresyon analizi sonucu elde edilen su-üretim fonksiyonları, geliştirildikleri bölgelerin toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Hatta aynı bölgede farklı yıllarda elde edilen ilişkiler de bile farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle, bölgeden bölgeye ve yıldan yıla değişen koşullarda kullanılabilen eşitliklere gereksinim vardır. JAMES ve Ark. (1982)'nin STEWART (1977)'den bildirdiğine göre sabit ve bölgeden bölgeye aktarılabilceği belirtilen, oransal evapotranspirasyon açığı ve oransal verim azalışı arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir yöntem geliştirmiştir.

Uygulama ve araştırmalarda kullanılan su-üretim fonksiyonlarının bir bölümü doğrusal, diğer bir bölümü ikinci dereceden ve az bir kısmı da doğrusal değildir. Anılan fonksiyonlar kullanıcının gereksinimini, her zaman olmamakla beraber bazen karşılayamamaktadır. Verim ile evapotranspirasyon arasındaki ilişkinin doğrusal olması her zaman doğru bir yaklaşım olmayabilir. Ancak, araştırmacılar ve uygulayıcılar, pratikte doğrusal ilişkinin yeterli olması nedeniyle su-üretim fonksiyonlarının doğrusal olduğunu varsaymışlardır (HELWEG, 1991).

Su uygulaması bitkinin kritik dönemlerine göre yapılmadığında, verim ile evapotranspirasyon karşılıklı grafiklendiğinde, noktaların rastgele dağıldığı ifade edilmiştir. Ancak, tersi durumda, bitkinin kritik gelişme dönemlerinin belirlenerek anılan dönemlerde bitkinin gereksinim duyduğu suyun uygulanması durumunda, noktaların bir

doğru üzerinde olacağı belirtilmiştir. Elde edilen doğrunun, ölçülen evapotranspirasyona karşılık gelen verimin üst sınırını temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Verimin üst sınır değerleri ile uygulanan sulama suyu karşılıklı grafiklendiğinde ilişkinin dışbükey (konkav) olduğu belirlenmiştir. Doğrusal ve eğrisel bu iki çizgi arasında yatay bir doğru çizildiğinde anılan doğrunun, sulamadaki kayıpları gösterdiği saptanmıştır. Su uygulama randımanı ne denli yüksek ise uygulanan su ile verim arasındaki ilişkinin doğrusal fonksiyona o derecede yaklaştığı belirlenmiştir. Eğrisel ilişkinin doğru ilişkiden ayrılması, idealden sapmayı gösterdiği gözlenmiştir. İdeale yaklaşan üretim fonksiyonunun, sulama sisteminin işletme düzeyini ve performansını yansıttığı ifade edilmiştir (BARRETT ve SKOGERBOE, 1978).

Bitki büyüme modelleri de su-verim fonksiyonlarının eldesinde kullanılabilir. Yalnız modellerde kullanılan kabullerin temeli, deneysel üretim fonksiyonlarına göre daha basittir (HOWELL ve Ark., 1990; KANBER ve Ark., 1994).

Bitkilerin büyüme periyotlarında, strese duyarlı belirli kritik dönemlerinin olduğu bilinmektedir. Bitki, sözkonusu dönemlerde su eksikliği ile karşılaştığında, fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilenmekte ve bunun bir sonucu olarak da verimde önemli azalmalar meydana gelmektedir. Özellikle, suyun kısıntılı olduğu yerlerde, stresten en fazla etkilenen dönemlerin bilinmesi, sulama işletmeciliği açısından son derece önemlidir (YAZAR ve Ark., 1990).

Mısır bitkisinin suya en fazla tepki gösterdiği dönemlerin vejetatif, püskül çıkarma ve dane oluşum dönemi olduğu belirlenmiş, anılan dönemlerde yapılan su kısıntısının verimde önemli düşmelere neden olacağı ifade edilmiştir (YILDIRIM ve Ark., 1995).

Eğer su kısıntısı vejetatif periyotta oluşursa bitkinin anılan dönemdeki su stresine uyum sağılabileceği belirlenmiştir. Tozlanma döneminde oluşacak su stresinin verimi azalttığı ve verimdeki bu azalışın da su kullanım randımanını düşürdüğu saptanmıştır. Mısır bitkisi ilk iki gelişme döneminde yeterli düzeyde sulanmadığında, dane dolum döneminde yapılan sulamanın verime etkisinin olmadığı ve hatta verime olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisinin tozlanma döneminin diğer gelişme periyotlarına

göre daha kritik olması nedeniyle anılan dönemde bitkinin gereksinim duyduğu suyun mutlaka verilmesi gerektiği vurgulanmıştır (BARRETT ve SKOGERBOE, 1978).

Uygun sulama zamanının seçimi çok önemli olduğundan bitkinin su stresine duyarlı olduğu dönemde, sulama geciktirildiğinde, bir sonraki sulamada fazla su uygulansa bile verim düşmektedir. Sulama aralığını bir takvime veya sabit bir sulama programına bağlama yerine bitki gelişim dönemlerine göre değişen bitki su gereksinimlerini karşılama esnekliği gösterebilen sulama zamanı ve sulama miktarı saptanmalıdır (DOORENBOS ve PRUITT, 1977).

Sulama programlarının hazırlanmasında kullanılan yöntemlerden birisi de kısıntılı sulamadır. Anılan yöntem, su kaynağının sulanacak alan için yeterli olmadığı koşullarda etkili su kullanımı sağlamaktadır. Kısıntılı sulama ile bitkilerin belirlenen bazı dönemlerinde su kısıntısı yapıldığında (bitkiler strese sokulduğunda) verimde önemli bir düşmenin olmadığı gözlenmiştir. Kısıntı yoluyla sağlanan su ile daha fazla tarım alanı sulanabileceği saptanmıştır (KANBER ve KIRDA, 1994). Ancak, değinilen uygulamanın başarısı, su-verim ilişkilerini gösteren fonksiyonların elde edilmesine bağlıdır. Yeterli bir su üretim fonksiyonu, ekonomik ilkeler kadar, bitkinin suya karşı gösterdiği fizyolojik ve agronomik tepkileri de içermelidir. Bu nedenle anılan ilişkilerle ilgili yapılan ilk çalışmalar, fizyolojik yaklaşımlar ve yarı ampirik yaklaşımlar şeklinde iki grup altında toplanmıştır (KANBER ve Ark., 1993).

FAPOHUNDA ve Ark. (1984) Nijerya'da siltli-tınlı toprakta, kısıntılı su uygulama düzeyinden aşırı su uygulama düzeyine kadar sulama konuları oluşturarak elde edilen mısır verimi ile evapotranspirasyon arasında önemli düzeyde eğrisel bir ilişki olduğunu saptamışlardır (Kuru madde için $r^2= 0.83$, dane verimi için $r^2= 0.94$ 'dür). Eğrisel ilişki yerine doğrusal fonksiyon kullanıldığında, korelasyon katsayısını kuru madde için 0.01 ve dane verimi için de 0.03 bulmuşlardır. Aşırı sulanan konulara ilişkin değerler regresyon analizinden çıkarıldığında, kuru madde ve dane verimi için korelasyon katsayısını 0.83 olarak saptamışlardır. Araştırmacılar, uygulanan suyun evapotranspirasyonu karşılayana kadar kuru madde ve mısır dane verimini arttırdığını, bu noktadan sonraki uygulanan suyun ise verimi daha fazla arttırmadığını hatta azalttığını gözlemişlerdir.

Evapotranspirasyonu karşılayana dek uygulanan su ile verim arasında doğrusal, bu noktadan sonra ise aşırı sulama yapıldığında, su ile verim arasında eğrisel bir ilişki belirlenmiştir.

North Dakota'da kumlu-tınlı toprakta mısırın vejetatif, dölleme ve dane dolum dönemlerinde düşük (kullanılabilir nemin % 30-40'ı tüketildiğinde), orta (kullanılabilir nemin % 65-80'i tüketildiğinde) ve yüksek (kullanılabilir nemin % 80-100'ü tüketildiğinde) su stresi uygulanarak yürütülen çalışmada, su kısıntısı yapılmayan konuya uygulanan 3 yıllık ortalama su miktarı 470.7 mm, su tüketimi 528 mm ve dane verimi de 1155 kg/da olarak belirlenmiştir. Dölleme döneminde aşırı su stresi uygulandığında, su kullanım randımanının (WUE), su kısıntısı uygulanmayan konuya göre %31 oranında azaldığı saptanmıştır. Dane verimi (Y, Mg/ha) ile su tüketimi (ET, cm) arasında $Y = -3.76 + 0.28 ET$ ($r^2=0.71$) eşitliği ile verilen doğrusal ilişki bulunmuştur (STEGMAN, 1984).

STEWART ve Ark. (1975), California'da killi-tınlı toprakta mısırın vejetatif, tozlanma ve dane dolum dönemlerinde su kısıntısı uygulayarak yürüttükleri çalışmada; evapotranspirasyon (ET) azaldıkça verimin de azaldığını gözlemişlerdir. Araştırmacılar, mısır için mevsimlik ET (mm) ile dane verimi (Y, kg/ha) arasında $Y = -3025 + 23.1 ET$ eşitliği ile verilen doğrusal ilişki saptamışlardır. Aynı araştırmacılar, mevsimlik bitki su tüketiminde meydana gelecek azalmanın verim üzerine etkisini, verim azalım oranı ile tanımlamışlar ve anılan orana, bitki gelişim aşamalarında su tüketimindeki azalmanın önemli derecede etkili olduğunu belirlemişlerdir. Söz konusu oranlar, su tüketimindeki açık tüm gelişim aşamalarına eşit olarak yayıldığında 1.2, vejetatif gelişme döneminin dışında 1.8, dane bağlama aşamasının dışındaki gelişme dönemlerinde 2.5 ve anılan açığın yalnızca çiçeklenme ile dölleme döneminde olması durumunda ise bu oranı 4 olarak saptamışlardır.

New Mexico'da killi-tınlı toprakta mısır bitkisine ilişkin oransal evapotranspirasyon ile kullanılabilir su arasındaki ilişkiyi saptamak amacıyla yürütülen çalışmada; bitki kök bölgesindeki kullanılabilir suyun, bitkisel üretimde en önemli etkenlerden biri olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisi için E/E_{max} ile toprak su içeriği arasında doğrusal bir ilişki elde edilmiş ve bu ilişkilerin potansiyel evapotranspirasyona bağlı olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca, anılan bitki için doğrusal su-üretim fonksiyonu $Y = -8.07 + 0.018 ET$, ($r^2 = 0.91$, Y: ton/ha; ET:mm) şeklinde saptanmıştır (ABDUL-JABBAR ve Ark., 1983).

SAMMIS ve Ark. (1988), New Mexico koşullarında killi-tınlı toprakta yürüttükleri çalışmada, çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemiyle mısır farklı düzeylerde su uygulamışlar ve mısır bitki boyunun su stresini belirlemede iyi bir gösterge olduğunu belirlemişlerdir. Anılan araştırmacılar, bitki boyu ve büyüme mevsimi derece gün sayısını (Growing Degree Days) kullanarak mısır bitkisinin gereksinim duyduğu su miktarının belirlenebileceğini saptamışlardır. Mısır bitki boyu ile büyüme mevsimi derece gün sayısı, oransal evapotranspirasyon, oransal bitki boyu, oransal verim ve oransal evaporasyon arasında doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Anılan ilişkilerle, farklı su uygulamalarında verimdeki azalmanın tahmin edilebileceği saptanmıştır.

Sisleme, yüzey ve sisleme ile yüzey sulamanın birlikte mısır bitkisinin özelliklerine, dane ve sap verimine olan etkisini belirlemek için kumlu-tınlı toprakta yapılan çalışmada yüzey sulamanın mısır dane verimini arttırdığı, sisleme ve yüzey sulamanın birlikte uygulandığı sulama programından elde edilen verimin ise yüzey sulamayla alınandan daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca yüzey sulamanın, sisleme yöntemine göre daha fazla etkili olduğu saptanmıştır. Püskül çıkarma döneminde 4-8 günlük su stresinin dane verimini %40 oranında azalttığı da belirlenmiştir. Ayrıca mısır sapının, dane verimine kıyasla sulama suyuna karşı daha az duyarlı olduğu bulunmuştur. Püskül ve koçan çıkarma dönemlerindeki su stresinin verimi etkilediği de belirlenmiştir (DOSS, 1974).

Oregon'da tatlı mısır ile siltli-killi-tın toprakta yapılan çalışmada çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemi kullanılmış ve tam sulanan konuda 75 cm'lik toprak profiliindeki kullanılabilir suyun %50 tüketildiğinde sulamalar uygulanmıştır. En yüksek verim ve en yüksek evapotranspirasyon (ET), tüketilen suyun %85'nin yeniden uygulandığı konudan elde edilmiş ve böylece belirli oranda su kısıntısı yapılarak yüksek verim alınabileceği sonucuna varılmıştır. En yüksek verim ise 449 ile 518 mm arasında sulama suyunun uygulandığı konulardan alınmıştır. Sulanmayan konudaki verimin en yüksek üretimin % 44'ü kadar olduğu belirlenmiştir. En yüksek su kullanım randımanı (WUE) ise su

tüketiminin 407-418 mm arasında değiştiği ve 313 mm sulama suyunun uygulandığı konularda saptanmıştır (BRAUNWORTH ve MACK, 1989b).

CAMP ve Ark. (1988), Florence'te tınlı-kumlu toprakta sulu ve kuru koşullarda tansiyometre, pan buharlaşması ve su dengesi yöntemlerini kullanarak hazırladıkları 3 farklı sulama programını kıyaslamışlardır. Su dengesi yöntemine göre ortalama gerçek evapotranspirasyon (ETa) 325.7 mm ve referans evapotranspirasyon (ETr) ise 434.3 mm olarak belirlenmiştir. Üç yıllık çalışma sonucunda ortalama mısır veriminin, sulama programlarına göre 845-877 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır. Sulama programları arasında sulama suyu miktarları ve verimler bakımından önemli düzeyde farklılık bulunmadığından, ekonomik ve uygun olan bir sulama programının seçilmesinin gerektiği belirtilmiştir. Mısırın, tozlanma ve dane olum dönemlerinde su stresine duyarlı olması nedeniyle, anılan dönemlerde sulamaya önemli ölçüde gereksinim duyulduğunu da ifade etmişlerdir.

Bushland, Texas'ta farklı gelişme dönemlerinde su kısıntısı yapılan konularda mısırın mevsimlik su gereksinimi 400 mm, mevsimlik su tüketimi ise 667-789 mm olarak saptanmış ve bu koşullarda dekardan 952-1085 kg dane verimi alınmıştır. Su kullanım randımanının da 1.25- 1.46 kg/da-mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Su kısıntısının ortalama dane verimini azalttığı ve kısıntı uygulanan konularda su kullanım randımanının 1.72-2.87 kg/da-mm arasında değiştiği saptanmıştır. Texas gibi su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde, mısır gibi su stresine duyarlı bitkilerden kısıntılı sulama ile yüksek verim almanın zor olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, mevsimlik su gereksinimi ve ET ile dane verimi arasında doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (MUSICK ve DUSEK, 1980).

MUSICK ve DUSEK (1980), kuzey Texas'ta yaptıkları çalışmada vejetatif gelişimin başlangıcında uygulanan su kısıntısının yaprak, gövde ve koçan verimini azalttığını belirlemişlerdir. Vejetatif gelişmenin sonundaki su kısıntısının ise gövde ve dane verimini düşürdüğünü saptamışlardır. Dane sayısının azaldığı bazı durumlardaki kayıpların, dane ağırlığı ile giderilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu durumu, yaprak alanı en yüksek değerine ulaştıktan sonra yapılacak su kısıntısının dane sayısını azaltması nedeniyle, dane ağırlığını artırıcı bir potansiyelin olduğu şeklinde açıklamışlardır. Dane

dolum dönemindeki su kısıntısından kaynaklanan verim azalmasını, teksele dane ağırlığındaki azalmadan ileri geldiği şeklinde açıklamışlardır. Dane dolum dönemindeki uygulanan su kısıntısının net fotosentezi azalttığını ve bunun sonucunda da gövdeden daneye kuru madde hareketinin azalması nedeniyle dane ağırlığının düştüğünü, ayrıca yaprak sararmasını hızlandırdığını belirtmişlerdir.

Texas'ta, Southern High Plains koşullarında killi-tınlı toprakta mısırın vejetatif ve dane dolum dönemlerinde su kısıntısı uygulanmıştır. Su kısıntısının ekimden 41 gün sonra uygulanması durumunda yaprak, gövde ve koçan veriminde; kısıntının 55 gün sonra uygulandığı koşullarda yalnızca gövde ve koçan veriminde azalmalara neden olduğu belirlenmiştir. Su kısıntısı yalnız dane dolum süresinde uygulandığında, yaprak ve gövde verimi etkilenmemiş ancak koçan verimi azalmıştır. Dane dolum döneminin başında uygulanan düşük su stresi, dane sayısını etkilememiştir. Ancak, dane veriminde dane ağırlığıyla orantılı olarak bir azalma olduğu gözlenmiştir. Su tüketimi karık yöntemiyle sulamada 964 mm; uzun tava sulamada ise 834 mm olarak belirlenmiştir. Bunun yanında anılan yörede mısır bitkisinin kısıntılı sulamayla uygun olmadığı saptanmıştır (ECK, 1986).

STEGMAN (1982), Oakes'ta kumlu-tınlı toprakta yaptığı çalışmada mısır bitkisi gelişimini; ekim-12 yapraklı, 12 yapraklı-süt olumu ve süt olumu-fizyolojik olgunluk olarak üç kritik döneme ayırmış ve bu dönemlere düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı su stresi uygulamıştır. Verim ile mevsimlik ET arasında, eğimi 2.8 kg/da-mm olan doğrusal bir ilişki elde etmiştir. Kullanılabilir suyun %30-40'nın tüketilmesine izin verilen ve her üç dönemde de düşük su stresinin uygulandığı konudan en yüksek verim alınmıştır. Mevsimlik oransal ET ile oransal verim arasında $[Y/Y_m = -0.50 + 1.50ET/ET_m]$ eşitliği ile verilen ilişki saptanmıştır. Stresin, 12 yaprak-süt olum devresinde uygulanması durumunda, anılan ilişki $[Y / Y_m = -1.60 + 2.60 ET / ET_m]$ olarak gerçekleşmiştir.

Oakes'ta kumlu-tınlı ve Carrington (North Dakota)'da tınlı topraklarda yapılan uygun sulama zamanını belirleme yöntemlerinin kıyaslandığı çalışmada, bitki kök bölgesinde kullanılabilir su belirli bir düzeye düştüğünde, yaprak su potansiyeline ve bitki

su stresine göre oluşturulan sulama zamanları test edilmiştir. Bunların yanında tanık konuda ise sulamalar kök bölgesindeki kullanılabilir suyu %30-40'ı tüketildiğinde yapılmıştır. En yüksek verim tanık konudan alınmıştır. Oransal verim ile oransal mevsimlik sulama suyu arasında eğrisel bir ilişki bulunmuştur. Anılan ilişki, sulama zamanını belirleme yöntemlerinin herhangi birisiyle kaba ve orta bünyeli toprakta (tanık konuya göre), mevsimlik sulama suyu sırasıyla %23 ve %30 azaltıldığında, en yüksek verimin %95'inin elde edilebileceğine işaret etmektedir. Tanık konuda kaba bünyeli toprakta su kullanım randımanı 2.7 kg/m^3 iken diğer konularda değer 3.4 kg/m^3 'e çıkmıştır. Anılan değer orta bünyeli toprakta 3.8'den 5.5 kg/m^3 'e yükselmiştir (STEGMAN, 1986).

Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın su-verim ilişkilerini saptamak amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yürütülen çalışmada sulama suyu gereksinimi 290-427.8 mm, mevsimlik su tüketimi ise 474.2-530.9 mm arasında değişmiştir. En yüksek tüketim ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenmiştir. Sulama suyu (I)-dane verimi (Y) arasında, $Y = 183.52 + 1.18 I$ ($r = 0.595$); mevsimlik su tüketimi (ET) ile dane verim arasında ise, $Y = 63.54 + 1.05 ET$ ($r = 0.678$) şeklinde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Toplam sulama suyu (I) ile yüz dane ağırlığı (YD) ve koçan başına düşen dane verimleri (D/K) arasında sırasıyla, $YD = 246.15 + 0.1 I$ ($r = 0.47$) ve $D/K = 67.19 + 0.15 I$ ($r = 0.7$) şeklinde doğrusal bağıntılar belirlenmiştir. Mevsimlik verim etmeni (ky) 0.98 olarak bulunmuştur. Uygun sulama programı seçildiğinde sulama suyu yeterinden az olsa da su kullanım randımanının arttığı gözlenmiştir (KANBER ve Ark., 1990a).

Bafra koşullarında killi toprakta mısır bitkisinin gelişim dönemlerine göre yapılan sulamalarda konulara 241.7-569.5 mm arasında değişen su uygulanmıştır. Su tüketimi, 338.6-828.9 mm arasında; verimleri 585.6-768.9 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek su tüketiminin Temmuz ve Ağustos aylarında olduğu belirlenmiştir. Sulama suyu (I) ile dane verim (Y) arasında, $Y = 585.06 + 0.449I - 0.00022I^2$ ($r = 0.969^{**}$) eşitliği ile verilen ikinci dereceden eğrisel bir ilişki bulunmuştur (BAYRAK, 1979).

GÜNBATILI (1979), Tokat-Kazova koşullarında mısıra verilecek sulama suyu miktarını, sulama zamanını, sulama sayısını, günlük, aylık, mevsimlik su tüketimini ve Blaney-Criddle yöntemine göre k, kc katsayılarını saptamak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Konulara göre sulama sayısı 2-5 arasında değişmiş ve ortalama 320-441 mm sulama suyu uygulanmıştır. Dekardan ortalama 738-759 kg arasında değişen verim almıştır. Anılan denemede, dane verimi ile sulama suyu arasında sıkı bir regresyon ilişkisi bulunamamıştır. Su tüketimi (ET) ile verim (Y) arasında, $Y = -4477.58 + 155.18 ET - 1.1495 ET^2$ ($r = 0.66$) ile verilen eğrisel bir ilişki saptanmıştır.

Eskişehir koşullarında killi toprakta mısırın su tüketimini saptamak amacıyla farklı gelişme dönemlerinde su kısıntısının uygulandığı; 0-30 cm'lik toprak katmanındaki kullanılabilir su solma noktasına düştüğünde sulama yapılan bir çalışma yürütülmüştür. Anılan çalışmada, bitki boyu 40-45 cm'ye ulaştı ve birinci çapadan sonra 1. su, tepe püskülü çıkarırken 2. su, koçan çıkarırken 3. su ve süt olum devresinde 4. su uygulanan konuya toplam 400 mm su verilmiştir. Bu konuda su tüketimi 725 mm olarak bulunmuş ve dekardan ortalama 564.5 kg ile en yüksek dane verimi alınmıştır. Sulama suyu (I) ile dane verim (Y) arasında, $Y = 279.74 + 1.31 I - 0.015 I^2$ şeklinde ikinci dereceden doğrusal olmayan bir bağıntı bulunmuştur (OYLUKAN ve GÜNGÖR, 1975).

DERVİŞ (1986), Çukurova'da buğdaydan sonra yetiştirilen ikinci ürün mısır bitkisinin mevsimlik su tüketimini 578 mm olarak belirlemiştir. Sulama konuları fenolojik dönemlere göre oluşturmuştur. Mevsimlik gelişim etmeni (kc) 0.85 olarak bulunmuştur. Bitki boyunun konulara göre, 190-205 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Ortalama verim, 400.7-466.3 kg/da arasında değişmiştir.

UZUNOĞLU (1991), Ankara yöresinde hibrid mısırın su tüketimini belirlemek için yürüttüğü çalışmada, sulamaları boğaz doldurmada, tepe püskülü çıkışı başlangıcında, koçan oluşumunda ve süt olumunda yapmıştır. Toplam 614.8 mm sulama suyunun uygulandığı konuda su tüketimini 808.7 mm olarak belirlemiş ve dekardan ortalama 859 kg dane verimi almıştır. En yüksek aylık su tüketimi 297 mm ile Ağustos ayında; aynı ayda en yüksek günlük su tüketimini ise 9.6 mm olarak belirlemiştir. Mevsimlik su tüketimi ile verim arasında önemli düzeyde doğrusal bir ilişki olduğunu da saptamıştır.

Menemen Ovası koşullarında ikinci ürün mısırın sulama yönünden kritik bitki gelişim dönemlerini dikkate alarak, su kaynağının kısıntılı olduğu koşullarda, gerek sulama sayısı gerekse ıslatılan toprak katmanı derinliğinde yapılan kısıntının verim ve verim unsurlarına etkisini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada; 3 ve 5 kez olmak üzere iki farklı sulama sayısı ile 0-40, 0-60, 0-90 ve 0-120 cm olmak üzere dört farklı ıslatma derinliği seçilmiştir. I. grupta (3 sulama) vejetatif, çiçeklenme ve dane bağlama başlangıcında; II. grupta ise (5 sulama) vejetatif, çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı, çiçeklenme sonrası ve dane bağlama dönemlerinde sulamalar yapılmıştır. Sulama sayısı ve ıslatma derinliğindeki artışa bağlı olarak uygulanan toplam sulama suyunda ve mevsimlik bitki su tüketiminde artış meydana gelmiş, mevsimlik su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasında, $Y = 1.19 ET - 12.3$ ($r = 0.984$) şeklinde doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Su kullanım randımanı değerlerine göre su kaynağının kısıtlı olduğu ve buna bağlı olarak ancak 3 kez sulamanın yapılabildiği koşullarda, ıslatılacak toprak derinliğinin 60 cm, sulamanın 5 kez yapılabildiği koşullarda ise, 40 cm alınmasının birim sudan en fazla yararlanma yönünden optimum olacağı sonucuna varılmıştır (UL, 1992).

Zaragoza (İspanya)'da çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemiyle sulanan mısırın, su tüketiminin 735 mm ile en yüksek olduğu konuda elde edilen dane verimi 1029 kg/da; su tüketiminin 243 mm olduğu ve aşırı su stresi uygulanan konuda dane verimi 71 kg/da olarak saptanmıştır. Su tüketimi (ET) ile kuru madde (KM) ve dane verimi (Y) arasında sırasıyla $KM = -2.254 + 0.235 ET$ ve $Y = -3.913 + 0.171 ET$ şeklinde ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca, mısırın mevsimlik verim etmeni (ky) 1.42 olarak saptanmıştır (COSCULLUELA ve FACI, 1992).

HOWELL ve Ark. (1994), Bushland'da LEPA (low energy precision application) yöntemini kullanarak farklı düzeylerde uygulanan sulama suyunun mısır verimine olan etkisini belirlemek amacıyla killi-tınlı toprakta bir deneme yürütmüşlerdir. Sözkonusu çalışmada tanık konuya (%100), 1.5 m'lik toprak profilinden 7 günde tüketilen suyun tamamı, diğer konulara ise tanık konuya verilen suyun %80, %60, %40, %20 ve %0'ı uygulanmıştır. Sulama konularına, çıkıştan sonra uygulanan azot ise sulama suyu ile orantılı olarak verilmiştir. Anılan çalışmada mevsim ortalamasından daha fazla yağışın

düştüğü yılda dane verimi 600-1200 kg/da arasında değişmiş ve mevsimin ortalamasından daha az yağışın olduğu yılda ise, 400-1500 kg/da verim alınmıştır. Sulama suyu miktarı, yetiştirme mevsimi boyunca düşen yağışa bağlı olarak farklılık göstermiş ve yağışın fazla olduğu yılda 640 mm su uygulanmıştır. Dane verimi (Y) ile su tüketimi (ET) arasında önemli bir ilişki bulunmuştur ($Y = 0.00169 [ET-147]; r^2 = 0.88$). LEPA sistemiyle mısır bitkisine kısıntılı su uygulandığında, kısıntının tek sel dane ağırlığını etkileyerek verimi düşürdüğü gözlenmiştir. Hasat indeksinin, farklı su düzeylerinde fazla değişmemesine karşın, uygulanan su miktarı azaldıkça hasat indeksinin de azaldığı belirlenmiştir. Aşırı su kısıntısı, yaprak alan indeksini (LAI) azaltırken, daha az düzeydeki bir su kısıntısı ise kuru maddeyi azaltmıştır. Mısır bitkisinin en yüksek kuru madde üretim hızı, 25 g/m²/gün ile tepe püskülü çıkarmadan hemen önce gözlenmiş ve bu hızın dane doldurma döneminin sonuna dek sürdüğü belirlenmiştir.

Mısır bitkisinin su-verim ilişkisini belirlemek amacıyla Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsünde killi toprakta yürütülen çalışmada; farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıntısının dane verimine etkisinin farklı olduğu belirlenmiştir. Kısıntının uygulandığı dönemlere göre verim etmeni (ky) değerleri vejetatif ve süt olumu dönemleri ile tepe püskülü çıkarma döneminde 0.40-0.93 arasında değişmiştir. Mevsimlik ky değeri ise 1.02 olarak bulunmuştur. Kısıntılı sulama programının uygulanması durumunda, kısıntının vejetatif gelişme ve süt olumu devrelerindeki sulamalarda yapılması, tepe püskülü çıkarma ve koçan oluşumu dönemlerinde kısıntı yapılmaması gerektiği anlaşılmıştır. Su kısıntısının yapılmadığı sulama konularına 440 mm su uygulanmış, mevsimlik su tüketimi 658 mm olarak belirlenmiş ve dekara en yüksek verim 1082 kg olarak elde edilmiştir. Su tüketimi ile dane verimi arasında önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır (ÖĞRETİR, 1993).

KÖKSAL (1995), II. ürün mısır bitkisinin suya bağlı üretim fonksiyonlarının belirlenmesi amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde tınlı ve tınlı-kumlu bünyeli toprakta çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğini kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Anılan araştırmacı, sulama konularını hem farklı su düzeylerini hem de farklı sulama sayılarını içerecek biçimde düzenlemiş ve bitki gelişiminin farklı

dönemlerinde su uygulamıştır. Konulara ve sulama düzeylerine bağlı olarak, 11-599 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik ortalama su tüketiminin, 723-631 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Büyüme mevsimi boyunca, tam su alan konuda, çizgi kaynağına en yakın sulama düzeyinde (I_1), 788.4 kg/da ile en yüksek ortalama verimi; susuz konudan ise (166 kg/da) en düşük verim elde etmiştir. Su kullanım randımanının, tam su alan konuda (GGGG- I_1) 1.38-1.80 kg/m³ arasında değiştiğini gözlemiştir. Toplam su kullanım randımanını (WUE), 0.76-3.20 kg/m³ arasında bulmuştur. Verim tepki etmenini (ky), su kısıntısının tüm mevsime eşit yayıldığı koşullarda 0.85 olarak elde etmiştir. Teksel gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanan konularda ise ky değerlerinin, 1.07-1.23 arasında değiştiğini belirlemiştir. Çalışmada, evapotranspirasyon (ET) ve (I) sulama suyu ile dane verimi (Y) değerleri arasında sırasıyla $Y = -106.40 + 1.223 ET$ ($r^2 = 0.70$) ve $Y = 414.28 + 0.922 I^2$ ($r^2=0.332$) şeklinde ilişkiler saptamıştır. Yaprak alan indeksi değerlerinin, sulama programlarına bağlı olarak, ekimden 50-70 gün sonra 4.9-5.7 ile en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Su kısıntısının, yaprak alanının maksimum değere ulaşmasını geciktirdiği belirlenmiştir. Araştırmada, tam sulama koşullarında tüketilen suyun büyük bir bölümünün toprağın ilk 90 cm'lik katmanından alındığı da belirlenmiştir.

YILDIRIM ve Ark. (1995), Ankara koşullarında kısıntılı sulamanın dane verimine etkisini saptamak ve su-verim ilişkilerini elde etmek amacıyla planlanan çalışmada; mısırın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğunu, en duyarlı periyodun ise çiçeklenme dönemi olduğunu, bunu sırasıyla, vejetatif gelişme, dane oluşumu ve olgunlaşma periyodlarının izlediğini, yüksek verim elde etmek için gerek toplam büyüme mevsimi boyunca, gerekse bireysel büyüme dönemlerinde ya da bunların kombinasyonlarında su kısıntısı yoluna gidilmemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Verim tepki etmenini (ky), toplam büyüme mevsimi için 0.94, vejetatif gelişme, çiçeklenme, dane oluşumu ve olgunlaşma dönemleri için ise sırasıyla 0.56, 0.77, 0.46 ve 0.38 olarak elde etmişlerdir.

North Carolina'da, farklı sulama düzeylerinin ve toprak işleme tekniklerinin mısır verimine ve su kullanım randımanına etkilerinin araştırıldığı çalışmada, dane ve silaj

veriminin sulamalardan ve sürüm tekniğinden önemli düzeyde etkilendiği saptanmıştır. Susuz koşullarda dekardan 445 kg ve tam sulanan koşullarda ise 1077 kg dane verimi alınmıştır. Geleneksel sürümde, dekardan 747 kg, doğrudan anıza ekim yapıldığında ise 801 kg üretim sağlanmıştır (WAGGER ve CASSEL, 1993).

Bitki, iklim ve toprak koşulları gözönünde bulundurularak hazırlanmış sulama programlarının sulama masraflarını azalttığını ve verimin sigortası olduğunu belirten BRAUNWORTH ve MACK (1987a), Corvallis'te siltli-killi-tınlı toprakta yetiştirilen tatlı mısıra üç farklı sulama programı uygulamışlardır. Bunlardan birincisi; kullanılabilir su %46-57 arasında bir değere düştüğünde sulama, ikincisi; 75 cm'lik toprak profilindeki kullanılabilir su %50'ye düştüğünde modifiye edilmiş Penman eşitliği ile saptanan suyun uygulandığı ve üçüncüsü ise, farklı gelişme dönemlerine göre su uygulanan sulama programlarıdır. Su dengesi, Penman ve farklı gelişme dönemleri dikkate alınarak yapılan sulamalarda sırasıyla 367, 279 ve 269 mm su uygulanmıştır. Denemenin birinci yılında en yüksek verim su dengesi yönteminde gözlenmiştir. İkinci yıl ise konular arasında fark bulunamamıştır. Sulama programlarının, kalite faktörü olan koçan uzunluğu, dane nem içeriği ve dane ağırlığını fazla etkilemediği saptanmıştır.

Kansas'ta sulama sıklığının mısır verimine etkisini saptamak amacıyla siltli-tınlı toprakta gömülü damla yöntemiyle 1, 3, 5 ve 7 gün aralıklarla sırasıyla 12.7, 25.4, 38.1 ve 50.8 mm suyun uygulandığı çalışmada; konular arasında verim bakımından önemli farklılıklar bulunamamıştır. Sulama aralığının 7 gün olduğu ve 50.8 mm su tüketildiğinde sulamaya başlanılan konuda, kök bölgesinden aşağılara sızan su miktarının daha sık sulanan diğer sulama konularına göre daha az olduğu ve daha yüksek sulama suyu kullanım randımanı sağlandığı saptanmıştır. Toprak su içeriği tarla kapasitesinin altında veya ona yakın düzeyde tutularak kök bölgesinden aşağılara sızan su miktarı en aza indirilmiş ve sulama suyu kullanım randımanı en yüksek düzeye çıkarılmıştır (CALDWELL ve Ark., 1994).

ISFAN (1984), Romanya'da killi toprakta yetiştirilen mısır dane veriminin, yetiştirme mevsimi içindeki kullanılabilir su ile olduğu kadar kıştan kalan nem ile de yüksek korelasyon gösterdiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, anılan araştırmacı, toprak profilinin

daha derin katmanlarındaki toprak su içeriğinin verimin artmasına katkısı olduğunu da gözlemiştir.

WENDA ve HANKS (1981), Utah'ta üç farklı yerde çizgi kaynaklı yağmurlama sulama yöntemini kullanarak yürüttükleri mısır denemesinde, oransal dane verimi ve oransal kuru maddenin oransal su tüketimi (tüm değerleri kullanarak) arasındaki ilişkileri saptamışlardır. Bu ilişkiler sırasıyla $Y/Y_p=1.46 (ET/ET_p) - 0.51$ ve $Y/Y_p = 1.33 (ET/ET_p) - 0.34$ 'dir. Eşitlikte: Y; dane verimi ve kuru maddeyi, Y_p ; en yüksek dane verimi ve kuru maddeyi, ET; evapotranspirasyonu, ET_p ; potansiyel evapotranspirasyonu göstermektedir. Anılan araştırmacılar, dane verimi ve kuru maddenin su tüketimi ile doğrusal ilişki oluşturduğunu belirlemişlerdir. Anılan ilişkilerin eğimlerinin, araştırmanın yürütüldüğü üç yerde de farklı olduğu belirtilmiştir.

HANKS ve Ark. (1976), HANKS ve Ark. (1978)'nin, siltli-tınlı toprakta mısırın farklı gelişme dönemlerinde çizgi kaynaklı yağmurlama sulama yöntemi kullanarak yürüttükleri çalışmada, dane verimi ve kuru madde ile ET arasında doğrusal ilişkiler bulunduğunu saptamışlardır. RETTA ve HANKS (1980), Utah'ta arazi koşullarında su kısıntısının mısır verimine etkisini belirlemek için yürütülen çalışmada, anılan bitkinin kuru madde miktarı ve dane verimi ile evapotranspirasyon (ET) arasında doğrusal ilişkiler olduğunu belirlemişlerdir.

COHEN ve Ark. (1990), kontrollü ve farklı su düzeyi koşullarında mısır bitkisiyle yaptıkları denemede, bitkinin su stresine girdiğinde transpirasyon oranının azaldığını saptamışlardır. Anılan azalmanın topraktaki tutulan suyun azalımı ile doğru orantılı olmadığını belirlemişlerdir.

ÖNDER (1994), farklı sulama yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmak amacıyla Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsünde siltli-killi toprakta yürüttüğü çalışmada; dekara ortalama 723.5 ve 885.4 kg mısır dane verimi elde etmiştir.

Mısırın sulama suyu ve gübre gereksinimini belirlemek için EL Salvador' da kumlu-tınlı toprakta yürütülen çalışmada, 4 farklı su düzeyi damla ve kanık sulama yöntemleri ile uygulanmıştır. Dört farklı gübre dozu ise sulama suyu miktarlarının ve sulama yöntemlerinin kombinasyonları şeklinde verilmiştir. Uygulanan su miktarı arttıkça ve azot

(N) dozu dekara 20 kg uygulanana dek mısır veriminin arttığı saptanmıştır. Sulama suyu ile gübre dozları arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Dane veriminin, damla sulama yöntemiyle daha az su uygulanmasına rağmen, sulama metodlarından bağımsız olduğu gözlenmiştir (STUTLER ve Ark., 1981).

2.3. Bitki Su Stresi

Her hangi bir bitkinin ne zaman sulanması gerektiğini, ne toprak su içeriği ne de atmosferik istem, bitkinin kendi içsel su durumu kadar doğru olarak belirtemez. Bu nedenle, bitkinin içsel su durumunu belirlemeye yönelik yöntemler sulama programlarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır (REGINATO ve HOWE, 1985; YAZAR, 1993). Yapılan araştırmalar bitki su stresinin, kolaylıkla ölçülebilen parametreler kullanılarak niceliksel olarak ifade edilebileceğini göstermiştir. Söz konusu parametreler, bitki taç ve hava sıcaklığı farkı ile yaygın olarak atmosferin buharlaştırma istemi olarak tanımlanan havanın buhar basıncı açığıdır (JACKSON ve Ark., 1981; IDSO ve Ark., 1981a).

Bitkiler terledikçe yaprak sıcaklığı azalmakta ve hava sıcaklığının altına düşmektedir. Taç-hava sıcaklığı farkından ve psikrometrik ölçümlerden yararlanarak bitki su stres indeksi (CWSI) belirlenmektedir (JACKSON, 1982). Anılan yöntemde ölçümler sırasında bitkiye temas edilmediğinden, bitkilere zarar verilmemekte, hızlı ve doğru ölçümler yapılabilmektedir (ZIPOLI, 1990).

Tarım alanlarında, sınırlı su kaynaklarının işletilmesinde uygun sulama programlarının öneminin giderek arttığını belirten CLAWSON ve BLAD (1982), infrared termometre (IRT) ile ölçülen taç sıcaklığının sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabileceğini vurgulamışlardır. NIELSEN ve GARDNER (1987), CWSI ile sulama zamanının belirlenebileceğini, ancak bu yöntemin ne kadar su uygulanacağı konusunda bir fikir vermeyeceğini belirtmişlerdir. REGINATO (1983), günlük CWSI değerlerinin atmosferik isteme ve toprak su içeriğine bağlı olarak değiştiğini saptamıştır.

Bitki su stresi indeksi, iki farklı yaklaşımla bulunmaktadır. Bunlardan birincisi deneysel, ikincisi ise teorik olanıdır. Deneysel yaklaşımda, taç-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$)

ile buhar basıncı açığı (VPD) arasında regresyon analizi yapılmaktadır. Teorik olanında ise bitki tacının özelliğini yansıtan hava direnci (r_a) ve taç direncini (r_c) kullanarak enerji denge eşitliklerinden bulunmaktadır. Her iki yöntemde de bulunan ($T_c - T_a$) farkı bitkinin karakteristik özelliğini yansıtmaktadır (O'TOOLE ve REAL, 1986).

JACKSON ve Ark. (1981), MONTEITH (1973) tarafından verilen enerji denge eşitliğini kullanarak alt ve üst sınır değerlerini teorik olarak geliştirmiş ve anılan eşitliklerden yararlanarak teorik bitki su stresi indeksini (CWSI) saptamışlardır. Anılan teorik yaklaşımı kullanarak JACKSON (1982); WIEGAND ve Ark. (1983); JACKSON ve Ark. (1988); CLAWSON ve Ark. (1989); STOCKLE ve DUGAS (1989); STEINMETZ ve Ark. (1989); BRAUNWORTH ve MACK (1989a); YAZAR (1990); WANJURA ve Ark. (1990); STOCKLE ve DUGAS (1992); YAZAR (1993) çeşitli bitkilerin su stresi indeksini (CWSI) saptamışlardır.

IDSO ve Ark. (1981a)'da farklı bitkilerde ve değişik yerlerde taç-hava sıcaklığı farkı ile buhar basıncı açığını (VPD) ölçmüşlerdir. Bulutluluk dışında diğer çevre etmenlerini ihmal ederek bitkilerin potansiyel evapotranspirasyon yaptığı koşullarda taç sıcaklığı (T_c) hava sıcaklığı (T_a) farkı ile VPD arasında doğrusal bir ilişki olduğunu öğle saatlerinde yaptıkları ölçümlerle göstermişlerdir.

O'TOOLE ve HATFIELD (1983), bitki su stresinin sezinlenmesinde en kritik aşamaların bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınır (UL) ile potansiyel transpirasyon yaptığı varsayılan alt sınırın (LL) belirlenmesi olduğunu vurgulamışlardır. IDSO (1982), çeşitli bitkilere ilişkin hem deneysel hemde teorik olarak geliştirilen alt sınır ilişkilerinin bitkiye bağlı olduğunu deneysel olarak göstermiş ve bazı bitkilerin değişik fenolojik devreleri için alt sınırın farklı olduğunu da ortaya koymuştur. Teorik ve ampirik olarak belirlenen alt ve üst sınır çizgilerinden yararlanarak saptanan bitki su stresi indeksinin (CWSI) sıfır ile bir arasında değiştiği belirlenmiştir. HORST ve Ark. (1989), su stresinin olmadığı alt sınırın bitkinin türüne, çeşidine ve çevre koşullarına bağlı olduğunu ayrıca rüzgar hızından, net radyasyondan ve bitki tacından etkilendiğini ifade etmişlerdir. Küçük bitkilerin yaprakları büyük bitkilerin yapraklarına göre çevre sıcaklığından daha fazla etkilenmektedir. Bu nedenle, bitki boylarının kısa olduğu yetişme

mevsimi başında su stresinin olmadığı alt sınıra gereksinim duyulmaktadır (PINTER ve REGINATO, 1982).

CWSI ile net radyasyon arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişkiden CWSI belirli bir değere ulaştığında transpirasyonun, potansiyel transpirasyonun altına düştüğü ve benzer şekilde fotosentezin de azaldığı belirlenmiştir (IDSO ve Ark., 1982).

Bir çok bitki üzerinde yapılan araştırmalarda su stresinin olmadığı varsayılan alt sınırın düşey eksenini pozitif bir değerde kestiği bulunmuştur. Bu fiziksel olaya, atmosfer tamamen doymuş hale getirilerek VPD sıfıra düşürülse bile yapraktan atmosfere pozitif su buharı akışının neden olduğu saptanmıştır. Buna, yaprak sıcaklığındaki doymuş buhar basıncının, daha düşük hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncından daha büyük olmasının neden olduğu belirlenmiştir. Oransal nemin %100 olduğu koşullarda bile ihmal edilemeyecek derecede transpirasyon akışı söz konusudur. Dolayısıyla transpirasyonun sıfıra azaltılması durumunda, bitki tacının ulaşması gerektiği sıcaklığı belirlemek için atmosferik doymuşlukta taç ile hava arasındaki buhar basıncı gradyanının (VPG) giderilmesi, diğer bir deyişle bunun sıfır olması gerekir. Bunu yapmanın bir yolu da atmosferin süper doymuşluğa getirilmesidir. Bu da VPD'nin negatif olması ve yukarıda tanımlanan havanın VPG'nin mutlak büyüklüğüne eşit olmasıyla sağlanır (IDSO ve Ark., 1982).

SLACK ve Ark. (1989), enerji dengesi eşitliğini kullanarak yetiştirme mevsimi boyunca CWSI'nin hesaplandığı alt sınırdaki değişimi belirlemişlerdir. Bu çalışmada, bitki boyu arttıkça hava direncinin azaldığını ve yaprak alan indeksi arttıkça da taç direncinin düştüğünü saptamışlardır. Sabit çevre koşulları altında bu iki etmenin birleşiminin, su stresinin olmadığı alt sınırın düşey eksenini kesme değerini önemli derecede düşürdüğünü ve eğimi daha az etkilediğini belirlemişlerdir. Bu yaklaşımla elde edilen değerler ile ölçülen değerler arasında benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Su stresinin olmadığı alt sınır eşitliğinin eğim ve arakesitinin, örtünün %70 düzeyine ulaşıncaya dek arttığı belirlenmiştir. Taç sıcaklığının 27.4 °C'den daha büyük olduğu koşullardaki ölçümlerden elde edilen, su stresinin olmadığı alt sınır çizgisinin

eğimi ve korelasyon katsayısının günlük ölümlerden elde edilenden daha büyük olduğu bulunmuştur (WANJURA ve Ark., 1990).

IDSO (1982), Tempa (Arizona)'da açık hava koştullarında 26 farklı çeşit için infrared termometre ve psikrometre değerlerini kullanarak su stresinin olmadığı alt sınır eşitliklerini belirlemiştir. Tempa koştullarında, mısır bitkisinin vejetatif döneminde su stresinin olmadığı alt sınırı $T_c - T_a = 3.11 - 1.97VPD$ ($r=0.985$) eşitliği ile vermiştir.

HOWELL ve Ark. (1986a), bitkilerin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırı, IDSO ve Ark. (1981a)'nın önerdikleri yöntemle saptamışlardır. Anılan st sınır değerleri ile aşırı su stresinin oluşturulduğu konulardan saptanan ta-hava sıcaklığı farkını karşılaştırmışlar ve bu değerlerin birbirine uyum gösterdiğini bulmuşlardır.

GARDNER ve Ark. (1981b), Nebraska'da kumlu toprakta yürütülen mısır denemesinde, yetişme mevsimi süresince öğle saatlerinde infrared termometre (IRT) ile bitki ta sıcaklığını ölçmüşler, birer saat aralıklarla yaprak ve hava sıcaklığını belirlemişlerdir. Su stresi olan ve olmayan konularda öğle saatlerindeki yaprak sıcaklığı farkının $7.0^{\circ}C$ 'ye kadar ulaştığını saptamışlardır. Orta derecede su stresi olan konu ile su stresi olmayan konulardaki güneş gören yaprak sıcaklıklarının, hava sıcaklığından yaklaşık $1-2^{\circ}C$ daha düşük olduğunu gözlemişlerdir. Aşırı su stresi olan konulardaki bitkilerin güneş gören yaprakların sıcaklığının ise hava sıcaklığından $4.6^{\circ}C$ daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

O'TOOLE ve HATFIELD (1983), CWSI'nin hesaplanmasında en kritik aşamanın bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırın (UL) saptanması olduğunu belirtmişlerdir. Aşırı su stresi altında llen üst sınırdaki ($T_a - T_c$) farkının $2.5-8.5^{\circ}C$ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Mısır bitkinin potansiyel transpirasyon yaptığı varsayılan alt sınırı ise $T_a - T_c = 3.36 - 1.89VPD$ şeklinde belirlemişlerdir. llen üst sınır değerleriyle enerji denge eşitliğinden hesaplanan üst sınır değerleri arasında paralellik olmadığını saptamışlardır. Bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırdaki ta-hava sıcaklığı farkında ve dolayısı ile CWSI'de oluşan hataya neden olan ana etmenlerin başında rüzgar hızının geldiğini belirtmişlerdir. Düşük rüzgar hızında llen CWSI değerinin, normal su stresine göre daha fazla, yüksek rüzgar hızında ise daha düşük

olduğu belirlenmiştir. UL'deki ölçülen ve hesaplanan taç ve hava sıcaklığı farklarındaki aykırılıkların, direnç ve rüzgar hızı arasındaki ilişkiden yararlanarak kısmen giderilebileceği belirtilmiştir.

Infrared termometre ile ölçülen mısır taç sıcaklığı, hava sıcaklığı ve buhar basıncı açısından (VPD) hesaplanan bitki su stresi indeksi (CWSI) ve anılan indeksten yararlanılarak hazırlanan mısırın sulama programının etkinliğini göstermek için Akron (Colorado)'da siltli-tınlı toprakta yürütülen denemede, CWSI değerleri 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.6 eşiğine ulaştığında sulamalar yapılmıştır. Araştırmacılar, su stresinin olmadığı alt sınır (LL) eşitliğini, GARDNER ve SOIHO'nun Tryon (NE)'da tam sulanan mısır denemesinden derlenen verileri kullanarak $T_c - T_a = 2.67 - 2.059 \text{ VPD}$ (T_a ve T_c °C; ve VPD ise kPa'dır) şeklinde saptamışlardır. LL eşitliğinin, IDSO (1982)'nin verdiği eşitlikten biraz farklı olduğunu belirtmişlerdir. Bitkinin tamamen su stresinde olduğu üst sınır değerini ise 3 °C olarak almışlardır. Anılan dört eşik değerinde yukardaki sıraya göre 11, 9, 6 ve 3 kez sulama yapılmış ve toplam 211, 185, 112 ve 65 mm sulama suyu uygulanmıştır. Bu program sonucunda, sırasıyla dekardan 1001, 929.3, 839.9 ve 664.7 kg verim alınmıştır. Bütün mevsim boyunca sulama zamanında ortalama CWSI, yukarıdaki sıraya göre 0.27, 0.33, 0.46 ve 0.68 olarak bulunmuş ve ortalama CWSI'nin, eşik CWSI'den farklı değerlerde olduğu belirlenmiştir. Su stresi etkisinin yalnızca sulama zamanındaki CWSI'e bağlı olmadığı, tüm mevsim içindeki CWSI'e bağlı olduğu bulunmuştur (NIELSEN ve GARDNER, 1987).

BRAUNWORTH ve MACK (1989a), Oregon'da siltli-killi toprakta tatlı mısırdaki yürüttükleri çalışmada; kullanılabilir suyun %0 ile %100 arasında değişen 5 farklı düzeyini çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemi ile su uygulamışlardır. Bitki su stresi indeksini saptamak için infrared termometre ile tam sulanan (%100) konularda taç sıcaklığını ölçmüşlerdir. IDSO (1982) yöntemini kullanarak alt sınır eşitliğini $T_c - T_a = 0.022 - 1.299 \text{ VPD}$ ($r^2 = 0.30$) şeklinde saptamışlardır. Çalışmada, alt sınır teorik olarak $T_c - T_a = 1.178 - 3.861 \text{ VPD}$ şeklinde belirlenmiştir. Bitkinin tamamen su stresinde olduğu üst sınırı da 4.6 °C olarak almışlardır. Günlük en yüksek su stresi indeksinin saat 10:00 ile 17:00 arasında değiştiğini gözlemişler ve suyun fazla uygulandığı konularda su

stres indeksinin daha düşük, suyun az uygulandığı konularda ise daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Mısır dane verimi ile CWSI arasında önemli ilişkiler bulmuşlar ve bu ilişkilerin bağdaşım katsayılarının (r^2) 0.82-0.93 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

North Dakota'da kumlu-tınlı toprakta mısır bitkisi ile yürütülen çalışmada, kök bölgesinde kullanılanabilir suyun %40'ı tüketildiğinde sulanan (tanık), CWSI; 0.2, 0.4 ve 0.6'yı geçtiğinde su uygulanan; toprak su tansiyonu 50 ve 30 kPa'dan daha fazla olduğunda sulamaya başlanılan, birer hafta aralıklarla JENSEN-HAISE (1963) yöntemiyle hesaplanan suyun %50'sinin verildiği ve CERES-Maize kestirimlerine göre sulanan toplam 8 farklı konu oluşturulmuştur. Su stresi olmayan konulardan ölçülen değerlerden yararlanarak elde edilen LL eşitliği, $T_c - T_a = 2.14 - 1.97 \text{ VPD}$ (T_c ve T_a , °C ve VPD, kPa) şeklindedir. Bitkinin tamamen su stresinde olduğu üst sınır değeri ise 5°C olarak alınmıştır. CWSI'in 0.6 olduğu sulama konusu dışında, 0.2 ve 0.4 konularında, verimde önemli azalmalar olmadan su tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Dane verimi (Y) ile su tüketimi (ET) arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur ($Y = 39.3 \text{ ET} - 6230$, $r^2 = 0.78$). En yüksek su kullanım randımanı (2.72 kg/da-mm), bitki kök bölgesindeki toprak su tansiyonunun 50 kPa'ı geçtiğinde sulanan konuda belirlenmiştir (STEELE ve Ark., 1994).

Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça taç sıcaklığının arttığı, buna bağlı olarak CWSI'in yükseldiği gözlenmiştir. Sulanan konularda, sulanmayan konulara göre IRT ölçümlerini baz alarak saptanan CWSI'nin yarısı kadar olduğu belirlenmiştir. Sulamadan sonra da CWSI'nin kısa bir süre daha yükselmeye devam ettiği saptanmıştır (BUCKS ve Ark., 1985).

CWSI, sulamadan hemen sonra sıfıra düşmemekte ve minimum değere düşmesi için de çeşide bağlı olarak birkaç güne gereksinim duyulmaktadır. Sulama yapıldıktan sonra bitkinin su stresinden kurtulması için gerekli olan bu süre bitkinin turgorunu yeniden kazanması, kendine gelmesi (recover) olarak adlandırılmaktadır. Bitkilerin su stresinden hemen kurtulamamalarının nedenini EHRLER (1973), pamukta, IDSO ve EHRLER (1976) sorgum bitkilerinde yaptıkları denemede; kuruyan ve kıvrılan yaprakların yeniden su alması; kuruyan toprakta yeni kılcal köklerin oluşumu ve bunların

potansiyel düzeyde su alabilmesi içinde zamana gereksinim duyulmasıyla açıklamışlardır (JACKSON ve Ark., 1981).

HOWELL ve MUSICK (1984), taç-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ve buhar basıncının bitki su stresi indeksi (CWSI) ile fonksiyonel bir ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir. Hemen hemen tüm sulamalardan sonra, CWSI'nin en aza indiğini ve bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su azaldıkça yeniden yükseldiğini saptamışlardır. İki sulama arasındaki CWSI'nin atmosferin buharlaştırma istemine, bitkilerin fiziksel özelliklerine ve bitki kök bölgesinde depolanan suya bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Bitkilerin yetiştirme mevsiminde CWSI'nin, sulamadan sonra sıfıra düşmediğini gözlemişlerdir. CWSI'nin sıfıra düşmemesinin nedenini ise su yetersizliğinden kaynaklanmadığı şeklinde açıklamışlardır.

Arizona'da yürütülen çalışmada, CWSI ile verim ve sulama suyu arasında sıkı bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. CWSI'i kullanarak hem verim tahmini yapılabileceği hem de mevcut sulama suyu miktarıyla sulama programı hazırlanarak, verimin en yüksek düzeye çıkarılabileceği belirtilmiştir (FANGMEIER ve Ark., 1988).

GIESER ve Ark. (1982), Minnesota'da kumlu toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin taç-hava sıcaklığı farkına ($T_c - T_a$), taç direncine ve su dengesi yöntemlerine göre hazırlanan sulama programlarının uygulandığı konulardan elde edilen verimler arasında fark bulunmadığını saptamışlardır. Taç direnci ve su dengesi yöntemlerinde, ($T_c - T_a$) farkı yöntemine göre sırasıyla %18 ve %39 daha fazla su uygulandığını belirlemişlerdir.

Değişen iklim koşulları altında, tarla denemesi ve simulasyon model değerlerini temel alarak taç sıcaklığından geliştirilen bitki su stres indeksinin (CWSI) uygunluk analizi yapılmıştır. Düşük buhar basıncı koşullarında, CWSI değerlerinin günden güne önemli düzeyde değiştiği saptanmıştır. Ampirik CWSI'deki günden güne değişim, bitkinin gerçekte suya gereksinimi olmadığı halde suya gereksinimi varmış gibi gösterebilir. Deneysel CWSI'deki değişmelerin, sulama gereksiniminin belirlenmesinde bazı şüpheleri ortaya çıkardığı ifade edilmiştir. Teorik olarak geliştirilen CWSI'deki değişimler azaltılmış, ancak tamamen giderilememiştir. Simulasyon ile deneysel CWSI'nin sonuçları karşılaştırıldığında, deneysel CWSI'nin, bitkinin suya olan

gereksinimini geç gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bunun da suya duyarlı bitkilerin CWSI'ne dayalı sulama programının hazırlanmasını sınırlayabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, CWSI'nin anılan simulasyon modeli ile saptanabileceğini ve sulama gereksinimlerinin belirlenebileceğini gösterilmiştir (STOCKLE ve DUGAS, 1992).

KÖKSAL (1995), porometre yöntemini kullanarak mısır bitkisi su stres indeksini belirlemiştir. Çalışmada, bitki su stres indeksi değerleri, 0.29-0.57 arasında değişmiştir. Tam su alan konuya ilişkin sonuçlar kullanılarak verimin düşmeye başladığı eşik değer 0.30 olarak saptanmıştır. Anılan değer 0.50'nin üzerine çıkması durumunda önemli verim kayıplarının olduğu belirlenmiştir.

Nebraska'da kumlu toprakta yetiştirilen mısıra çeşitli gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanarak bitki taç sıcaklığı IRT ile ölçülmüştür. Vejetatif gelişme döneminde uygulanan su stresinin, sulu konudaki bitki boyu ile susuz konudaki bitki boyu arasındaki farkın 50 cm olmasına neden olduğu gözlenmiştir. Tozlanma ve dane dolum dönemlerinde su stresi oluştuğunda verim azalımının çok olduğu belirlenmiştir. Anılan dönemler arasında taç sıcaklığı yükselmesinin verimde düşmeye neden olduğu da saptanmıştır (GARDNER ve Ark., 1981a).

Kansas'ta sitli-tınlı toprağın farklı su içeriklerinde mısır bitkisinde oluşan su stresini değerlendirmek amacıyla IRT okumaları yapılmış ve uygulanan sulama programına göre bitkinin kritik taç sıcaklığını (Tc) belirlemek için de Tc ile toprak su kullanımı (DEP), rüzgar hızı, toplam derece gün sayısı (GDD), bazı mikroklimatik ve fizyolojik faktörler arasında basit bir ilişki geliştirilmiştir. Hava sıcaklığının (Ta), DEP ve GDD'nin Tc ile yüksek bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Mısırın topraktaki su kullanımı ile taç sıcaklığı (Tc) arasında polinomial bir ilişki olduğu saptanmıştır. En düşük taç sıcaklığı (Tc) veya en düşük su stresi, toprak-su içeriğinin %32'sinin tüketilmesine izin verildiği konuda gözlenmiştir (CALLE ve Ark., 1992).

2.4. Mısır Bitkisinin Kök Gelişim Özellikleri

Mısır kökleri, bir çok otsu bitkilerin kökleri gibi liflidir. Mısır bitkisi çok hızlı bir büyüme gösterdiğinden, kök sistemi de aynı hızda gelişim göstermektedir. Yedi yapraklı dönemde ikincil kökler çıktıktan sonra köklerin gelişimi ve uzaması hızlı olmaktadır. Tepe püskülü döneminde de, gövdenin en alt boğumundan destek kökleri çıkmaktadır. Bu kökler bitkinin dik durması yanında su ve bitki besin maddesi alımını da sağlamaktadır. Kökler önce düşey yönde, sonra da tepe püskülünden 1-2 hafta öncesine kadar yatay yönde gelişmekte ve tepe püskülü dönemine dek gelişimlerini tamamlamaktadır. Erkenci tiplerin kök sisteminin, geçici bir çeşidin kök sistemine göre daha az olduğu belirlenmiştir. Tepe püskülü çıkarma dönemine kadar kök sistemi hızlı bir gelişme göstererek en yüksek değere ulaşmakta ve dane dolum dönemine dek ise giderek azalmaktadır (WALDREN, 1982; KIRTOK, 1986).

Nebraska'da sera ve arazi koşullarında siltli-killi-tınlı toprakta, azot kullanım randımanı bilinen 3-4 mısır genotipinde 4 farklı düzeyde azot, stressiz ve 8 günlük aralıkla olmak üzere 2 sulama programı uygulanmıştır. Su ve azot etkileşiminin, mısır bitkisinin kök ağırlığına, uzunluğuna, ortalama çapına, kök-sürgün oranına ve azot alımına etkilerinin farklı olmadığı saptanmıştır. Genotiplerin kök uzunlukları ve ağırlıkları arasında farklılıklar bulunmuştur. Toprak profilinin derinliklerinde, daha çok kökleri bulunan genotipin sulama uygulaması ile veriminin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, kök ağırlığı ile uzunluğunun daha da arttığı sonucuna varılmıştır. Azot uygulanmayan parsellerdeki kök ağırlığının ise azot uygulanan parsellere göre 2-3 kat daha az olduğu bulunmuştur. Aşırı su stresi, mısırın hem kök uzunluğunu hem de ağırlığını azaltmıştır. Su kullanım randımanı ile kök ağırlığı ve uzunluğu arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir (EGHBALL ve MARANVILLA, 1993).

ROBERTSON ve Ark. (1980), iki farklı mısır çeşidinde su stresinin kök dağılımına etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, üç farklı sulama programı uygulamışlardır. Mısır kök uzunluğunun ve dane veriminin, her üç sulama programında da önemli düzeyde arttığı saptanmıştır. Toprak profilinin 150 cm derinliğine kadar sulanan

konularda birim alandaki kök uzunluğunun, kuru (tanık) konuya göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sulama aralığının fazla olduğu koşullarda mısır köklerinin su kullanımı, sık ve orta sulama aralığındaki su kullanımından daha fazla olduğu saptanmıştır. Sulama aralığının arttırıldığı koşullar, bitkide su stresini yükseltirken kök uzunluğunu da arttırmıştır.

Toprak işlemenin en aza indirilmesi, mısır bitkisinin gelişimini, bitki besin maddesi alımını ve dane verimini olumsuz yönde etkilediği ve 7 cm toprak derinliğindeki kök yoğunluğunu arttırdığı belirlenmiştir. Ekimden 8 hafta sonrasına kadar hızlı bir kök gelişiminin olduğu gözlenmiştir. Kök gelişiminin büyük bir bölümünün, bitki sırası üzerinde olduğu saptanmıştır. Dinamik bir karakter gösteren mısır köklerinin azot uygulamasıyla, toprak işlemeyle ve zamanla değiştiği belirlenmiştir. Kök çapı ve birim kök uzunluğu ağırlığı, toprak boşlukları ve profil derinliği ile önemli ölçüde değişmiştir (ANDERSON, 1987).

MACKAY ve BARBER (1985), yaptıkları çalışmada hacimsel su içeriği %22'den %27'ye yükseldiğinde, bitkinin toplam ağırlığının %13'den %43'e, kök uzunluğunun da %41'den %52'ye yükseldiğini saptamışlardır. Toprak su içeriği daha da (%27'den %32'ye) arttırıldığında mısır bitkisinin toplam ağırlığında %13'lük ve toplam kök uzunluğunda da %16'lık bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Sulu koşullarda mısır köklerinin kuru ağırlıklarının %40'ının ilk 30 cm'de veya %92'sinin 90 cm'de; kuru koşullarda ise %39'unun ilk 30 cm'de veya %70'inin 90 cm'lik toprak profilinde bulunduğu belirlenmiştir. Bu da kuru koşullarda yetiştirilen mısır köklerinin daha çok derinlere gittiğini göstermektedir. Mısır kök gelişiminin toprak nemi yanında toprak sıcaklığı ve havası ile fiziksel direncinden de etkilendiği saptanmıştır. Yeterli toprak neminin bulunduğu koşullarda, arazi ölçümlerinden elde edilen kök yüzey alanı ile ağırlığı arasında üssel bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bitki potansiyel hızda evapotranspirasyon yapıyorsa, anılan koşullarda bitkinin topraktan su alım dağılımının, kök ağırlık dağılımı ile belirlenebileceği ortaya konulmuştur (NOVAK, 1987).

Çukurova Bölgesinde yetiştirilen 25 ticari melez mısır çeşidinde, kök gelişiminin verimle olan ilişkilerini saptamak amacıyla saksı ve tarla denemeleri yürütülmüştür. Saksı

çalışmasında, dane verimi ile tepe püskülü, çiçeklenme süresi, koçan dane sayısı, koçan dane verimi, bin dane ağırlığı, sap kuru madde ve kök kuru madde ağırlıkları arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Öte yandan arazi çalışmasında, kök kuru madde ağırlığı ile dane verimi arasında önemli bir ilişki saptanamamıştır (YÜCEL, 1993).

2.5. CERES-Maize Bitki Büyüme Modeli

Bitki büyüme modellerinin geliştirilmesinin başlıca önemli nedenleri, mevcut durumu tanımlamaları, bilimsel araştırmalardaki eksiklikleri göstermeleri, araştırmada öncelikleri belirlemeleri, farklı yönlerden bilgileri bir bütün haline getirmeleri ve disiplinler arası koordinasyonu sağlamalarıdır.

Modeller, çeşitli bitkilerin fizyolojik aşamalarındaki bazı ilişkileri temel almaktadır. Koşulların değiştiği alanlarda çok az veya hiç bir düzeltme yapmadan bitki gelişimini, fizyolojik temellere bağlı olarak tahmin eden bu gibi programların uygulamada belirli bir potansiyeli vardır. Bu modeller, hasat zamanında olduğu kadar hasattan önceki bölgesel verimlerin kestiriminde de belirli bir potansiyele sahiptir. Üreticilerin ürünlerini satması, veya depolamasının, gelecekte oluşacak fiyatlara üretimin etkisini belirleme açısından verimin önceden tahmin edilmesi çok önemlidir. Bu nedenlerle bitki büyüme modelleri, son yıllarda verimin önceden tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (HODGES ve Ark., 1987).

JONES ve RITCHIE (1990), bitki büyüme modelleri geliştirilirken genellikle bir veya iki stres etmeninin dikkate alındığını, diğer etmenlerin en iyi koşullarda işletildiğinden etkisinin olmadığını varsayarak; bitki büyüme modelini arazi koşullarında yetişen bitkilerin iklimden, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısından, böceklerden, hastalıklardan, yabancı otlardan ve bunların kombinasyonundan etkilenen karmaşık ve dinamik yapıdaki gelişimin matematiksel ifadesi olarak tanımlamışlardır.

CARBERRY ve Ark. (1989), bitkinin günlük gelişimini tahmin eden çok sayıda model geliştirildiğini belirtmektedirler. Genellikle, aynı kriterleri bulunan modellere ek yeni bir model geliştirmek yerine mevcut olan modeli kullanmanın daha ucuz olduğunu

ifade etmektedirler. YAZAR (1991), simülasyon modellerinin bitkisel üretim konusunda karar vermenin değişik aşamalarında yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir.

Tarımsal işletmecilikte, CERES-Maize bitki büyüme modeli, kullanıcılara farklı sulama tarihleri ve sulama miktarlarını sunarak en iyi sulama stratejilerini seçme veya karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Anılan modelde, sulama programlarını değiştirerek sonuçları karşılaştırma olanağı bulunmaktadır. Sözkonusu model ile kullanıcılara, toprak suyu belirli bir değere düştüğünde sulamanın yapılması gerektiğini bildirmektedir (JONES ve RITCHIE, 1990).

Dünyada çoğu tarım alanlarındaki su kaynaklarının yıldan yıla ve bölgeden bölgeye değişmesi, bitkilerin yetişme mevsimini ve alanlarını sınırlamaktadır. Su kaynağı yanında iklimde de görülen değişimler, çiftçiler için risk oluşturmaktadır. İklim, bitki ve toprak parametrelerini toprak-su dengesine ilişkilendiren modeller, tarımdaki riskleri en aza indirmede ön bilgiler sunmaktadır. Anılan modellerden CERES-Maize; tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planlamaların risk analizinde, yetişme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin kararında, büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (RITCHIE, 1985).

CERES-Maize bitki büyüme modelinin amacı kullanıcılara ürün tahmini yapmak olduğundan modelin başarısı, verimi belirleyen temel özelliklere etki eden etmenlere bağlıdır. Bu etmenler; iklim, bitki gelişme dönemleri, genetik özelliği, bitki organlarının (sap ve yaprak) büyümesi, gelişmesi, sararması ve kuru madde miktarları; bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerindeki su ve azot eksikliğidir (RITCHIE, 1985).

Bitki büyüme modelinin iyi sonuç verip vermediği ancak model sonuçları ve arazi ölçümlerinin değerlendirilmesi ile belirlenebilir. Bitki büyüme modellerinin değerlendirilmesinde; deneme yerine, toprağın özelliklerine, başlangıç koşullarına, iklim durumuna, tarımsal uygulamalara ve arazide yapılan ölçümlere gereksinim duyulmaktadır. Değerlendirme, yalnız bir uygulamanın olduğu çiftçi koşullarında yapıldığı gibi değişik iklim ve farklı uygulamalarda da yapılabilir (ANONYMOUS, 1986a).

Mısır bitkisinin gelişimini fizyolojik ve çevresel etmenlere bağlı olarak tahmin eden bir matematiksel model geliştirilmiştir. Anılan modelle yetersiz sulama sonucu verimde azalmanın olduğu yerlerde, dane verimi ile verim unsurlarını gerçeğe yakın kestirimlerde bulunulmuştur. Bunun yanında modelin, dinamik bitki gelişimini tüm ayrıntılarıyla kestiremediği, ancak modelin belirli bir doğrulukta kestirim yapma özelliğine sahip olduğu saptanmıştır. Toprak suyu ve atmosferik olaylar, model kestiriminde dikkate alındığında, modelin doğru kestirim özelliğini iki kat arttırdığı ve sulama işletmeciliğinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu modeli kalibre etmeden, iklim değerlerini kullanarak farklı mısır çeşitleri için yapılan kestirimde, bitki gelişimini, yetiştirme mevsiminin başında daha iyi; bunun yanında kurak koşullarda ise dane verimini çok büyük farklılıklarla verdiği belirlenmiştir (CHILDS ve Ark., 1977).

GRANT ve Ark. (1989), geliştirdiği modelin sonuçlarını bir çok bölgede mısırın gözlenen kuru madde verimini, dane verimi, dane sayısı, dane ağırlığı ve yaprak alan indeksi değerleriyle karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada, model sonuçları ile gözlenen sonuçlar arasında % 20'lik bir fark olduğu görülmüştür. Mısır gelişimini daha doğru tahmin edebilmek için toprak ve iklim ile ilgili ayrıntılı bilgiye gereksinim olduğu kadar, bitkinin temel gelişim aşamalarını etkileyen çevre etmenlerinin de bilinmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu gibi modellerin iyi yanı toprak, iklim ve işletim değerlerini girdi olarak kullanması, olumsuz yanı ise model sonuçlarının yalnızca mevsimlik gözlenen sonuçlar ile kıyaslanabilmesidir.

STOCKLE ve Ark. (1991), Washington'da yağmurlama yöntemi ile sulanan mısırın dane verimini değerlendirmek için bir simulasyon çalışması yapmışlardır. Yetiştirme mevsimi süresince konulardaki su dağılımına toprağın su tutma kapasitesine ve atmosferin buharlaşma istemine bağlı olarak model, günlük evapotranspirasyonu sürekli % 15 eksik kestirmiş, mısır verimi de %1-7 arasında daha düşük sezinlenmiştir.

Yarı kurak bölgelerde, bitki büyüme modellerinin tarımsal risk analizlerinde, uygun bitki deseninin seçiminde, optimum bir tarım biçiminin saptanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir. Yarı kurak bölgeler için Standart CERES-Maize simulasyon modelinin kullanılabilirliği test edilmiş ve model performansını iyileştirmek için bazı düzeltmeler

yapılmıştır. CARBERRY ve Ark. (1989), farklı ekim tarihleri ve sulama programları uygulandığında Katherine (Northern Territory)'da yetiştirilen Dekalb XL82 çeşidinin dane verimi, CERES-Maize modeli ile tam olarak kestirilememiştir. CERES-Maize modelinin gözlenen değerlerden yararlanarak kalibrasyonundan sonra kestirilen değerlerin standart sapmasının 348 kg/da'dan 201.5 kg/da'a kadar düştüğü belirlenmiştir. Anılan modelde, bitki fenolojisi, yaprağın gelişmesi ve pürsümesi, asimilasyon ve dane gelişimini tanımlayan eşitlikler gözden geçirilerek arazi değerlerine göre yeniden düzeltilmiştir. Yarı kurak bölgeler için CERES-Maize bitki büyüme modelinin gözden geçirilmesi yalnız uygulanabilirliğini arttırmamış, aynı zamanda diğer bölgeler ve genotipler için kalibrasyona gerek duyulan parametreler de saptanmıştır.

KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında CERES-Maize bitki büyüme modelinin yöreye uyumluluğunu test etmiş, modelin su kısıntısına karşı duyarlı olduğunu ve gerçek değerlerden daha düşük kestirimler yaptığını belirlemiştir. Ayrıca, CERES-Maize bitki büyüme modeline bazı katsayılar eklenerek, ikinci ürün mısır bitkisinde farklı öğelerin kestiriminde de kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bitki sıklığı, biyotik ve abiyotik stres etkileri sonucu yaprak alanında görülen azalmanın bitki büyüme modeliyle kestirilmesi amacıyla Nebraska'da bir çalışma yürütülmüştür. CERES-Maize (V1.0) modelinin, en yüksek bitki sıklığında maksimum verimi doğru kestiremediği ve m²'de 6.5 bitki olduğunda verimi %16'dan daha fazla; bitki sayısı 5.6 düştüğünde ise kestiremediği saptanmıştır. Model vejetatif dönem dışında yaprak alanı %100 azaltıldığında dane sayısını daha fazla, dane ağırlığını ise daha az tahmin etmiştir. Buna göre, anılan modelin geri kalan yaprak alanı ile verim kestirimi yapamadığı belirlenmiştir. CERES-Maize modelinin, bitkinin çeşitli gelişim dönemlerine, birim alandaki bitki sayısına ve yaprak alanındaki değişime göre verim ve verim unsurlarını kestirebildiği saptanmıştır. Model, normal koşullarda iyi tahmin yapabilmektedir (ERNEST ve WEISS, 1990).

Kansas'ta, yaprak ve fenolojik gelişim tahmini yapabilmek amacıyla modifiye edilen CERES-Maize (VO/SAT) modelinin, koçan çıkarma döneminde CORNF'den ve orginal CERES-Maize'den çok daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Işık şiddetinde %50

azalma olduğunda verimde %26, dane ağırlığında %16, dane sayısında %16 ve yaprak alan indeksinde de %20'lik bir azalma olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde yağış %50 azaldığında, verimde %47, ortalama dane ağırlığında %51, dane sayısında %1, yaprak alanı indeksinde de %1'lik azalma olduğu saptanmıştır (RETTA ve Ark., 1991).

HODGES ve Ark. (1987), A.B.D'de 1982-1985 yılları arasında tatlı mısır üretimi yapılan bölgelerdeki yıllık dalgalanmaları sezinlemek amacıyla CERES-Maize bitki büyüme modelini test etmişlerdir. Amerika'da tatlı mısır üretiminin %85'inin yapıldığı 14 eyaletteki 51 iklim istasyonundan değerler kullanılarak model çalıştırılmıştır. Modelin kalibrasyonu, 1982 yılında her istasyondaki verim ve minimum gelişme dönemlerindeki değerleri kullanarak yapılmıştır. Anılan 51 iklim istasyonunda 8 bitki çeşidinin genetik katsayıları belirlenmiştir. Model sonuçları ile deneysel veriler arasında % 92 (1982), % 97 (1983), % 98 (1984) ve % 101'lik (1985) benzerlikler bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, modelin bölgesel kalibrasyonu ile daha geniş alanlardaki üretim kestirimini yapılabileceği belirtilmiştir. Anılan modelle, solar radyasyonun, günlük yağışın, en yüksek ve en düşük sıcaklığın ölçüldüğü alanlarda verim tahmininin yapılabileceğini ifade edilmiştir.

North Carolina koşullarında, PIPER ve WEISS (1989)'in yürüttükleri mısır denemesinde, 6 ve 12 yapraklı vejetatif dönemde bitki sıklığı, püskül çıkarma ve süt olum dönemlerinde ise yaprak sayısı %33, %66 ve %100 oranlarında azaltılmış ve elde edilen değerler kullanılarak bitki sıklığını ve yaprak sayısını kıstas alan modifiye edilmiş CERES-Maize bitki büyüme modelini test edilmiştir. Anılan modelin, bitki sıklığı (bitki/m^2) 5.57'den az olduğunda verimi daha düşük, 5.57 civarında olduğunda gerçek değere yakın, 5.57'den büyük olduğunda ise verimi daha fazla kestirdiği saptanmıştır. Model, 1980 yılında süt olum dönemi dışında, yaprak sayısı %33 ve %66 oranında azaltıldığında gözlenen verime göre daha düşük, süt olum döneminde azaltıldığında ise daha fazla bir değer kestirmiştir. 1981 yılında ise yaprak sayısı %33 ve %66 oranında azaltıldığında, modelin kestirdiği dane veriminin gözlenen dane veriminden daha az olduğu görülmüştür.

CERES-Maize bitki büyüme modeli, Alsace (Fransa) koşullarında 1978-1979 ve 1986-1987 yıllarında iki farklı mısır çeşidi ile yürütülen denemenin değerleri kullanılarak

test edilmiştir. Kestirilen ve gözlenen sonuçlar arasında çok büyük farklılıklar saptanmıştır. Modelde, bitki genetik katsayıları ve yaprak alan eşitlikleri yöreye uygun olarak düzeltilmiş ve yeniden değerlendirilmiştir. Anılan model düzeltildikten sonra gözlenen değerlerle kestirilen değerlerin uyum gösterdiği belirlenmiş, ancak bazı gelişim parametrelerinde daha az bir oranda kestirim yaptığı görülmüştür. Modifiye CERES-Maize modelinin, özellikle suya ve azota bağlı olarak kestirim yapılan koşullarda, hidrolik ve genetik katsayılarına karşı çok duyarlı olduğu vurgulanmıştır (PLANTUREUX ve Ark., 1991).

BOTNER ve SAKAMOTO (1991), Iowa'da uydu verilerini kullanarak CERES-Maize modeliyle mısır verimi tahmini yapmışlardır. Anılan modelle yapılan verim kestirimininin, denemenin birinci yılında gözlenen değere göre daha yüksek, ikinci yılında ise daha düşük olduğunu saptamışlardır. Uydu verileri kullanılarak saptanan verim kestiriminin daha doğru olduğunu gözlemişlerdir.

Gelecekteki iklim değişiminin ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyon artışının mısır üretimine olan etkilerini South Great Plains (US)'de 14 farklı yerde CERES-Maize bitki büyüme modeli kullanılarak kestirim yapılmıştır. Kuru koşullarda simülasyonu yapılan mısır dane veriminin, laboratuvar koşullarında elde edilen dane veriminden %17-%50 arasında daha az olduğu saptanmıştır. Test edilen mısırın, CO₂ değişiminden olumsuz etkilendiği görülmüştür. Ayrıca, sulama suyuna olan gereksinimin, iklimdeki değişikliğin etkisi ile azaltılabileceği belirlenmiştir (ROSENZWEIG, 1989).

Belçika'da CERES-Maize bitki büyüme modeli kullanılarak, koçan çıkarma döneminden önce ve sonra mısır dane ve kuru madde verimine, sıcaklık ve solar radyasyondaki değişimleri etkisi araştırılmıştır. Kestirilen verimin, 1700 kg/da'ı geçtiği saptanmıştır. Solar radyasyonun kuru madde üretiminde etkisinin 140 kg/da'dan daha az olduğu bulunmuştur. Sıcaklık ve solar radyasyondaki değişimin koçan çıkarmadan önceki etkisi 53 kg/da, koçan çıkardıktan sonraki etkisi ise 117 kg/da olarak hesaplanmıştır. Anılan model, mevcut fotosentezle bitki gövdesinde depolanan bitki besin maddesiyle bitki gelişimi ve dane dolununun sınırlı olduğunu göstermiştir. Belçika'da, yıldan yıla ve

bölgeden bölgeye değişen solar radyasyonun, verimdeki değişmelerde ana rolü oynadığı sonucuna varılmıştır (LAHROUNI ve LEDENT, 1990).

HODGES ve EVANS (1990), farklı ekim sıklığı ve bitki sıra aralığının taç içindeki ışık dağılımına etkisini kestiren bir model geliştirerek CERES-Maize bitki büyüme modeli ile birleştirmişlerdir. Anılan model, 38.1 cm ve 76.2 cm sıra aralığında; 7.2 ve 9.45 bitki/m² yoğunluğunda yetiştirilen mısır değerleri kullanılarak test edilmiştir. Model, sözkonusu bitki yoğunluklarında, 38.1 cm'lik bitki sıra aralığında tahmin edilen verim değerleri, 76.2 cm'lik aralıkta kestirilen değerlerden sırasıyla %4.67 ve %6.19 daha fazla olmuştur. Ayrıca anılan modelle, dar sıralarda, su ve azot stresi altında daha fazla verim alındığı saptanmıştır.

Heilbronn (Almanya)'da iki yıl süreyle yürütülen çalışmadan saptanan değerler kullanılarak CERES-Maize modeli test edilmiştir. Anılan test sonucunda, özellikle yaprak alan indeksi en yüksek değere ulaştıktan sonra kestirilen değerlerin gözlenen değerlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir (ENTENMANN ve Ark., 1989).

WENDA ve HANKS (1981) Utah'ta yürütülen mısır denemesine ilişkin verileri PLANTGRO modelinde kullanarak verim kestirimi yapmışlardır. Gözlenen ve kestirilen kuru maddenin, dane veriminden daha iyi bir paralellik gösterdiğini saptamışlardır.

CERES -Maize modeli Çin'in kuzeyinde beş ayrı yerde, mısır verimini sezinlemek amacıyla 1979-1984 yılları arasında kullanılmıştır. Modelde 1979-1980 yılları arasında gözlenen değerler kullanılarak genetik katsayılar geliştirilmiş ve model kalibre edilmiştir. Kalibre edilen bu modelin, yağışlı yıllarda verimi daha fazla, kurak yıllarda ise daha az tahmin ettiği belirlenmiştir. Anılan model, bitki su stresi indeksi dikkate alınarak yeniden düzenlendiğinde daha doğru sonuçlar vermiştir. Yeniden düzenlenen modelin, toprak neminin fazla oranda değiştiği Çin'in kuzeyindeki ovalar için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (WU ve Ark., 1989).

Brezilya'da 1983-1987 yılları arasında yürütülen denemede, mısırın gelişme dönemlerini ve dane verimini tahmin etmek amacıyla CERES-Maize bitki büyüme modeli kullanılmıştır. Denemede, gözlenen gelişme dönemleri ile modelle kestirilen sonuçlar toprak, bitki ve iklim değerlerini dikkate alarak karşılaştırılmıştır. Modelin

kalibrasyonunu yapmak için 1983 yılında arazi verilerini kullanarak bitkinin genetik katsayıları saptanmış ve belirlenen katsayılar diğer yıllarda da kullanılmıştır. Çıkıştan vejetatif dönemin sonuna kadar kestirilen tarihle gözlenen tarih arasında 3 gün; koçan çıkarma döneminden fizyolojik olgunluk dönemine dek ise 0.5 günlük bir fark saptanmıştır. Kestirilen ile gözlenen dane verimleri arasında yıllara göre yaklaşık %90.2-103.6 arasında değişen farklılıklar olduğu bulunmuştur (LIU ve Ark., 1989).

HOWELL ve Ark. (1989), Southern Great Plains (USA)'de yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan mısırdan elde edilen verileri kullanarak CERES-Maize bitki büyüme modelini kalibre ve modifiye etmişlerdir. Modelin kullanılabilirliği kanıtlandıktan sonra, farklı sulama suyu düzeylerinde mısırın su kullanım randımanı ve verim kestirimleri yapılmıştır. Validasyonun yapıldığı bölge için yağmurlama sulama işletim seçeneklerini saptamak amacıyla, toprak profilinde tüketilmesine izin verilen düzeyin ve net sulama suyu miktarlarının işletim kararlarına etkisi belirlenmiştir. Söz konusu düzeltilmiş modelle kestirilen değerlerin, gözlenen evapotranspirasyon, kuru madde ve dane verimi değerlerine yakın olduğu bulunmuştur.

LAHROUNI ve LEDENT (1989), Belçika'nın orta kesimlerinde mısırın dane ve kuru madde verimini sezinlemek için CERES-Maize bitki büyüme modelini kullanmışlardır. Vejetatif dönemin sonu ile püskül çıkarma dönemi arasında kalan sürede, sıcaklığın 1 ve 2 °C düşürülmesi durumunda, kestirilen kuru madde azalışı sırasıyla 100 ve 300 kg/da olmuştur. Sıcaklığın arttırılmasının dane veriminde daha az etkiye sahip olduğu ve verimi 90-190 kg/da arasında arttırdığı saptanmıştır. Yapılan çalışmada, kestirilen kuru madde miktarının 1990 kg/da, gözlenen değer ise 1300-1700 kg/da arasında değiştiği belirlenmiştir.

ZUNIGA (1989), El Salvador'da sulama suyu ve azotun mısır verimine olan etkisini belirlemek amacıyla CERES-Maize modelini kullanmıştır. Anılan modelin kestirdiği değerlerle gözlenen değerler arasında yüksek korelasyon olduğu gözlenmiştir.

CURRY ve Ark. (1988), USA'da 19 farklı yerde 30 yıllık iklim değerlerini kullanarak CERES-Maize bitki büyüme modeliyle mısırın simülasyonunu yapmışlardır. Anılan bitki büyüme modeli, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu iki katına çıkarılarak

yeniden çalıştırılmıştır. Birinci iklim değişikliğinde dane veriminde %50'den daha büyük oranlarda azalma olduğu saptanmış, ikincisinde ise iklim değişikliğinin fazla bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Sulu koşullar altında, CO₂ konsantrasyonu iki katına çıkarıldığında, mısır dane veriminde %20 azalmanın olduğu belirlenmiştir.

ALGOZIN ve Ark. (1987), CERES-Maize modelini, Michigan (USA)'da iki farklı toprak tipinde, farklı sulama programı koşulları altında mısırın verimini kestirmek amacıyla kullanmışlardır. Her bir sulama programında, 2 farklı mısır fiyatındaki net geliri, su-bütçe modelini kullanarak kestirmişlerdir. Anılan çalışmadan saptanan değerler, sulama programlarının seçiminde, toprağın su tutma kapasitesinin ve mısır fiyatlarının etkili olduğunu göstermiştir.

Michigan (USA)'da su ve enerji kullanım randımanını arttıran sulama programları oluşturulmuş ve her bir sulama programı için gerekli verimi ve sulama değerlerini kestirmek amacıyla CERES-Maize modeliyle veri üretilmiştir. Enerji kullanımını sezinlemede enerji bütçesi yöntemi kullanılmıştır. Modelle yapılan analiz sonuçlarında, suyun az ve sık uygulanması durumunda, su ve enerji kullanım randımanının arttığı saptanmıştır (ALGOZIN ve Ark., 1988).

CLEMENCE ve MALLETT (1988), uzun yıllık iklim verilerini kullanarak genelleştirilmiş iklim değerlerine dönüştürmüşler ve CERES-Maize bitki büyüme modelinde anılan veriler kullanarak, mısırın püskül çıkarma döneminde kestirimler yapmışlardır. Kestirilen değerlerin, gerçek iklim değerleri kullanılarak yapılan kestirim değerinden %31.5 oranında saptığını belirlemişlerdir. Bunun yanında, sözkonusu dönemden 30 gün sonra yapılan kestirimde ise anılan sapmanın %1.8'e düştüğünü gözlemlemişlerdir.

COMERMA ve Ark. (1985), CERES-Maize modelindeki su dengesinin validasyonu amacıyla yetiştirme mevsimi boyunca topraktaki kullanılabilir suyu izlemişlerdir. Gözlenen değerlerle modeli çalıştırmışlardır. Modelle, bitki gelişim mevsimi boyunca su hareketinin doğru olarak kestirildiği ve bitkinin bazı gelişme dönemlerinde su stresinin oluştuğunu saptamışlardır.

UPENDRA ve SINGH (1986), tropik bölgelerde fazla miktarda veri toplayarak düzeltmesi, kalibrasyonu ve değerlendirmesi (validasyon) yapılan CERES-Maize modelinin mısır dane veriminin tahmininde doğruya çok yakın değerler verdiğini bildirmişlerdir.

Brezilya'da azot mineralizasyonunu ve yıkanması yanında, mısır bitkisi tarafından alınan azotun kestirimini yapabilmek amacıyla CERES-Maize modeli test edilmiştir. Anılan teste, aşırı yağışlar olduğu zaman daha gerçekçi sonuçları saptamak için bazı düzeltmelere gidilmiştir. Model, kullanılabilir yüksek azot içeriklerinde mısır tarafından alınan miktarı daha fazla kestirmiştir (BOWEN Ark., 1993).

Amerika'da geliştirilen CERES-Maize ve CORNF büyüme modelleri, Güney Afrika'da gözlenen mısır değerleri kullanılarak test edilmiştir. Gözlenen toplam kuru madde, yaprak alan indeksi (LAI), dane verimi ve toprak su içeriği ile modeller tarafından kestirilen değerler arasında paralellik olduğu belirlenmiştir. CORNF modelinin sistematik olarak, LAI'ni daha az kestirme eğiliminde olduğu saptanmıştır. CERES-Maize modelinin toprak su içeriğinin tahmininde CORNF'e göre daha doğru kestirimler yaptığı belirlenmiştir (VOS ve MALLETT, 1987).

SEZEN (1993), CERES-Wheat V2.1 bitki büyüme modelini, Çukurova koşullarında yetiştirilen PANDA buğday çeşidini kullanarak test etmiştir. Test sonucunda, gözlenen değerlerle tahmin edilen değerler arasında benzerlikler bulunmuştur. Tam sulanan ile susuz konudan tahmin edilen verim daha düşük, diğer konularda daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Tüm sulama konularındaki gözlenen ile kestirilen kuru madde miktarlarının birbirine yakın olduğunu saptamıştır.

2.6. Genetik Katsayılar

Genetik katsayılar, bitkilerin fizyolojik özelliklerini belirlemek için çeşitli modellerde kullanılmaktadır. Modellerde anılan genetik katsayılar kullanılarak, farklı toprak, iklim ve işletim koşullarında bitki büyüme modelleri ile çeşitli genotiplerin özelliklerinin daha doğru tahmin edildiği belirtilmiştir. Bu amaçla bu katsayılar altında

yatan çevre ile genotip etkileşimlerini çözmeye yönelik programlara gereksinim olduğu saptanmıştır. Bu programlardan biri olan GENCALC (Genotype Coefficient Calculator), arazide ölçülen değerleri ve başlangıçta verilen uygun katsayıları kullanarak, deneme yanılma yoluyla genotipler için genetik katsayıları belirlemektedir (HUNT ve Ark., 1993; HUNT ve PARARAJASINGHAM, 1993).

Bir bölgede yetiştirilen hibrid mısırın o bölgeye kalibrasyonunda 5 genetik katsayı olduğu varsayılmıştır. Modelin kalibrasyonu, mısır farklı bölgelerde ve tarihlerde ekerek; yaprak ve dane sayısını; püskül çıkarma, fizyolojik olgunluk tarihi ile dane ağırlığı belirlenerek yapılmıştır. Bunun yanında ekim yapılan geniş bölgelerde, birçok hibridi temsil eden genetik katsayılar da geliştirilmiştir (HODGES ve Ark., 1987).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanında 1993 ve 1994 yıllarında yürütülmüştür. Anılan alanın denizden ortalama yüksekliği 20 m olup 36°59' N, 35°18' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

3.1.2. Toprak Özellikleri

Mutlu Serisine giren deneme alanı toprakları oldukça yaşlı alüviyal depozitler üzerinde oluşmuş vertisollerdir. Hemen hemen düz ve düze yakın topografyalarda yer alırlar. Solumlarının kalınlığı çok fazladır. Bütün profil yüksek oranda kil içerir. Kireç bakımından orta derecede zengindir ve koyu kırmızımsı kahve renklidirler. Yüksek oranda şişme özelliği taşıyan ince kil içerdiklerinden kurak yaz aylarında solumun derinliklerine dek inen 2-4 cm genişliklerinde çatlaklar oluşur (ÖZBEK ve Ark., 1974). Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 3.1a ve 3.1b'de verilmiştir.

Anılan çizelgelerde görüldüğü gibi katmanlara göre toprağın pH, 7.61-7.87; tuz içeriği, 0.12-0.19 dS/m; hacim ağırlığı, 1.14-1.30 gr/cm³; kuru ağırlık esasına göre solma noktasının su içeriği, %24.0-26.4 ve tarla kapasitesinin ise %37.3-40.1 arasında değişmektedir. Toprak profilinin 120 cm'lik derinliğindeki toplam kullanılabilir su 198 mm'dir. Deneme alanı toprağının tuzluluk bakımından herhangi bir sorunu bulunmamaktadır.

3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması

Sulama suyu, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Anılan kanaldan

Çizelge 3.1a. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Dane İriliik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (Pw)	Solma Noktası (Pw)	Doyma Noktası (Pw)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
	Kum	Silt	Kil					
0-20	28.2	20.3	51.5	C	40.1	26.4	63.4	1.14
20-40	28.6	20.2	51.2	C	38.5	25.5	64.5	1.20
40-60	27.3	19.1	53.6	C	37.3	24.6	65.1	1.26
60-80	28.4	18.1	53.5	C	38.4	25.3	68.5	1.25
80-100	27.7	19.2	53.1	C	38.5	25.2	67.9	1.28
100-120	26.5	19.3	54.2	C	39.1	25.1	66.3	1.30
120-140	25.3	20.4	54.3	C	39.2	24.0	68.5	1.28

Çizelge 3.1b. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Tuz İçeriği (dS/m)	pH	CaCO ₃ (%)	Toplam Azot (%)	Organik Madde (%)	Kasyonlar (me/lt)				Anyonlar (me/lt)		
						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
0-20	0.19	7.87	5.92	0.077	1.28	1.60	0.50	0.62	0.10	1.80	0.30	0.65
20-40	0.16	7.61	6.30	0.042	1.30	1.70	0.68	0.67	0.08	1.74	0.93	0.69
40-60	0.15	7.70	6.46	0.056	0.98	1.76	0.80	0.72	0.05	1.52	2.15	0.68
60-80	0.12	7.81	6.35	0.042	-	2.70	0.85	0.73	0.04	1.55	2.20	0.68
80-100	0.14	7.85	6.95	0.042	-	2.72	0.85	0.74	0.05	1.50	2.25	0.70
100-120	0.16	7.65	7.69	0.020	-	2.75	0.82	0.75	0.03	1.49	2.30	0.71
120-140	0.16	7.70	12.56	0.035	-	2.70	0.86	0.76	0.02	1.45	2.28	0.70

alınan su örnekleri U.S. SALINITY LABORATORY STAFF (1954)'te verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanarak laboratuvarında analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, denemede kullanılan sulama suyu sınıfının C₂S₁ olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Sulama Suyu Sınıfı	EC dS/m	PH	Kasyonlar (me/lt)				Anyonlar (me/lt)				%Na	SAR
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ⁻³	HCO ⁻³	Cl ⁻	SO ⁼⁴		
C ₂ S ₁	0.358	7.1	0.45	0.07	1.54	1.54	-	1.6	0.94	1.06	12.5	0.36

3.1.4. İklim Durumu

Araştırma alanı, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklim kuşağında bulunmaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü 1993-1994 yıllarına ilişkin iklim verileri deneme alanında bulunan otomatik kaydedici iklim istasyonundan, uzun yıllık aylık ortalama iklim verileri ise (1929-1992) Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı Adana Bölge Müdürlüğü kayıtlarından sağlanmıştır. Mısır bitkisinin 1993 ve 1994 büyüme mevsimlerine ilişkin ortalama aylık iklim verileriyle birlikte uzun yıllık değerler Çizelge 3.3'de verilmiştir. Çukurova'da I. ürün mısırın yetiştirme döneminde (Nisan-Eylül) uzun yıllara ilişkin ortalama aylık sıcaklıklar 17.1-28.1 °C arasında değişmektedir. Araştırma yıllarında ise anılan dönem için ortalama aylık sıcaklık değerlerinin uzun yıllık değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir. Sözü edilen dönemde uzun yıllık ortalama aylık yağış, 5.1 mm ile en düşük Ağustos'ta ve 51.4 mm ile en fazla Nisan ayında'dır. Uzun yıllık ortalama verilere göre, yetiştirme mevsimi boyunca düşen yağış, bir yıl içinde düşen toplam yağışın % 22.5'ini oluşturmaktadır.

Çizelge 3.3. Araştırma yıllarına ilişkin ve uzun yıllık ortalama iklim verileri

Yıllar	İklim Ögeleri	Aylar																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağus	Eylül	Ekim	Kas.	Ara.																																																																																																																																																																																																																																																																											
+	Uzun Yıllık Ort.	5	5.9	8	11.6	15.3	19.3	22.3	22.7	19.6	15.1	10.6	6.8	14.5	16	19.2	23.5	28.2	31.8	34.6	33.1	28.9	22.6	16.8	9.9	10.4	13.1	17.1	21.4	25.2	27.7	28.1	25.4	21	15.1	11.1	111.1	92.8	67.9	51.4	46.7	22.4	5.4	5.1	14.8	43.6	67.2	118.1	66	66	66	67	63	60	63	66	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.6	2.4	2	1.6	1.6	1.9	4.47	5.28	6.07	7.5	9.32	11.04	11.22	11.05	9.29	7.38	6.11	4.38	7.05	9.32	13.26	16.53	19.37	20.71	20.72	19.10	16.29	11.60	8.15	5.97	4.7	5.5	7.6	12.5	16.3	20	24.1	24.2	21.2	17.4	8.3	8.9	15.3	14.5	19.5	23.5	25.8	31.9	34.3	35.3	33.6	33.6	21.6	20.1	9.3	9.4	12.9	17.5	20.3	25.4	28.6	28.9	26.4	24	13.9	13.5	82.1	43.4	62.3	57	133	20	0	0	1.8	36.4	45.3	62.4	55.8	59.9	65.5	76.3	67.6	69.5	71.7	64.8	48.8	53.1	66.1	1.1	1.8	1.4	1.6	1.5	1.7	1.8	1.7	1.5	1.1	1.3	1.1	5.2	3.9	6.3	6.9	6.5	9.7	10.2	10.3	9.3	8.5	5.7	5	8.12	10.11	15.01	17.45	17.97	22.14	22.70	20.90	17.12	12.58	8.13	6.58	7.5	5.8	9.2	12.9	15.8	18.8	22.9	22.8	22.8	18.7	10.4	5.1	16.8	15.7	19.5	26.4	28.7	31.2	32.9	34.8	36.2	31.7	19.5	13.4	11.3	9.9	13.8	19.7	21.8	25.3	27.7	28.4	28.6	23.9	14.2	8.7	298.7	80.8	36.4	33	139	24	18	22	0	38.3	318.1	157.8	76.9	66.2	63.6	61.4	66.8	60	73.4	72.1	65	61.4	63.6	69.7	1.2	1.1	1	1	1.2	1.3	1	1.1	1.6	1.6	1.6	4.6	5.5	6.1	7.1	9	10.6	10	8.5	7.2	4.7	3.9	7.37	11.18	14.54	17.90	20.96	23.77	22.93	21.85	16.76	12.36	7.76	6.36
	1993 ++	En Düşük Sıcaklık, °C	4.7	5.5	7.6	12.5	16.3	20	24.1	24.2	21.2	17.4	8.3	8.9	En Yüksek Sıcaklık, °C	15.3	14.5	19.5	23.5	25.8	31.9	34.3	35.3	33.6	33.6	21.6	20.1	Ortalama Sıcaklık, °C	9.3	9.4	12.9	17.5	20.3	25.4	28.6	28.9	26.4	24	13.9	13.5	Yağış, mm	82.1	43.4	62.3	57	133	20	0	0	1.8	36.4	45.3	Oransal Nem (%)	62.4	55.8	59.9	65.5	76.3	67.6	69.5	71.7	64.8	48.8	53.1	66.1	Rüzgar Hızı (m/s)	1.1	1.8	1.4	1.6	1.5	1.7	1.8	1.7	1.5	1.1	1.3	1.1	Güneş. Str. (Sa.)	5.2	3.9	6.3	6.9	6.5	9.7	10.2	10.3	9.3	8.5	5.7	5	Gün. Şid. (MJ/m ² gün)	8.12	10.11	15.01	17.45	17.97	22.14	22.70	20.90	17.12	12.58	8.13	6.58	En Düşük Sıcaklık, °C	7.5	5.8	9.2	12.9	15.8	18.8	22.9	22.8	22.8	18.7	10.4	5.1	En Yüksek Sıcaklık, °C	16.8	15.7	19.5	26.4	28.7	31.2	32.9	34.8	36.2	31.7	19.5	13.4	Ortalama Sıcaklık, °C	11.3	9.9	13.8	19.7	21.8	25.3	27.7	28.4	28.6	23.9	14.2	8.7	Yağış, mm	298.7	80.8	36.4	33	139	24	18	22	0	38.3	318.1	157.8	Oransal Nem (%)	76.9	66.2	63.6	61.4	66.8	60	73.4	72.1	65	61.4	63.6	69.7	Rüzgar Hızı (m/s)	1.2	1.1	1	1	1.2	1.7	1.6	1.3	1	1.1	1.6	1.6	1.6	Güneş. Str. (Sa.)	4.6	5.5	6.1	7.1	9	10.6	10	8.5	7.2	4.7	3.9	Gün. Şid. (MJ/m ² gün)	7.37	11.18	14.54	17.90	20.96	23.77	22.93	21.85	16.76	12.36	7.76	6.36																																																																								
	1994 ++	En Düşük Sıcaklık, °C	7.5	5.8	9.2	12.9	15.8	18.8	22.9	22.8	22.8	18.7	10.4	5.1	En Yüksek Sıcaklık, °C	16.8	15.7	19.5	26.4	28.7	31.2	32.9	34.8	36.2	31.7	19.5	13.4	Ortalama Sıcaklık, °C	11.3	9.9	13.8	19.7	21.8	25.3	27.7	28.4	28.6	23.9	14.2	8.7	Yağış, mm	298.7	80.8	36.4	33	139	24	18	22	0	38.3	318.1	157.8	Oransal Nem (%)	76.9	66.2	63.6	61.4	66.8	60	73.4	72.1	65	61.4	63.6	69.7	Rüzgar Hızı (m/s)	1.2	1.1	1	1	1.2	1.7	1.6	1.3	1	1.1	1.6	1.6	1.6	Güneş. Str. (Sa.)	4.6	5.5	6.1	7.1	9	10.6	10	8.5	7.2	4.7	3.9	Gün. Şid. (MJ/m ² gün)	7.37	11.18	14.54	17.90	20.96	23.77	22.93	21.85	16.76	12.36	7.76	6.36																																																																																																																																																																															

+ Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

++ Deneme Alanındaki Otomatik Kaydedici İklim İstasyonundan alınmıştır.

Deneme alanında bulunan otomatik kaydedici iklim istasyonu, Delta T* logger modelidir. Anılan istasyon hava sıcaklığı, oransal nem, toprak sıcaklığı, solar radyasyon, rüzgar yönü ve rüzgar hızını ölçen algılayıcılarla donatılmıştır. Söz konusu algılayıcılar, toprak sıcaklığını ölçenin dışında 2 metre yüksekliğe yerleştirilmiş olup o yükseklikte ölçülen değerler belirli aralıklarla kaydediciye (data logger) depolanmaktadır. Kaydedilen bu değerler bir modül aracılığı ile doğrudan alınabildiği gibi bir bilgisayara da aktarılabilmektedir (ANONYMOUS., 1986b).

3.1.5. Ekilen Mısır Çeşidi

Araştırmada, TTM-815 (Türk Tek Melez - 815) mısır tohumu ekilmiştir. Anılan çeşidin daneleri sarı at dişi (*Zea Mays Indentate Sturt*)'dir. Olgunlaşma süresi ortalama 120-130 gün olup, orta geççi bir çeşittir (TİGEM, 1994).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analiz Yöntemleri

Deneme alanı topraklarının temel bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri, 0-140 cm profil derinliğinden 20 cm'lik katmanlardan sistematik örnekleme esasına göre Hollanda tipi burgu kullanılarak alınmıştır (PETERSEN ve CALVIN, 1965).

* Denemede kullanılan alet, ekipman, ilaçların vs ticari isimlerinin verilmesi, bu ürünlerin kullanılmasının özendirilmesi amacını taşımamaktadır.

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanması şu yöntemlere göre yapılmıştır. Toprak bünyesi; BOUYOUCOS (1951) tarafından esasları verilen Hidrometre Yöntemi ile saptanmıştır. Hacim ağırlığı, bozulmamış toprak örneklerinde belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve solma noktası, basınçlı plaka aygıtı kullanılarak, bozulmuş toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttukları nem miktarlarının saptanmasıyla bulunmuştur. pH, cam elektrotlu Beckman pH metresiyle satürasyon çamurunda belirlenmiştir. Tuz içeriği, satürasyon çamurunda Standart Wheatstone Köprüsü Yöntemi ile saptanmıştır (U.S. SALINITY LABORATORY STAFF, 1954). Kalsiyum karbonat; ÇAĞLAR (1969) tarafından verilen esaslara göre, Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir. Organik madde; HIZALAN ve ÜNAL (1966)'ın belirttiği Walkley-Black Yöntemi'ne göre bulunmuştur. Toplam azot BREMNER (1965) tarafından verilen yöntem kullanılarak saptanmıştır.

3.2.2. Toprak Hazırlığı ve Ekim

BİÇER (1987)'in önerileri de dikkate alınarak deneme yeri, sonbaharda pulluk ile derin sürülmüş ve ekimden 2-3 ay önce ikileme yapılmıştır. Ekimden 3-5 gün önce lister, diskaro ve tapan çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Hazırlanan deneme parseline 4 sıralı pnömatik mibzerle 5 cm derinliğe, sıra arası 70 cm ve sıra üstü yaklaşık 20 cm olacak şekilde 1993 yılında 26 Nisanda; (yılın 116. gününde (DOY)) dekara 7142 adet ve 1994 yılında 13 Nisanda (DOY 103), dekara 7142 adet TTM-815 mısır tohumu düşecek şekilde ekim yapılmıştır.

3.2.3. Gübreleme

KÖY HİZMETLERİ (1985), AYDIN (1991) ve TANRIVERDİ'nin (1993) önerilerinden yararlanarak, denemenin birinci ve ikinci yılında ekimle birlikte parsellere 20-20-0 gübresinden (8 kg N ve 8 kg P₂O₅ saf madde) dekara 40 kg uygulanmıştır. Uygulanması gereken geri kalan azot, üre [CO(NH₂)₂] formunda sulama suyu ile orantılı

olarak konularına verilmiştir. Ürenin ilk yarısı ekimden 50 gün (DOY 166) sonra 1. sulamada, diğer yarısı da ekimden 60 gün (DOY 176) 2. sulamada bitki sıra aralarına elle uygulanmıştır. Tanık konuya, dekara toplam 19.5 kg saf azot (N) ve 8 kg saf fosfor (P₂O₅) verilmiştir. Diğer sulama konularına ise dekara 8 kg fosfor (P₂O₅) ve uygulanan sulama suyuna bağlı olarak 8-17.2 kg arasında değişen saf azot miktarları uygulanmıştır (Çizelge 3.4).

Tanık konuya (I₁₀₀) bitkinin gereksinim duyduğu azotun tamamı verilmiştir. Diğer sulama konularına (I₈₀, I₆₀, I₄₀, I₂₀ ve I₀) ise sulama suyu ile orantılı olarak azot uygulanmıştır.

Çizelge 3.4. Sulama konularına uygulanan gübre miktarları (kg/da)

Sulama Konuları	I ₁₀₀	I ₈₀	I ₆₀	I ₄₀	I ₂₀	I ₀
Ekim Öncesi Uy. Güb.(20-20-0)	40	40	40	40	40	40
1. Sulama (Üre)	12.5	10.0	7.5	5.0	2.5	0.0
2. Sulama (Üre)	12.5	10.0	7.5	5.0	2.5	0.0

Not: 1993 ve 1994 yıllarında eşit miktarlarda gübre uygulanmıştır.

3.2.4. Bakım

Deneme süresince, parsellerde gelişen yabancı otlarla mücadele etmek için önce makine çapası daha sonra ise el çapası yapılmıştır.

3.2.5. Tarımsal Savaş

Denemenin birinci yılında ekimden 24 gün (DOY 140) sonra görülen yaprak biti zararlısına (*Aphis gossypii glov*) karşı dekara 100 g Marshall, ekimden 66 gün (DOY 182) ve 86 gün (DOY 202) sonra görülen mısır koçan kurduna (*Sesemia spp*) ve mısır kurduna (*Ostrinia nubilalis Hbn*) karşı dekara 90 g Larvin uygulanmıştır.

Denemenin ikinci yılında ekimden 52 gün sonra (DOY 155) bozkurda karşı 100 kg kepeğe 3 kg Dursban-25 WP karıştırılarak dekara 5-6 kg ilaçlı kepek, bitki sıralarına bırakılmıştır. Aynı yıl, ekimden 73 gün (DOY 176) sonra koçan kurduna ve mısır kurduna karşı dekara 180 ml Dursban-4 EC uygulanmıştır.

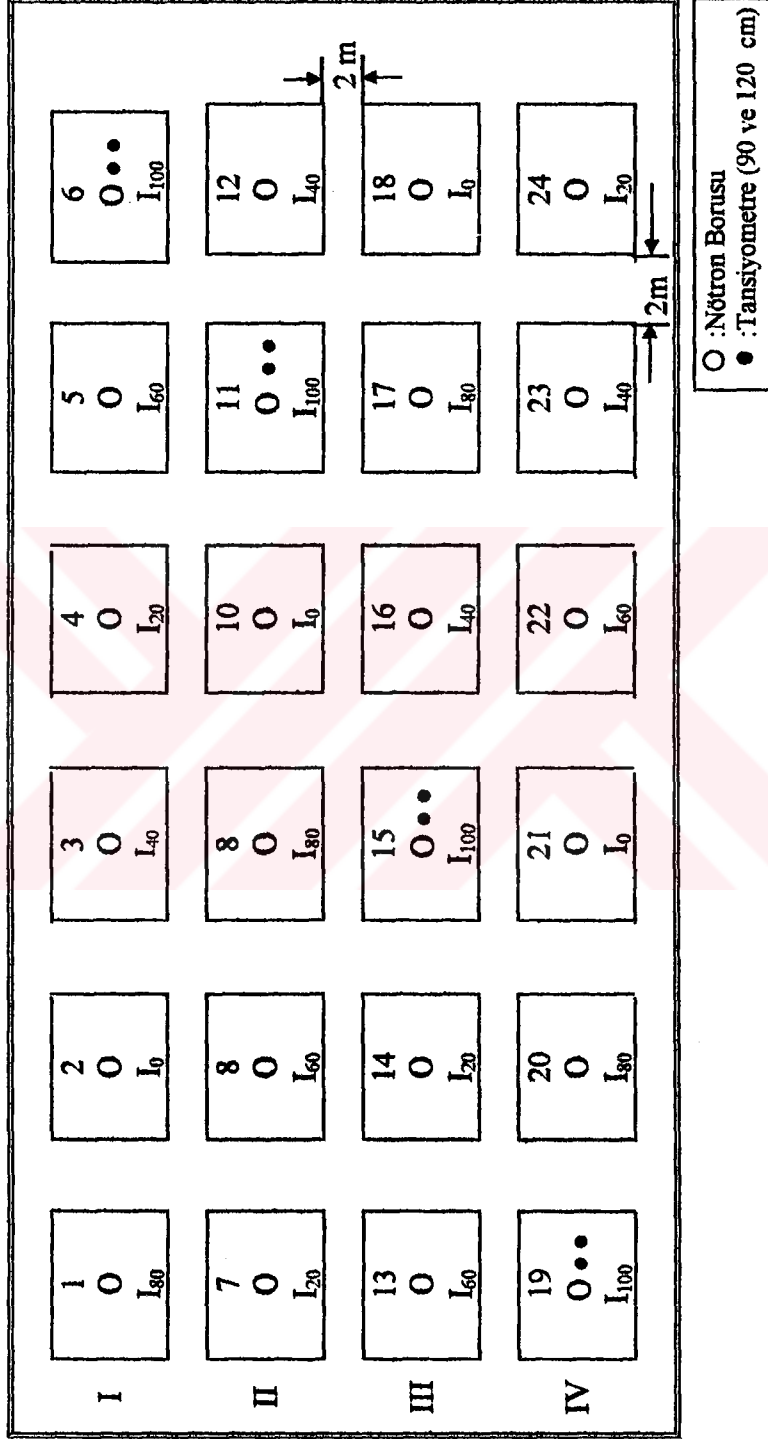
3.2.6. Araştırma Konuları ve Deneme Deseni

Denemede sulama konuları, toprak profilinin 120 cm derinliğinden 10 günde tanık konuda tüketilen su miktarının belirli yüzdelerinin uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Profilde eksik suyun tamamının uygulandığı konu "tanık" konu olarak belirlenmiş ve I₁₀₀ simgesi ile gösterilmiştir. Diğer konulara ise tanık konuya uygulanan suyun belirli oranları uygulanmıştır. Anılan oranlar % 80, % 60, % 40, % 20 ve % 0 olup, sırasıyla I₈₀, I₆₀, I₄₀, I₂₀ ve I₀ simgeleriyle gösterilmiştir. İlk sulama, kullanılabilir su düzeyi yaklaşık %50'ye düştüğünde yapılmıştır (ABDUL-JABBAR ve Ark.,1983; BRAUNWORTH ve MACK, 1989b). İlk sulama, denemenin birinci yılında ekimden 50 gün sonra (DOY 166) ve ikinci yılında ise ekimden 63 gün sonra (DOY 166) uygulanmıştır.

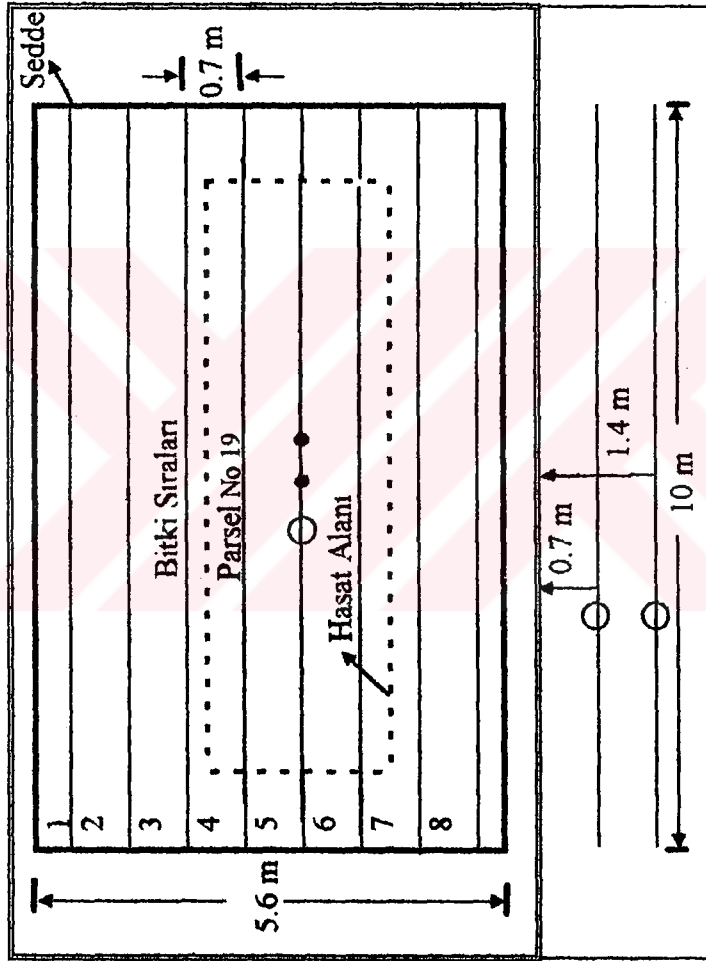
Deneme parsellerinin uzunluğu 10 m, genişliği 5.6 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Parseller oluşturulmadan önce lister çekilerek bitki sıraları arasında karıklar açılmıştır. Sonra parseller seddelerle çevrilmiştir. Her parselde 8 mısır bitki sırası bulunmaktadır. Araştırma tesadüf bloklar deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak düzenlenmiştir (YURTSEVER, 1984; BEK ve EFE, 1988). Deneme planı ile bir parselin ayrıntılı görünümü sırasıyla Şekil 3.1a ve 3.1b'de verilmiştir.

3.2.7. Sulama Yöntemi

Deneme parsellerine su, delikli boru ile tıkalı karık yöntemine göre uygulanmıştır. Parsellere uygulanan sulama suyu miktarları sayaçlardan geçirilerek belirlenmiştir. Deneme parselleri seddelerle çevrilerek su giriş-çıkışı engellenmiştir.



Şekil 3.1a. Deneme planının şematik görünümü



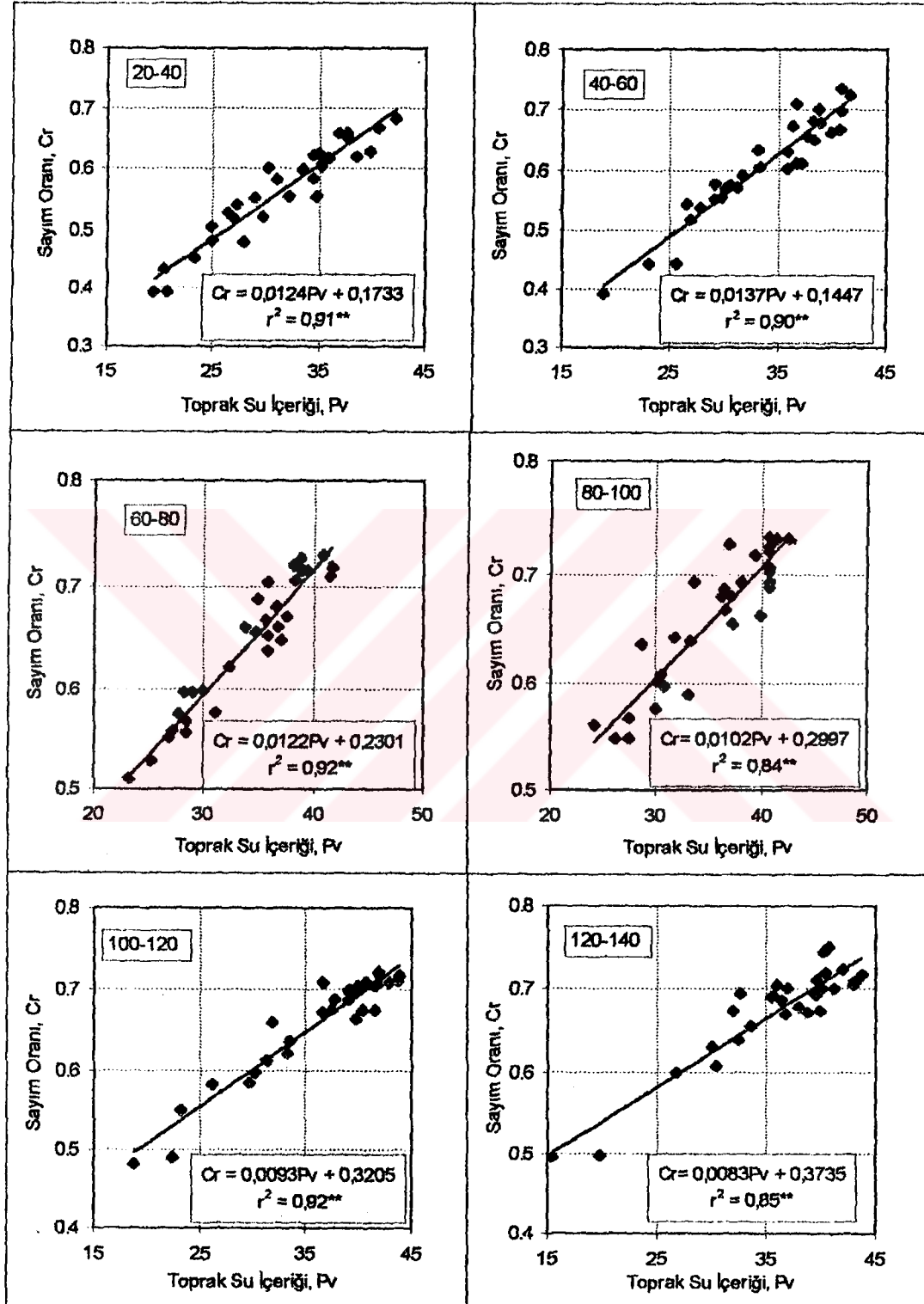
Şekil 3.1b. Bir parselin ayrıntılı görünümü

3.2.8. Toprak Suyu Gözlemleri

Sulamadan bir gün önce, parsellerin ilk 0-20 cm'lik toprak katmanında su içeriği gravimetrik yöntemle, 20-140 cm arasında ise 20'şer cm'lik katmanlar halinde nötronmetre yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla, nötronmetre sayımları yapabilmek için parsellerin ortasına 150 cm derinliğe kadar 38.1 mm iç çapında ve 3.2 mm et kalınlığındaki alüminyum tüpler yerleştirilmiştir. Nötron sayımları 15 saniye süre ile yapılmış ve anılan sayımlarda Campbell Pacific Nuclear Corp tarafından yapılmış BF³ dedektör tüpü içeren Hyroprobe tipi nötronmetre kullanılmıştır. Standart okumalar su doldurulmuş bir varilde yapılmıştır. Yukarıda belirtilen katmanlar için saptanan nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri yine aynı katmanlar için kullanılarak toprak su içeriği bulunmuştur. Nötronmetre yöntemiyle belirlenen su içeriğini kontrol etmek için tanık konuda 0-140 cm'lik toprak profilinden 20'er cm'lik katmanlar halinde gravimetrik yöntemle de toprak su içeriği belirlenmiştir. Tanık konularda belirlenen su içeriklerinden sulama konularına uygulanacak ortalama sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

3.2.9. Nötronmetre Kalibrasyonu

TÜZÜNER (1981); CARNEIRO ve DE JONG (1985); ÇEVİK ve Ark. (1989); BELL ve McCULLOCH (1993)'in belirttikleri yöntem kullanılarak 0-140 cm'lik toprak profilindeki 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120 ve 120-140 katmanlarının nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri saptanarak Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi belirleme katsayıları 0.84-0.92 arasında değişmiştir. En yüksek belirleme katsayısı 60-80 katmanında ($r^{2**}=0.92$) ve en düşük ise 80-100 katmanında ($r^{2**}=0.84$) bulunmuştur. Kalibrasyon eşitliklerinin eğimlerinin 0.0083-0.0137, arakesitlerinin ise 0.01447-0.3735 arasında değiştiği saptanmıştır.



Şekil 3.2. Toprak profilinin farklı katmanları için saptanan nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri

3.2.10. Gözlemler ve Ölçümler

Ölçüm ve gözlemlere 1993 ve 1994 yıllarında ekimden itibaren, sırasıyla 25 (DOY 141) ve 34 gün (DOY 137) sonra başlanmış (sulamalar başlayana dek 7 günde bir, daha sonra ise her 10 günde bir), yine sırasıyla ekimden 95 (DOY 211) ve 109 (DOY 212) gün sonra bitirilmiştir. Deneme süresince her 10 günde bir, sulamadan önce aşağıda belirtilen gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

3.2.10.1. Bitki Boyu ve Örtü Yüzdesi

Her parselde 5 bitki işaretlenerek bunların boyları ve taç genişlikleri (taç genişliği %100 örtüye kadar) ölçülmüş ve elde edilen değerlerden ortalama bitki boyu ve örtü yüzdeleri hesaplanmıştır.

3.2.10.2. Yaprak Sayısı ve Gelişme Dönemleri

Deneme parsellerinde işaretli olan 5 bitkinin yaprakları düzenli aralıklarda sayılmıştır. Vejetatif, püskül ve koçan çıkarma ile süt olum dönemlerinin oluşum tarihleri kaydedilmiştir.

3.2.10.3. Koçan Boyu ve Koçan Çapı

Hasatta, sulama konularından örneklenen 8'er bitkinin koçan boyları ve koçan çapları (koçan boyunun ortasından) ölçülerek ortalama koçan boyu ve çapı bulunmuştur.

3.2.10.4. Yaprak Alanı ve Kuru Madde (Biyomas)

3.2.10.4.1. Yaprak Alanı

Deneme konularına göre yaprak alanlarını ve toprak üstü kuru madde yığışımını belirlemek amacıyla araştırmadaki tüm parsellerin 2. sırasından 8'er bitki toprak yüzeyinden kesilerek örneklenmiştir. Bitkiler arasındaki uzaklık Şekil 3.3'de görüldüğü gibi ölçülmüştür. Kesilen bitkilerden ikisi, alt örnek olarak rastgele seçilmiştir. Bu iki bitkiyle geriye kalan 6 bitkinin yaprakları ve koçanları gövdelerinden ayrılmıştır. İki bitkinin yaprak alanları optik yaprak alan ölçerle belirlenmiştir (ANONYMOUS, 1992). Anılan örnek iki bitki ile diğer altı bitkinin yaprakları, gövdeleri ve koçanları (koçan çıkardıktan sonra) etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye dek kurutulmuştur. Bu değerlerden yararlanarak HOWELL ve Ark. (1992)'na göre yaprak alan indeksi (LAI) hesaplanmıştır.

$$LAI = SPA_s \frac{LM + LM_s}{0.7RL} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$SPA_s = \frac{LA_s}{LM_s} \dots\dots\dots(3.2)$$

Burada:

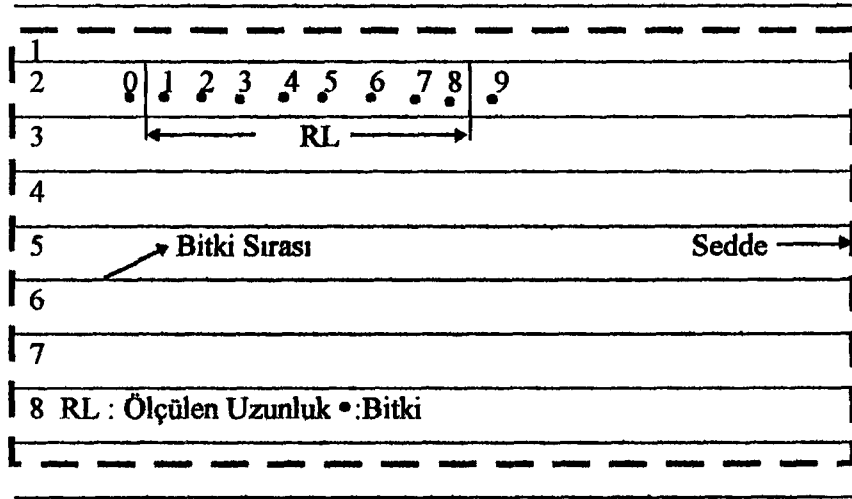
SPAs: Alt örnekte LAs / LMs oranı spesifik yaprak alanıdır, (m²/kg);

LA_s: Ayrılan iki bitkinin yaprak alanı, (m²);

LM_s: Ayrılan iki bitkinin yapraklarının ağırlığı, (kg);

LM: Altı bitkinin yaprak ağırlığı, (kg);

RL: Bitki örneğinin alındığı karık bölümü uzunluğudur, (m).



Şekil 3.3. Parselden bitki örneklerinin alınması ve örneklenen bitkiler arasındaki uzaklığın ölçülmesi.

3.2.10.4.2. Toprak Üstü Kuru Madde (Biyomas)

Alınan bitki örneklerinden ve yukarıda belirtilen ölçümlerden yararlanarak birim alandaki kuru madde miktarı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir (HOWELL ve Ark., 1992).

$$ALM = \frac{LM + LM_s}{0.70RL} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$AEM = \frac{EM}{0.70RL} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$ASM = \frac{SM}{0.70RL} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$ABM = \frac{LM + LM_s + EM + SM}{0.70RL} \dots\dots\dots (3.6)$$

Burada:

ALM: Yaprak kuru madde ağırlığı, (kg/m²);

AEM: Koçan kuru madde ağırlığı, (kg/m²);

EM: Koçanın kuru ağırlığı, (kg);

SM: Sapın kuru ağırlığı, (kg)

ASM: Gövde kuru madde ağırlığıdır, (kg/m²).

ABM: Toprak üstü kuru madde miktarıdır (Biyomas, kg/m²). Diğer terimler daha önceki bölümlerde tanımlanmıştır.

3.2.11. Bitki Su Stresi

Bitkinin içsel su durumunu yansıtan bitki su stresi indeksinin (CWSI) belirlenmesinde IDSO ve Ark. (1981a)'nın geliştirdikleri deneysel yöntem ile JACKSON (1982)'nin teorik yöntemi kullanılmıştır. Anılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

3.2.11.1. Taç Sıcaklığı Ölçümleri

Çevreden, bitkinin fenolojik durumundan ve topraktaki nem eksikliğinden etkilenen bitki taçı sıcaklığı tüm parsellerde (I_0 , I_{20} , I_{40} , I_{60} , I_{80} ve I_{100}) portatif infrared termometre (IRT) ile ölçülmüştür. Denemede taç sıcaklığı ölçümlerinde, 8-14 μ dalga boyundaki ışınları geçiren filtrelerle sahip ve emissivite katsayısı 0.98 olan IRT (Everest Interscience Model 210) kullanılmıştır. Aletin görüş açısı (FOV) 3°'dir. Toprak yüzeyini IRT'nin görüş alanı dışında tutmak için IRT yatayla 30-40°'lik bir açıyla bitki yüzeyine yöneltilerek taç sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Taç sıcaklığı gözlemlerine 1993 yılında ekimden 53 gün (DOY 169), 1994 yılında ise 50 gün sonra (DOY 153), her iki yılda da örtü %80-85'e ulaştığında başlanmış, sırasıyla ekimden 94 (DOY 210) ve 113 (DOY 216) gün sonra bitirilmiştir. Taç sıcaklığı (T_c) ölçümleri, havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda saat 12:00-14:00 arasında ve su stresininin günlük değişimini belirlemek için de sabah saat 7:00'den akşam saat 19:00'a dek birer saat aralıklarla yapılmıştır. Taç sıcaklığı gözlemleri sulamalardan önce ve sonra, ölçümleri kısıtlamayan her gün yapılmıştır. Ölçümler parsellerin köşegenleri doğrultusunda, 4 köşeden ve her birinde 3 yinelemeli ve toplam 12 değerın ortalaması

alınarak o parsel için ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur. Mısır bitki boyu arttıkça, IRT okumaları, 2 m yüksekliğindeki taşınabilir bir merdivenin üzerine çıkılarak yapılmıştır. Bitki taç sıcaklığı ölçümlerinin başında ve sonunda sapan psikrometre (ıslak ve kuru termometre içeren, el ile döndürülen tipte olan EI506-125 modeli) ile ıslak ve kuru termometre değerleri okunmuştur.

3.2.11.2. Stoma Direnci Ölçümleri

Mısır yapraklarında stoma direncini belirlemek için 1993 yılında 29 Haziranda (DOY 180) porometre ölçümlerine başlanmış ve 10 Temmuzda sona erdirilmiştir. Denemenin ilk yılında, sulamadan önce ve sonra günlük stoma direnci değişimini belirlemek için sabah saat 8:30'dan akşam saat 18:30'a dek 2.7.1993 (DOY 183) ve 8.7.1993 tarihlerinde (DOY 189) okumalar yapılmıştır. İkinci yıl ise ölçümlere 2 Haziranda başlanmış (DOY 153) ve 6 Temmuzda (DOY 187) bitirilmiştir. Gözlemler, parsellerin ortasından seçilen iki bitki üzerinde ve bu bitkilerin güneşi gören tam gelişmiş, üst 2 yaprağın altından ve üstünden, havanın ölçümleri engellemeyecek derecede bulutsuz olduğu koşullarda saat 12:00-14:00 arasında yapılmıştır.

Stoma direnç ölçümlerinde, AP-3 Delta-T yapımı otomatik porometre kullanılmıştır. Porometre okumalarına başlamadan önce delikli bir plaka ve bu plakanın arkasına, özellikleri belirli olan ıslak bir kağıt yapıştırılarak aygıtın kalibrasyonu yapılmıştır.

Gözenekli plakanın kalibrasyon dirençleri 0.4, 1.3, 2.9, 6.5, 10.9, 22.5 s/cm'dir. Anılan aygıtlarla ölçülebilen direnç 0-30 s/cm arasında değişmektedir. Sıcaklık düzeltim katsayısı %4 olarak alınmıştır. Aygıt, okumaların ± 15 değişiminde ± 0.3 s/cm bir hata vermektedir (ANONYMOUS, 1986c).

Direnç, sıcaklık ve ölçüm değerleri (sayımlarda), sıcaklık farkına ve oransal neme bağlı olarak değişen katsayılarla düzeltilmiştir. Daha sonra düzeltilmiş dirençlerle ölçüm değerleri arasında doğrusal bir ilişki saptanmıştır. Anılan ilişkide, düzeltilmiş porometre

değerleri yerine konularak yaprağın alt ve üst yüzeylerinin dirençleri belirlenmiştir. Bu işlemlerin yapıldığı bilgisayar programı Ek 23'de sunulmuştur.

Kalibrasyon değerlerinden yararlanarak hesaplanan mısır yaprağının alt ve üst yüzey dirençleri, BLAD (1982); CHANGE ve Ark. (1984) tarafından verilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla yaprağın ortalama stoma direncine dönüştürülmüştür.

$$r_s = \frac{r_u + r_a}{\frac{1}{r_u} + \frac{1}{r_a}} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$i = \frac{1}{r_s} \dots \dots \dots (3.8)$$

Bu eşitliklerde:

- r_s : Yaprağın ortalama stoma direnci, (s/cm);
- r_u : Yaprağın üst yüzeyinin stoma direnci, (s/cm);
- r_a : Yaprağın alt yüzeyinin stoma direnci, (s/cm);
- i : Stoma iletkenliği, (cm/s)'dir.

3.2.11.3. Bitki Su Stresi İndeksinin (CWSI) Saptanması

3.2.11.3.1. CWSI'nin Ampirik Yöntemle Belirlenmesi

Bitki su stresi indeksi (CWSI) ölçülen taç sıcaklığı, ıslak ve kuru termometre değerlerinden hesaplanan havanın buhar basıncı açısından yararlanarak IDSO ve Ark. (1981a)'nın önerdiği ampirik yöntemle belirlenmiştir. IDSO ve Ark. (1981a) göre CWSI şu eşitlikle tanımlanmıştır;

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_o) - LL]}{UL - LL} \dots \dots \dots (3.9)$$

Eşitlikte:

T_c : Taç sıcaklığı, ($^{\circ}C$);

T_a : Hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$);

LL : Bitkide su stresinin olmadığı alt sınır (bitkilerin potansiyel hızda transpirasyon yaptığı sınır değeri);

UL : Bitkilerin tamamen stres altında olduğu üst sınır (bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan sınır değeri).

Bitkilerin potansiyel evapotranspirasyon yaptığı varsayılan diğer bir deyişle hiç su stresinin olmadığı alt sınır (LL), IDSO (1982), O'TOOLE ve REAL (1986) tarafından aşağıda verilen ampirik eşitlikten belirlenmiştir.

$$T_c - T_a = a - b \text{ VPD} \dots \dots \dots (3.10)$$

Bu eşitlik, sulamalardan sonra su stresi olmayan I_{100} konusundan ölçülen taç sıcaklığı (T_c , $^{\circ}C$) hava sıcaklığı (T_a , $^{\circ}C$) farkı ile buhar basıncı açığı (VPD, kPa) arasında regresyon analizi sonucu elde edilmiştir. Bu regresyon eşitliğinde, a ; doğrunun arakesit değerini ($^{\circ}C$) ve b 'de doğrunun eğimini ($C \text{ kPa}^{-1}$) göstermektedir.

Buhar basıncı açığını hesaplamada HOWELL ve Ark. (1992)'nin önerdiği LIST (1971)'in verdiği temel psikrometre eşitliklerinden yararlanılmıştır.

$$e_w = 0.61078 \exp \left[\frac{17.27 T_w}{237.3 + T_w} \right] \dots \dots \dots (3.11)$$

$$e_a = e_w - (AP) (T_a - T_w) \dots \dots \dots (3.12)$$

Burada:

e_w : Islak termometre sıcaklığında doygun buhar basıncı, (kPa);

e_a : Hava sıcaklığında gerçek buhar basıncı, (kPa);

T_a : Kuru termometre sıcaklığı, ($^{\circ}C$);

T_w : Islak termometre sıcaklığı, ($^{\circ}C$);

A: Psikrometrik sabite, ($^{\circ}\text{C}^{-1}$);

P: Barometrik basınçtır, (kPa).

Psikrometrik sabite (A), aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır.

$$A = [0.000660 (1 + 0.00115 T_w)] \dots\dots\dots (3.13)$$

Doğgun buhar basıncı aşağıda verilen eşitlikten belirlenmiştir.

$$e_a^*(T_a) = 0.61078 \exp \left[\frac{17.27 T_a}{237.3 + T_a} \right] \dots\dots\dots (3.14)$$

Buhar basıncı açığı (VPD), kuru termometre sıcaklığındaki doğgun buhar basıncı ile aynı sıcaklıktaki gerçek buhar basıncı farkı alınarak bulunmuştur (IDSO ve Ark., 1981b). Bu eşitlik:

$$\text{VPD} = [(e_a^*(T_a) - e_a)] \dots\dots\dots (3.15)$$

Anılan eşitlikte:

VPD: Buhar basıncı açığı, (kPa);

$e_a^*(T_a)$: Kuru termometre sıcaklığında hesaplanan doğgun buhar basıncı, (kPa);

e_a : Havanın gerçek buhar basıncı, (kPa),

T_a : Kuru termometre (hava) sıcaklığıdır, ($^{\circ}\text{C}$).

Bitkilerin tamamen su stresi altında olduğu, transpirasyon yapamadığı varsayılan üst sınırdaki ($T_c - T_a$) değeri, IDSO ve Ark.(1981a)'nın önerdikleri yöntemle bulunmuştur. Anılan araştırmacılar UL'ın VPD'na bağlı olmadığını belirtmişlerdir.

$$T_c - T_a = a - b \text{ VPG} \dots\dots\dots (3.16)$$

$$VPG = [e^*(T_a) - e^*(T_a + a)] \dots\dots\dots (3.17)$$

Burada:

a ve b : Su stresinin olmadığı alt sınır (LL) eşitliğindeki regresyon katsayıları,

VPG : Sıfır taç-hava buhar basıncı eğimi için gerekli negatif atmosferik buhar basıncı eğimi,

e* : İlgili sıcaklıkta doygun buhar basıncını göstermektedir.

Bu yöntemde üst sınır (UL) yalnızca Ta'ya bağlıdır. Üst sınır teorik olarak, gizli ısı akısı ile toprağa olan ısı akısı sıfır varsayılarak tahmin edilebilmektedir (HOWELL ve Ark., 1986a).

3.2.11.3.2. CWSI'nin Teorik Yöntemle Belirlenmesi

Bitki su stresi indeksini (CWSI) belirlemede kullanılan ikinci yöntem Jackson yöntemidir. JACKSON ve Ark. (1981), MONTEITH (1973)'in taç yüzeyi enerji denge eşitliğini kullanarak CWSI'ni teorik olarak belirlemişlerdir. Anılan yöntemde tüm akıların yönü bitki taç yüzeyine doğru pozitif olarak kabul edilmiş ve toprağa olan ısı akısı sıfır olarak alınmıştır.

$$R_n = G + H + LE \dots\dots\dots (3.18)$$

Burada, R_n , net radyasyon (W/m^2); G , toprağa olan ısı akısı (W/m^2); H , hissedilir ısı akısı (W/m^2); L , buharlaşma ısısı (J/kg) ve E , buharlaştırma akısını (W/m^2) göstermektedir. Hissedilir ısı akısı aşağıdaki biçimde tanımlanabilir:

$$H = - \frac{\rho C_p (T_c - T_a)}{r_a} \dots\dots\dots (3.19)$$

Eşitlikte, ρ , havanın yoğunluğu (kg/m^3); C_p , sabit basınçtaki havanın özgül ısısı ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$); T_c , taç sıcaklığı ($^\circ\text{C}$); T_a , hava sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) ve r_a , taç aerodinamik direnci (s/cm)'dir. Buharlaştırma ısı akısı (LE)'de aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$LE = \frac{\rho C_p (e_c^* - e_a)}{\gamma (r_a + r_c)} \dots \dots \dots (3.20)$$

Burada, e_c^* ; taç (T_c) sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa; e_a , hava (T_a) sıcaklığındaki buhar basıncı, kPa; γ , psikrometrik sabite, $\text{kPa}/^\circ\text{C}$ ve r_c , taç direnci, s/cm 'dir. Toprağa olan ısı akısı, G ihmal edildiğinde ve doymuş buhar basıncı sıcaklık ilişkisi eğimi, $\Delta = (e_c^* - e_a^*) / (T_c - T_a)$, ($\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$), eşitlik 3.19 ve 3.20, eşitlik 3.18'de yerine konulduğunda bitki taç-hava sıcaklığı farkı bulunmaktadır. Amlan eşitlik:

$$T_c - T_a = \frac{r_a \cdot R_n \left[\gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]}{\rho C_p \left[\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]} - \frac{(e_a^* - e_a)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \dots \dots \dots (3.21)$$

Bu eşitlikte taç-hava sıcaklığı farkı, doymuş buhar basıncı açığına, net radyasyona, aerodinamik ve taç dirençlerine ilişkilendirilmiştir.

Bitkilerin transpirasyon yapmadığı varsayılan koşullardaki taç direnci sonsuz alındığında, ($r_c = \infty$) eşitlik 3.21 aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T_c - T_a = \frac{r \cdot R_n}{\rho C_p} \dots \dots \dots (3.22)$$

Bitkilerin potansiyel transpirasyon yaptığı koşullardaki taç direnci, ($r_c = 0$) alındığında bu kez eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$T_c - T_a = \frac{r_a \cdot R_n}{\rho C_p} \frac{\gamma}{(\Delta + \gamma)} - \frac{(e_a^* - e_a)}{(\Delta + \gamma)} \dots\dots\dots(3.23)$$

Eşitlik 3.21 ve 3.23, $VPD = e_a^* - e_a$ ile $(T_c - T_a)$ farkı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu göstermektedir. Yukarıdaki 3.23 nolu eşitliği ile tanımlanan doğru, y eksenini kesinceye dek uzatıldığında, $(e_a^* - e_a) / (\Delta + \gamma) = 0$ olacaktır. Eğer bu eşitlik, doymuş buhar basıncına (e_a^*) eşit olursa hava tamamen kuru ve sıfır değerini alırsa hava doymuş olacaktır. Üst sınır, buhar basıncının değil r_a ve R_n 'nin bir fonksiyonudur.

Eşitlik 3.23, bitki yüzeyinden değil serbest su yüzeyinden oluşan potansiyel buharlaşmayı göstermektedir. Bu bağlamda toprakta yeterince su bulursa bile bitki taç direncinin $r_c = 0$ olmayacağı belirtilmiştir. Ancak, potansiyel evapotranspirasyon koşullarında taç direncinin, r_{cp} olacağı saptanmıştır. r_{cp} değerinin değişik bitkiler için farklı olacağı ve çevre koşullarına göre değişeceği belirlenmiştir. Potansiyel koşullarda elde edilen r_{cp} , r_c 'ye denklediğinde ($r_c = r_{cp}$) eşitlik 3.23 aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T_c - T_a = \frac{r_a \cdot R_n}{\rho C_p} \frac{\gamma^*}{(\Delta + \gamma^*)} - \frac{(e_a^* - e_a)}{(\Delta + \gamma^*)} \dots\dots\dots(3.24)$$

Eşitlikteki γ^* , düzeltilmiş psikometre sabitesi olup aşağıda eşitlikte tanımlanmaktadır.

$$\gamma^* = \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a}\right) \dots\dots\dots(3.25)$$

Toprakta yeterli su bulunduğunda, bitkinin potansiyel evapotranspirasyon (ETp) yapacağı ve topraktaki su azaldıkça, gerçek evapotranspirasyonun (ETa), ETp'nin altına düşeceği belirtilmiştir. ETa'nın ETp'ye oranının, bitkinin içsel su içeriği indeksinin bir göstergesi olduğu saptanmıştır. Eşitlik 3.19 ve 3.20, eşitlik 3.18'de yerine konularak buharlaştırma ısı akısı, LE için çözümlenirse aşağıdaki 3.26 nolu eşitliğin elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

$$LE = \frac{\Delta R n + \rho C_p (e a^* - e a) / r_a}{\Delta + \gamma (1 + \frac{r_c}{r_a})} \dots\dots\dots(3.26)$$

Bu ilişki, aerodinamik ve taç direncini içeren ve ET'yi veren Penman-Monteith eşitliğidir (MONTEITH, 1973). Anılan eşitlikte, bir kez potansiyel koşullarda (LE_p için $r_c = r_{cp}$) elde edilen taç direnci, bir kez de gerçek koşullarda bulunan taç direnci kullanılarak (LE için r_c) sırasıyla gerçek ve potansiyel buharlaşma saptanır. Anılan eşitlikler birbirine oranlanarak E/E_p belirlenir:

$$\frac{E}{E_p} = \frac{(\Delta + \gamma^*)}{\Delta + \gamma (1 + \frac{r_c}{r_a})} \dots\dots\dots(3.27)$$

E/E_p oranının (potansiyel evapotranspirasyon koşullarında, $r_c = r_{cp}$) 1 ile (toprakta su kısıntısının olduğu koşullarda $r_c = \infty$) 0 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Eşitlik 3.27'nin 1'den farkı alındığında ve gerekli düzenlemeler yapıldığında, JACKSON ve ARK. (1981)'nin önerdiği CWSI eşitliği (3.28) aşağıda verilmiştir.

$$CWSI = (1 - \frac{E}{E_p}) = \frac{\gamma(1 + \frac{r_c}{r_a}) - \gamma^*}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})} \dots\dots\dots(3.28)$$

Ayrıca bu çalışmada, su stres indeksi eşik değerleri (ct), MAAS ve HOFFMAN (1977) tarafından bitkilerin, stresin belirli bir eşik değerine kadar dayandıkları, bunun üzerindeki değerlerde stres sürekli artarken verimin doğrusal olarak azaldığı görüşü esas alınarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, GENUCHTEN ve HOFFMAN (1984) tarafından verilen matematiksel modeller kullanılmıştır. Anılan ilişkiler, iki bağımsız değişken içeren parçalı doğrusal tepki fonksiyonu ile açıklanmıştır. Bunlar: (1) stres eşik değeri (ct),

stressiz koşullardaki verime göre ürünün azalmadığı en yüksek stres değerini; (2) eğrinin eğimi (s) ise eřik değerinin dışında stresteki birim artışa karşı küçük verim dūřuřlerini gōstermektedir. Anılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Y_r = \begin{cases} 1 & 0 \leq c \leq c_t \\ \frac{1}{c_t} - s(c - c_t) & c_t \leq c \leq c_o \\ 0 & c \geq c_o \end{cases} \dots\dots\dots(3.29)$$

Burada: Y_r , oransal verimi; c , kōk bōlgesi ortalama stres değerini; c_t , stres eşik değerini; c_o , verimin sıfır olduğu stres değerini ve s ise c_t ile c_o arasındaki tepki fonksiyonunun sabit eğimini gōstermektedir. Eşitlik 3.29'un mutlak verim fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$Y = \begin{cases} Y_m & 0 \leq c \leq c_t \\ Y_m - Y_m s(c - c_t) & c_t \leq c \leq c_o \\ 0 & c \geq c_o \end{cases} \dots\dots\dots(3.30)$$

Eřitlikte; Y_m , stressiz koşullardaki verimi gōstermekte ve $Y = Y_r \cdot Y_m$ 'dir. Yukarıda verilen stres tepki fonksiyonu sūrekli ve ũç parçalı doğru içerir. Bu durumda c_t , s , Y_m gibi ũ bağımsız parametre bulunmaktadır. CWSI eřik değeri elde edilmeden ũnce,

$$Y = Y_o - s_1 c \dots\dots\dots(3.31)$$

şeklinde basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Sōz konusu eşitlikte, Y_o ; arakesiti ve s_1 ise eğimi gōstermektedir. Bu seçenek, bağımsız bir Y_m kestirimini gerektirmiştir. Y_m , I_{100} sulama konusundan elde edilen dane verimlerinin ortalaması olarak alınmıştır. Bu yōntem yalnızca c_t ve c_o arasındaki veri noktalarına uygulanmıştır. Eşitlikte stres eşik değeri (c_t) ve eğim (s) aşağıdaki denkliklerden yararlanılarak bulunmuştur.

$$c_t = \frac{(Y_o - Y_m)}{s_1} \dots\dots\dots(3.32)$$

$$s = \frac{s_1}{Y_m} \dots\dots\dots(3.33)$$

Bitki su stresi indeksi (CWSI)-verim fonksiyonunun eğimi (s), denemeden elde edilen sonuçlar kullanılarak eşitlik 3.34 yardımıyla bulunmuştur.

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_m - Y_i)}{\sum_{i=1}^n (c_i - c_t)} \dots \dots \dots (3.34)$$

Eşitlikte, c_i ve Y_i değerleri i 'inci veri noktasını; gözlem sayısı ise n ile gösterilmiştir.

Anılan yöntemde sulamalardan önce yapılan infrared termometre ve porometre ölçümlerinden gidilerek hesaplanan CWSI değerlerinin ortalamaları kullanılmıştır. Sulama konularında elde edilen dane verimleri I_{100} sulama konusundan elde edilen dane verimine oranlanarak Y_r değerleri hesaplanmıştır. Sulama konularında belirlenen CWSI değerleri ile hesaplanan oransal dane verimi kullanılarak, yukarıda aktarılan eşitlikler çözümlenmiş ve stres eşik değerleri hesaplanmıştır.

3.2.11.4. Taç Direnci (r_c)

Mısır bitkisinin taç direnci SZEICZ ve LONG (1969)'un verdiği aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$r_c = \frac{r_s}{LAI_{eff}} \dots \dots \dots (3.35)$$

SZEICZ ve LONG, (1969)'nın bildirdiğine göre MONTEITH ve Ark. (1965), yaprak alan indeksi en yüksek değerinin yarısına ulaşana dek etkin evapotranspirasyon yaptığını belirlemişlerdir. Bu nedenle, etkili yaprak alan indeksi en yüksek yaprak alan indeksinin yarısına eşit alınmaktadır.

$$LAI_{\text{eff}} = \frac{LAI_{\text{max}}}{2} \dots \dots \dots (3.36)$$

Yukarıdaki eşitliklerde:

r_c : Taç direnci, (s/cm);

LAI_{eff} : Etkili yaprak alan indeksi;

LAI_{max} : Maksimum yaprak alan indeksidir.

3.2.11.5. Hava Direnci (r_a)

THOM ve OLIVER (1977), hava direncini (r_a) Penman'ın buharlaşma eşitliklerinden çıkarmışlardır (RUSSELL, 1980). Bu ilişki:

$$r_a = \frac{4.72 \left[\frac{\ln(z-d)}{z_0} \right]^2}{(1 + 0.54u)} \dots \dots \dots (3.37)$$

Bu eşitlikte:

r_a : Hava direnci, (s/m);

u : z yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı, (m/s);

z : Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, (m).

z_0 : Pürüzlülük uzunluğu, (m).

d : Sıfır düzlemi yer değiştirme parametresidir, (m).

JACKSON ve Ark. (1988)'nin MONTEITH (1973)'ten bildirdiğine göre örtünün %100 olduğu koşullarda pürüzlülük uzunluğu (z_0 , m) ile yer değiştirme parametresinin (d , m) aşağıdaki ilişkilerle saptanabileceğini belirtmiştir.

$$z_0 = 0.13 h \dots\dots\dots (3.38)$$

$$d = 0.63 h \dots\dots\dots (3.39)$$

Burada:

h: Bitki boyudur, (m).

3.2.12. Hasat

Koçan yapraklarının sararıp koçan püsküllerinin kuruduğu, danelerin sertleştiği, koçan kavuzlarının iyice sarardığı ve danelerdeki su oranının % 50'den aşağı düştüğü dönemde koçanlar elle hasat edilmiştir (KÜN, 1985).

Hasatta kenar etkisini gidermek için parsel başından ve sonundan 1'er metre atılarak ortadaki üç sıradan, 1993 ve 1994 yıllarında ekimden sırasıyla 123 (27.8.1993, DOY 239) ve 131 (22.8.1995, DOY 234) gün sonra hasat yapılmıştır. I_0 ve I_{20} konuları diğer konulara göre 8-10 gün önce hasat edilmiştir. Parsellerde elle hasat edilen alan 16.8 m²'dir. Ayrıca, elle hasat edilen sıraların bitişiğindeki bir sıradan, 8 bitki toprak yüzeyinden kesilmiş ve Şekil 3.3'te gösterildiği gibi bitkiler arasındaki uzaklık ölçülmüştür. Hasat edilen koçanlar, etiketlenmiş bez torbalara doldurularak 10 gün süreyle açık havada kurutulmuştur. Kesilen 8 bitkinin yaprakları, gövdeleri ve koçanları birbirinden ayrılmıştır. Denemede 16.8 m²'lik alandan hasat edilen koçanlar makine ve 8 bitkinin koçanları ise el makinesi ile danelenmiştir. Danelenmiş mısırın su içeriğini belirlemek için örnekler alınarak ayrı ayrı tartılmış ve dane verimi %15.5 nem içeriğine göre düzeltilmiştir (FAPOHUNDA ve Ark., 1984; ISFAN, 1984; WILHELM ve Ark., 1985; HOWELL ve Ark.,1992). Yaprak, gövde, danesi temizlenmiş koçan somakları etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya dek kurutulmuştur. Sekiz bitkinin daneleri ayrı ayrı sayılmıştır. Anılan bitkilerin dane ağırlıklarından ve dane sayımlarından; tek dane ağırlığı, koçan başına verim, bitki başına verim ile koçandaki dane sayısı, bitkideki dane sayısı, birim alandaki dane sayısı ve bitkideki koçan sayısı gibi unsurlar belirlenmiştir.

3.2.13. Hasat İndeksi

BEADLE (1985), hasat indeksini (HI); birim alandan elde edilen dane ağırlığının toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlamıştır. Bu tanımlamanın eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$HI = \frac{Y}{DM} \dots \dots \dots (3.40)$$

Bu eşitlikte:

HI: Hasat indeksi;

Y: Birim alandan elde edilen dane verimi, (kg);

DM: Birim alandan elde edilen toprak üstü kuru madde ağırlığıdır, (kg).

3.2.14. Su Tüketimi

Mısır bitkisininin 140 cm'lik toprak profilinden tükettiği su (Evapotranspirasyon) BEYCE ve Ark. (1972), HOWELL ve Ark., (1986a)'nın belirttiği bir boyutlu su dengesi eşitliği ile saptanmıştır.

$$ET = I + P + D_p \pm R_{off} \pm \Delta s \dots \dots \dots (3.41)$$

Eşitlikte:

ET: Evapotranspirasyon, (mm);

I: Sulama suyu, (mm);

P: Yağış, (mm);

D_p: Derine süzülme, (mm);

R_{off}: Yüzey akış, (mm);

Δs: Dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama farkıdır, (mm).

Parseller seddelerle çevrili olduğundan yüzey akış (R_{off}) sıfır alınmıştır (HANKS ve Ark., 1976).

3.2.15. Kıyas Bitki Su Tüketimi (ETr)

Penman-Monteith yöntemiyle kıyas bitki su tüketimi (ETr) saptanmıştır. Anılan hesaplamada SNYDER ve STEDUTO (1994) tarafından geliştirilen IAMETO (CIHEAM-IAM-BARI) bilgisayar programı kullanılmıştır. Söz konusu bilgisayar programı ile ETr'u hesaplayabilmek için yıl, ay, ayın günleri, n/N oranı, günlük ortalama rüzgar hızı, 07:00-19:00 ve 19:00-07:00 saatleri arasında saatlik ortalama rüzgar hızı; günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık; ortalama, maksimum ve minimum oransal nem; günlük ortalama sıcaklık, günlük class A pan buharlaşması ve solar radyasyon gibi verilere gereksinim duyulmaktadır.

3.2.16. Bitki Üretim Fonksiyonu

Verim ve bazı verim unsurlarının evapotranspirasyon (ET), sulama suyu (I) ve bitki su stres indeksiyle (CWSI) olan ilişkileri belirlenmiştir.

Denemede oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkilerin ve verim etmeni (ky) değerlerinin belirlenmesinde Stewart Modeli esas alınmıştır (STEGMAN ve Ark., 1981). Anılan model, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \dots \dots \dots (3.42)$$

Burada:

ET_a ve Y_a : Bitkinin yetiştirildiği koşullardaki gerçek su tüketimi ve bu tüketime karşılık elde edilen gerçek verim (dane verimi veya biyomas)

ET_m ve Y_m : Bitkinin büyüme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı koşullarda maksimum su tüketimi ve buna karşılık elde edilen maksimum verimi;

ky: Evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim etmenidir.

3.2.17. Su Kullanım Randımanı (WUE)

Konulara uygulanan sulama suyu ve ET miktarlarının kullanım randımanlarını belirlemek amacıyla HOWELL ve Ark. (1994)'nın verdiği aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$IWUE = \frac{Y - Y_0}{I} \dots \dots \dots (3.43)$$

$$WUE_{ET} = \frac{Y}{ET} \dots \dots \dots (3.44)$$

Bu eşitliklerde:

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı;

WUE_{ET} : Toplam su kullanım randımanı;

ET: Evapotranspirasyon, (mm);

I : Uygulanan sulama suyu, (mm);

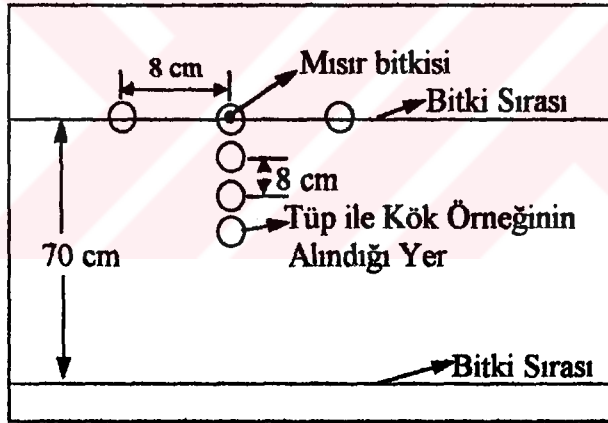
Y_0 : Susuz koşullarda alınan dane verimi, (kg/da);

Y: Sulu koşullarda elde edilen dane verimi, (kg/da).

3.2.18. Bitki Kök Sistemi

BÖHM (1979)'ın KELLEY ve Ark. (1947)'den bildirdiğine göre mısır bitkisinin sıra üstünde ve arasında toprak profilindeki kök dağılımını belirlemek amacıyla bozulmamış toprak örnekleme "core sample" yöntemine göre 1993 ve 1994 yıllarında sırasıyla 3.9.1993 ve 28.8.1994 (DOY 246 ve 240) tarihlerinde kök örnekleri alınmıştır. Kök örneklerini almak amacıyla 1993 yılında I_{20} , I_{40} ve I_{100} ; ve 1994 yılında da I_0 , I_{20} , I_{40} ,

I_{60} , I_{80} ve I_{100} sulama parsellerinin ortalarından rastgele birer bitki seçilmiş ve bu bitkiler kök boğazından kesilmiştir. Şekil 3.4’de görüldüğü gibi, biri bitkinin toprak yüzeyinden kesildiği noktada; diğerleri sıra üstünün sağından ve solundan 8’er cm uzaklıkta ve aynı bitkiden itibaren sıra arasında 8 cm aralıklarla 32 cm uzaklığa; denemenin birinci yılında 90 cm, ikinci yılında ise ve 120 cm derinliğe kadar 10 cm’lik katmanlar halinde kök örnekleri alınmıştır. İçi çapı 5.2 cm ve uzunluğu 140 cm olan tüp, toprağa çakılmadan önce iç yüzeyi toprak kolonunun yapışmasını önlemek için motor yağı ile yağlanmıştır. Balyoz yardımıyla çakılan tüp, traktörün hidrolik kollarına bağlanan bir kaldıraç yardımıyla çıkarıldıktan sonra tüp içerisindeki toprak kolonları 10’ar cm uzunluğunda kesilerek etiketli plastik torbalara konulmuştur. Alınan kök örnekleri içerisinde mikroorganizma faaliyetlerini en aza indirmek için örnekler derin dondurucuya yerleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Kök örneklerinin alınma konumları (üstten görünüş)

3.2.18.1. Köklerin Temizlenmesi

Alınan toprak örneklerinin killi olması, köklerin temizlenmesini güçleştirmiştir. Köklerin temizlenmesini kolaylaştırmak için toprağın disperse edilmesine gereksinim duyulmuştur. Bu işlem için SCHURMAN ve GOEDEWAAGEN (1971)'nin önerdiği %27'lik sodyum pyrophosphate çözeltisi kullanılmıştır. Kök örnekleri, anılan çözelti ile

disperse edildikten sonra kökler, "Göttingen Yöntemine" göre temizlenmiştir. Anılan yöntemde, disperse olan toprak üzerine, örneğin büyüklüğüne göre bir miktar su konularak ve iyice karıştırılarak oluşan toprak solüsyonu tülbentten süzölmüştür. Böylece solüsyon içindeki kökler tülbent üzerinde biriktirilmıştır. Toprak içinde kök kalmayınca dek bu işlem 6-7 kez yinelenmiştir.

3.2.18.2. Kök Ağırlığı Yüzdesi ve Yoğunluğu

Birim hacimdeki kök uzunluğu olarak tanımlanan kök yoğunluğu aşağıdaki eşitlikle saptanmıştır. Anılan kök yoğunluğunu kullanarak bitki kök bölgesinin çeşitli katmanlarındaki dağılımı belirlenmiştir.

$$RD = \frac{RL}{V} \dots \dots \dots (3.45)$$

Eşitlikte;

RD; kök yoğunluğu, (cm/cm³), RL; kök uzunluğu, (cm), V; kök örneğinin alındığı toprak hacmidir, (cm³).

Yukarıdaki eşitlikteki kök uzunluğu, HEAD (1966)'ın önerdiği yöntemle göre oluşturulan kareler ağı (grid) kullanılarak, temizlenen kök örneklerinin kesişim sayımı yapılmış ve elde edilen bu değerlerden NEWMAN (1966)'ın geliştirdiği eşitlik kullanılarak kök uzunluğu hesaplanmıştır. Anılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$RL = \frac{\pi A N}{2 H} \dots \dots \dots (3.46)$$

Burada:

RL; toplam kök uzunluğu, (cm), A; kareler ağı oluşturulmuş şeffaf bir kabın alt yüzey alanı, (cm²), N; rasgele dağıtılmış kökler ile yatay ve düşey çizgilerin (gridlerin)

kesişim sayısı, H; şeffaf kabın altına, yatay ve düşey yönde çizilmiş doğruların toplam uzunluğudur, (cm).

Kök ağırlık yüzdeleri aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir. Bunun için temizlenen kökler, etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulmuş ve hassas terazide tartılarak köklerin kuru ağırlıkları bulunmuştur.

$$PRW = \frac{RW}{TRW} 100 \dots\dots\dots (3.47)$$

Bu eşitlikte;

PRW; kök ağırlık yüzdesi, (RW), her bir kök örneğinin kuru ağırlığı, (g),
TRW; tüm kök örneklerinin kuru ağırlığıdır, (g).

3.2.19. CERES-Maize Bitki Büyüme Modeli

Büyüme, gelişme ve verim üzerine bitki çeşidi ve sıklığı, iklim, toprak suyu ve azotun etkilerini sezinlemek amacıyla A.B.D. Tarım Bakanlığı Tarımsal Araştırma Servisi (USDA-ARS) Texas, Grassland'da Bitki Sistemleri Değerlendirme Birimi Toprak ve Su Araştırma Laboratuvarında CERES-Maize bitki büyüme modeli geliştirilmiştir (RITCHIE, 1985).

CERES-Maize (V2.10) bitki büyüme modeli, Çukurova koşullarında 1993-1994 yıllarında yürütülen I. ürün mısır denemesinden elde edilen arazi verilerinden yararlanılarak test edilmiştir. Anılan modelin testi için gerekli parametreler üç başlık altında toplanmıştır. Bunlardan ilki, iklime ilişkin özellikler olup günlük maksimum ve minimum hava sıcaklıkları, yağış miktarı, toplam solar radyasyon ve ölçülmüş ise fotosentezde aktif radyasyondur. İkinci grup parametreler ise gelişme mevsimi süresince bitkiye ilişkin özelliklerdir. Bunlar sulama konulara göre verim, verim bileşenleri, kuru madde miktarı, yaprak sayısı ve yaprak alan indeksidir. Ayrıca, kuru ağırlık esasına göre dane ağırlığı, birim alandaki dane sayısı (dane/m²), koçandaki dane sayısı, koçan çıkarma

dönemindeki yaprak alan indeksi, gövde ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, konulara ilişkin püskül çıkarma tarihi ve fizyolojik olgunluk tarihleri de belirlenmelidir. Üçüncü grup parametreler ise toprağa ilişkin olup, bunlar tarla kapasitesi, solma noktası, satürasyon yüzdesi, değerlendirilmeye alınan derinlikteki hacimsel su içeriği ve hacim ağırlığıdır. Bunlara ek olarak denemenin başladığı andaki toprakta mevcut su miktarı, toprağın pH'ı, topraktaki amonyum, nitrat konsantrasyonu gibi özelliklerin de bilinmesi gerekmektedir.

Araştırmanın özelliklerine bağlı olarak konulara uygulanan sulama suyu miktarı, gübre dozları, kullanılan çeşidin genetik kodu, simülasyona başlama tarihi, ekim tarihi, bitki sıra aralığı, ekim derinliği, ekim sıklığı, sulamada dikkate alınan derinlik, tüketilmesine izin verilen yüzde nem düzeyi gibi parametrelerin modele veri olarak girilmesi gerekmektedir.

3.2.19.1. Genetik Katsayılar

Belirli bir çeşidin nasıl bir genotip katsayısına sahip olduğu, maksimum ve minimum sıcaklığa, gün uzunluğuna, toprağın su ve azot içeriğine, çeşidin morfolojisine veya yaşam boyunca belirli karakterlerine bağlıdır. Genotip veya genetik katsayı olarak belirlenen bu katsayılar altında yatan, genotip X çevre etkileşiminin, kontrollü veya tarla koşullarında belirlenebilmesidir. Ancak, model kullanıcıları bitkinin yetiştiği ortamı kontrol eden etmenleri tam olarak belirleyemediklerinden, anılan bu katsayıları, ölçüm değerlerinden saptayamamaktadırlar. Buradan hareketle HUNT ve Ark. (1993) genotip katsayısını (genetik katsayısını) hesaplayan GENCALC (Genotype Coefficient Calculator) ad verilen bilgisayar programını geliştirmişlerdir. Bu programla belirlenen herhangi bir çeşidin genetik katsayıları, anılan çeşidin CERES-Maize bitki büyüme modeli ile test etme olanağı verebilmektedir.

CERES-Maize bitki büyüme modelini test etmek için anılan TTM-815 mısır çeşidinin genetik katsayılarına gereksinim duyulmuştur. Anılan çeşidin (TTM-815) genetik katsayısını belirlemek için GENCALC (Genotype Coefficient Calculator) bilgisayar programı kullanılmıştır. GENCALC ile bitkilerin genetik katsayıları

belirlenirken CERES-Maize bitki büyüme modelinde kullanılan tüm dosyalara ek olarak başlangıç genetik katsayısını içeren dosyaya da gereksinim duyulmaktadır.

GENCALC bilgisayar programı ile TTM-815 mısır çeşidinin 5 farklı genetik katsayısı belirlenmiştir. Bu katsayılar; G2 (GNUM: Dane sayısı katsayısı, no/bitki), G3 (GGRO: Danenin optimum sıcaklıktaki gelişim hızı, mg/gün), P1 (DUJU: Vejetatif gelişme süresinin başında, 1 °C üstündeki gün sayısı), P2 (DESP: Yalnızca çiçeklenme başlangıcında fotoperiyod duyarlılığı, gün/saat,) ve P5 (DUGF: En yüksek 34 °C olmak koşuluyla dane dolm periyodunda 8 °C'nin üstündeki gün sayısı)'dir (HUNT ve PARARAJASINGHAM, 1993; HUNT ve Ark., 1993).

3.2.19.2. Duyarlılık Analizi

CERES-Maize bitki büyüme modelinin, TTM-815 mısır çeşidinden saptanan veriler kullanılarak tüm sulama konularında duyarlılık analizi yapılmıştır. Bunun için solma noktası, tarla kapasitesi, toprağın saturasyon noktası, etkili kök derinliği, sulama randımanı ve sıra aralığı %10 değiştirilerek model yeniden çalıştırılmıştır. Elde edilen bu değerden modelin oransal duyarlılığı, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla saptanmıştır (YAZAR, 1991). Anılan eşitlikteki k parametresi %10 değiştirilirken diğer parametreler sabit tutulmuştur. Eşitlikteki y parametresi de fonksiyon olarak verilmiştir.

$$\frac{y}{k} = \frac{\left[\frac{y(k + \Delta k) - y(k)}{y(k)} \right]}{\frac{\Delta k}{k}} \dots \dots \dots (3.48)$$

Bu eşitlikte;

y: Dane verimini; k: Değiştirilen parametreyi göstermektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Mısır Bitkisinin Kimi Gelişme Dönemleri

TTM-815 mısır çeşidi araştırmanın ilk yılında 26.4.1993, ikinci yılında 13.4.1994 tarihlerinde ekilmiştir (Çizelge 4.1). İlk yıl ekimden 9, ikinci yıl ise 16 gün sonra çıkmıştır. Mısır bitkisinin çıkış süresi toprak sıcaklığına göre değişmektedir (KIRTOK, 1986). Araştırma yıllarında bitki boyunun 40-50 cm olduğu ve yaprak sayısının 6-8 oluşundan sonra başlayıp tepe püskülü oluşumuna dek geçen süreyi kapsayan vejetatif gelişme dönemi (DOORENBOS ve KASSAM, 1979), ekimden yaklaşık 44-52 gün arasında değişen sürelerde başlamıştır. Vejetatif gelişme döneminden sonraki tepe püskülü ise ekimden 65-76 gün sonra çıkmıştır. KÖKSAL (1995), II. ürün mısırdaki bu sürenin 44-46 gün arasında değiştiğini saptamıştır. Tepe püskülü döneminden 7-8 gün sonra koçan çıkarmış ve anılan dönemden 23-28 gün sonra da süt olum dönemi başlamıştır. Orta geççi olan bu çeşidin yetiştirme süresinin yıllara göre 123-131 gün arasında değiştiği saptanmıştır. Orta geççi çeşitlerde bu sürenin 120-130 gün arasında değiştiği belirtilmiştir (TİGEM,1994). Ayrıca, su kısıntısı yapılan I₀ sulama konusunda bitkilerin 8-10 gün daha önce hasata geldiği de gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. I₁₀₀ sulama konusunda gözlenen kimi gelişme dönemleri ve tarihleri

Fenolojik Dönemler	Yıl		DOY*	
	1993	1994	1993	1994
Ekim	26.4.1993	13.4.1994	116	103
Çıkış	05.5.1993	29.4.1994	125	119
Vejetatif	09.6.1993	04.6.1994	160	155
Tepe Püskülü	30.6.1993	28.6.1994	181	179
Koçan Çıkarma	07.7.1993	06.7.1994	188	187
Süt Olum	23.7.1993	26.7.1994	204	207
Hasat	27.8.1993	22.8.1994	239	234

* Julian takvimine göre gün sayısı.

4. 2. Sulamaya İlişkin Bulgular

Araştırma yıllarında konulara göre uygulanan su miktarları ile sulama tarihleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çukurova koşullarında yetiştirilen mısırın sulanmasına, denemenin birinci yılında 15.6.1993 (ekimden 50 gün sonra), ikinci yılında ise 1.6.1994 (ekimden 49 gün sonra) tarihinde başlanmış ve 10 gün aralıklarla sulamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi denemenin ilk yılında 6, ikinci yılında ise toplam 7 sulama yapılmıştır. En az ve en çok su uygulanan I_0 ve I_{100} konularına denemenin birinci yılında sırasıyla toplam 102 ve 752 mm su uygulanmış; ikinci yıl ise anılan değerler sırasıyla 0 ve 823 mm olmuştur. Diğer konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ise bu değerler arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılında, sulama konularında daha

Çizelge 4.2. Araştırma yıllarında sulama konularına her sulamada uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve su tüketimleri

Sulama Konuları	Sulama Sayısı							Toplam Sulama Suyu (mm)	Su Tüketimi (mm)
	1	2	3	4	5	6	7		
1993									
I_0	102	0	0	0	0	0	-	102	476
I_{20}	102	29	24	27	24	26	-	232	559
I_{40}	102	59	48	53	48	53	-	362	672
I_{60}	102	88	71	80	71	79	-	492	764
I_{80}	102	118	95	106	95	106	-	622	863
I_{100}	102	147	119	133	119	132	-	752	999
1994									
I_0	0	0	0	0	0	0	0	0	343
I_{20}	23	21	17	29	26	23	28	167	465
I_{40}	45	41	34	58	51	45	55	329	621
I_{60}	68	62	50	86	77	68	83	494	747
I_{80}	90	82	67	115	102	90	110	656	931
I_{100}	113	103	84	144	128	113	138	823	1050

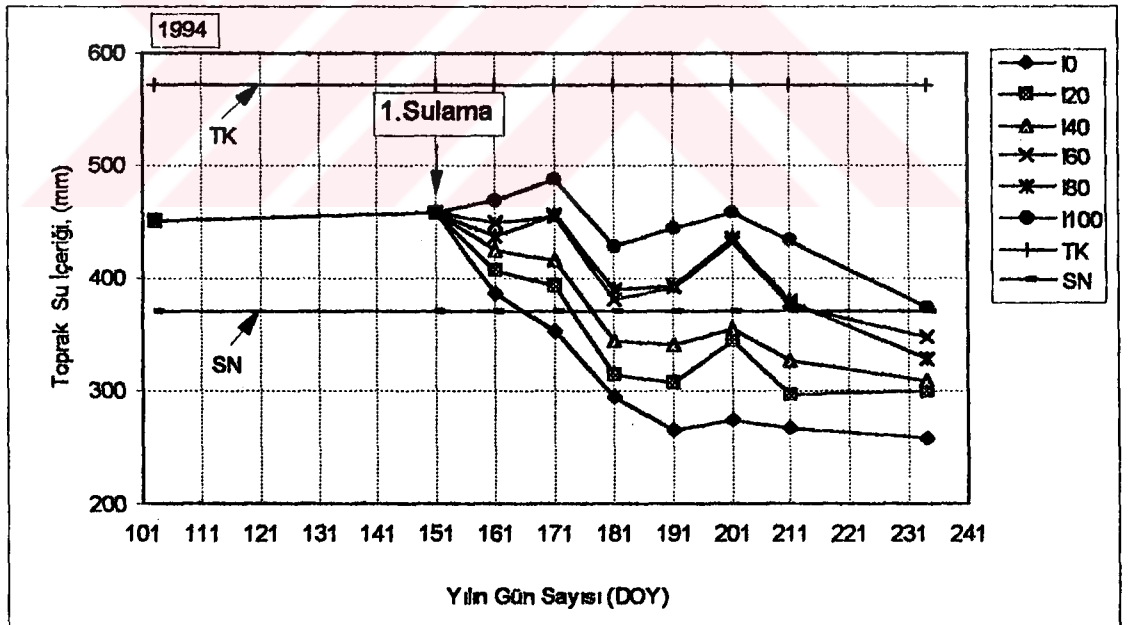
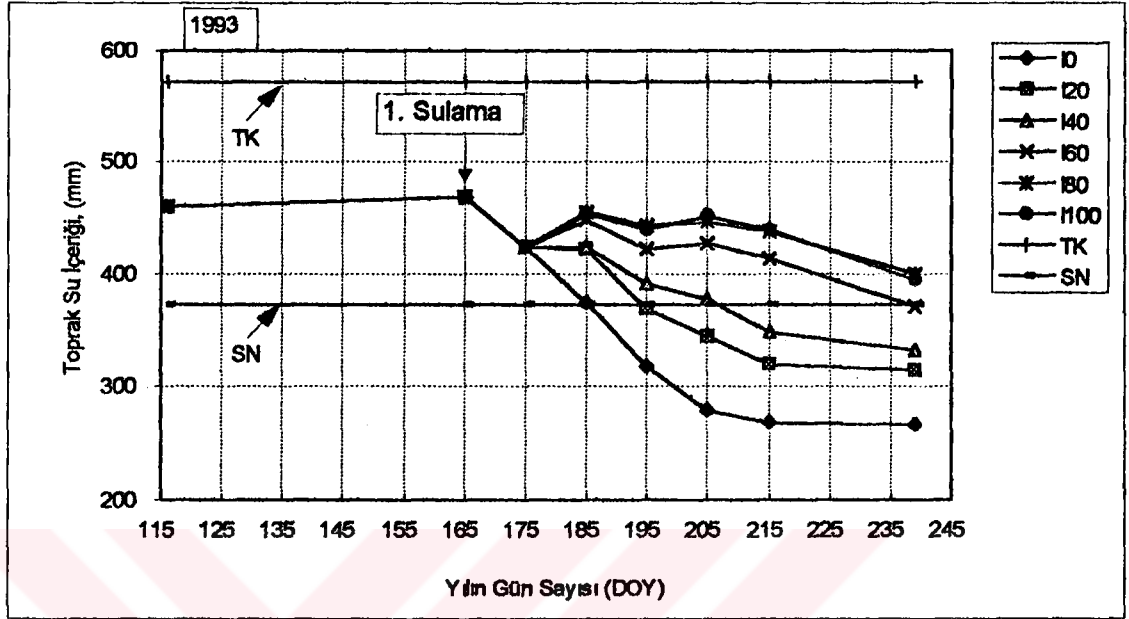
erken dönemlerde bitki su stresi oluşturmak amacıyla parsellere başlangıçta eşit su uygulaması yapılmamıştır. Araştırma yıllarında deneme parsellerine her sulamada yaklaşık 0 ile 147 mm arasında değişen miktarlarda su verilmiştir.

Deneme yıllarında, aynı sulama konularında sulama sayısı ile uygulanan su miktarları arasında farklılık olduğu gözlenmiştir. Bu farklılık, araştırma yıllarındaki iklim ve uygulanan sulama programından kaynaklanmıştır.

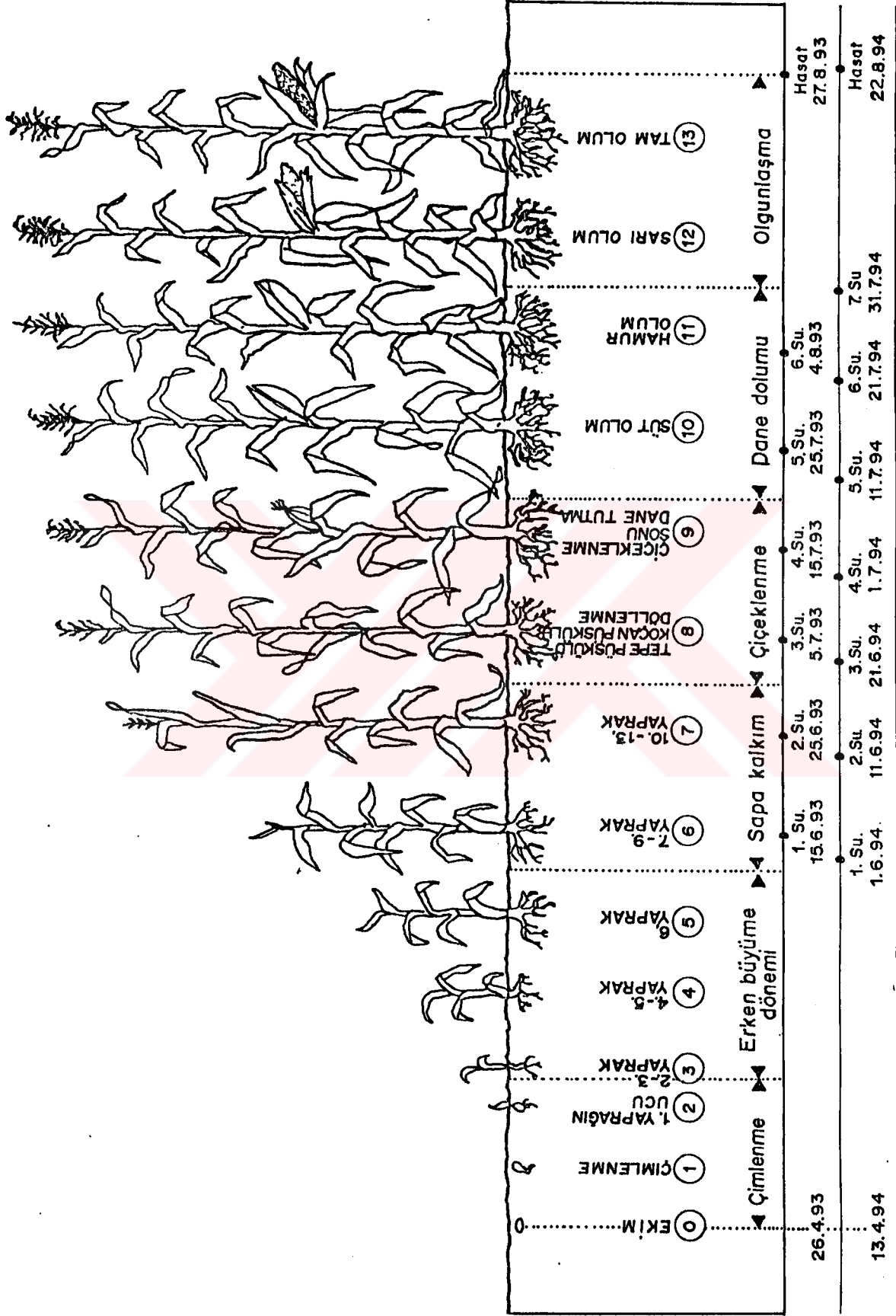
İlk sulama, Şekil 4.1'de görüldüğü gibi denemenin her iki yılında da toprak profilinin 120 cm'lik katmanında kullanılabilir toprak su içeriği %50'ye düştüğünde uygulanmıştır. Deneme süresince, I₆₀, I₈₀ ve I₁₀₀ sulama konularında toprak su içeriği, sulamaların yapıldığı dönem içerisinde solma noktasının (SN) altına düşmemiştir. Denemenin ilk yılında profiledeki toplam su içeriği I₀ konusunda 4.7.1993 (DOY 184); I₂₀ konusunda 14.7.1993 (DOY 194); ve I₄₀ konusunda ise 24.7.1993 (DOY 206) tarihinde SN'nin altına düşmüştür. İkinci yıl ise su içeriği, I₀ konusunda 14.6.1994 (DOY 164), I₂₀ konusunda 23.6.1994 (DOY 174) ve I₄₀ konusunda ise 25.6.1994 (DOY 176) tarihinde SN'nin altına inmiştir. Denemede, 1994 yılında başlangıçta parsellere eşit su uygulanmadığından ve aynı yıl Nisan ve Mayıs aylarında ortalama sıcaklığın daha yüksek, yetiştirme mevsimi boyunca oransal nemin daha düşük olması yanında yağışın daha fazla düşmesine karşın az su alan sulama konularında toprak su içeriği daha erken bir dönemde SN'nin altına düşmüştür.

Deneme yıllarında sulamaların mısırın yaklaşık hangi büyüme dönemlerinde ve kaç kez yapıldığı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bitki gelişme dönemleri ve anılan dönemlerin uzunluğu DOORENBOS ve KASSAM (1979); ANONYMOUS (1994)'e göre saptanmıştır.

Anılan şekilden görüldüğü gibi sulamalara her iki yılda da sapa kalkma döneminde bitkinin 7-9 yapraklı olduğu dönemde başlanmıştır. Sapa kalkma, çiçeklenme ve dane dolun dönemlerinin her birinde iki sulama yapılarak 1993 yılında 6 sulama yapılmış; 1994 yılında sulamaya ilk yıla göre yaklaşık 15 gün önce başlanmış ve erken büyüme döneminin sonunda da bir su uygulanarak toplam 7 kez sulama yapılmıştır. DOORENBOS ve KASSAM (1979)'da sulama sayısının, yağışa mısırın gelişme dönemlerinde yapılacak sulamalara bağlı olarak 2 ile 5 arasında değişebileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.1. Araştırma yıllarında deneme konularında sulamadan önceki mevcut toprak nemi



Şekil 4.2. Mısır bitkisinin gelişme dönemleri ve su uygulama zamanları

4. 3. Su Tüketimi

Mısır bitkisinin deneme konularında yıllara göre saptanan mevsimlik su tüketimleri Çizelge 4.2'de, yığışimli su tüketimleri Şekil 4.3'de ve aylara göre ortalama günlük su tüketimleri ise Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Su kısıntısı uygulanmayan, 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinden tüketilen suyun tarla kapasitesine tamamlandığı I_{100} sulama konusunda mısırın mevsimlik su tüketimi (ETa), araştırma yıllarında sırasıyla 999 ve 1052 mm; I_0 sulama konusunda ise mevsimlik su tüketimi 1993 yılında 476 mm ve 1994 yılında 343 mm olarak belirlenmiştir. Diğer sulama konularına ilişkin su tüketimleri ise bu değerler arasında değişmiştir.

I_{100} ve I_0 konularında mevsimlik su tüketimleri incelendiğinde, araştırma yıllarında bunların farklı oldukları gözlenmiştir. Bitki su tüketimindeki bu farklılık iklim öğelerindeki ve uygulanan sulama programındaki farklılıktan kaynaklanmıştır. Birikmiş sıcaklıkları aynı olan yıllarda bile, sıcaklıkların mevsim içerisindeki dağılımlarında görülen sapmalardan dolayı her iki yıldaki su tüketimlerinin farklı olabileceği belirtilmiştir (USDA-SCS,1967). OKMAN (1969) anılan farklılığın, bitki ve iklim etmenlerinin etkisi ile yıllara göre değişiklik göstermesinden, bu nedenle de farklı miktarda su verilmesinden kaynaklandığını belirlemiştir. Bunların yanında kıştan kalan su, yağış, sulama sayısı ve deneme yıllarında yetiştirme mevsimi uzunluklarının farklı oluşu da yıllar arasındaki su tüketim miktarlarında farka neden olmuştur.

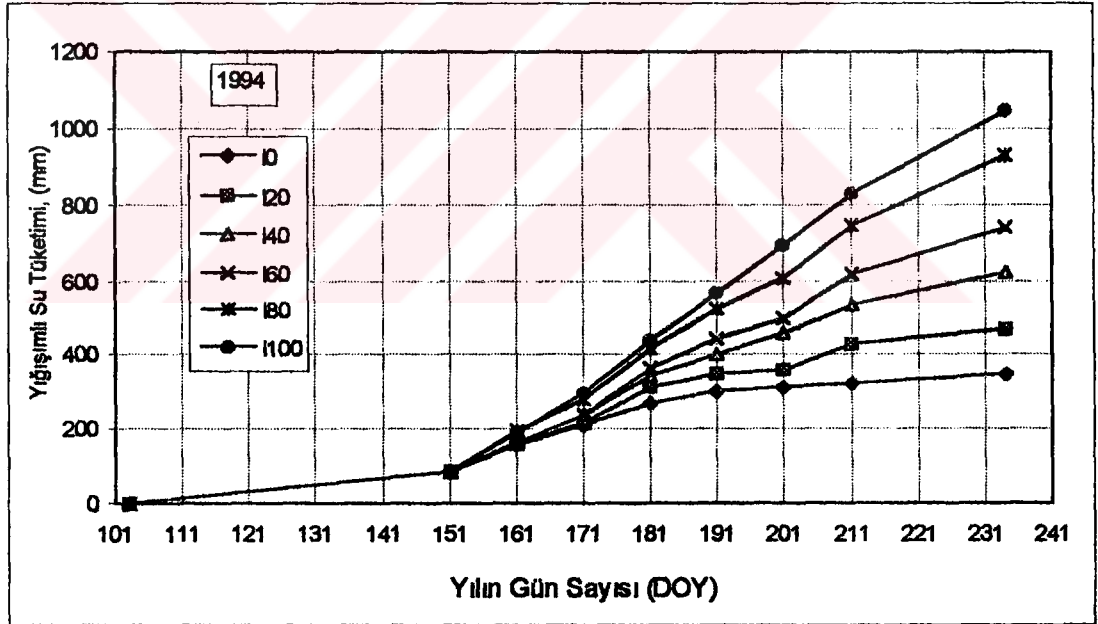
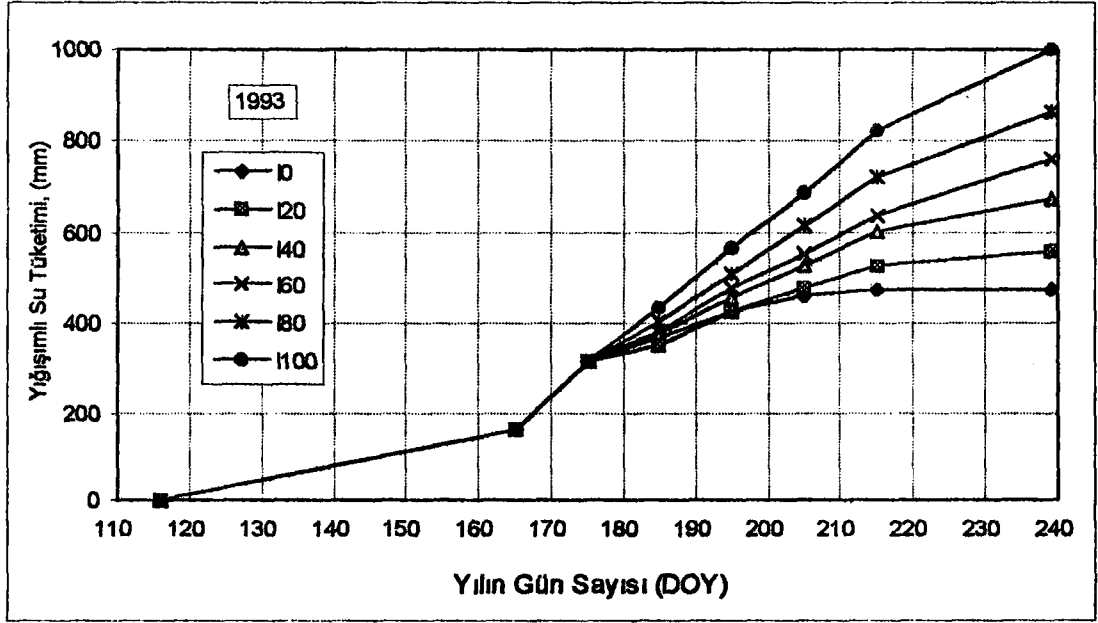
Çukurova koşullarında mısırın mevsimlik su tüketiminin KANBER ve Ark. (1990a), 474.2-605.8 mm arasında değiştiğini; KÖKSAL (1995), anılan bölgede ikinci ürün mısırın ortalama tüketiminin 631 mm olduğunu saptamışlardır. GÜNBATILI (1979), Tokat koşullarında 637 mm; DERVİŞ (1986), Tarsus'ta 578 mm; ÖĞRETİR (1993), Eskişehir koşullarında 658.8 mm; UL (1990), Menemen Ovası koşullarında 204.2-563.3 mm; WENDA ve HANKS (1981), Utah'ın farklı yerlerinde yürüttükleri denemelerde 263-463 mm; RETTA ve HANKS (1980), susuz konularda 254-274 mm ve sulu konularda ise 532-552 mm arasında değiştiğini; BARRETT ve SKOGERBOE (1978), kısıntılı koşullarda

415-428 mm, kısıntısının uygulanmadığı konularda ise 641 mm olduğunu; MUSICK ve DUSEK (1980), mısırın farklı gelişme dönemlerinde su kısıntısının fazla yapıldığı konuların 505 mm, su kısıntısının az yapıldığı konuların ise 789 mm olduğunu; STEGMAN (1986), 432-514 mm arasında değiştiğini; OYLUKAN ve GÜNGÖR (1975), Eskişehir koşullarında 725 mm olduğunu; COSCULLUELA ve FACI (1992) Zaragoza koşullarında tüketimin 243-735 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Dünyanın farklı yerlerinde yürütülen denemelerden saptanarak yukarıda verilen su tüketimlerinin, bu çalışmada belirlenen su tüketiminden genelde küçük olduğu belirlenmiştir.

CALDWELL ve Ark. (1994), gömülü damla sulama yöntemiyle sulanan mısırın mevsimlik su tüketimini 749-801 mm; BAYRAK (1979), Samsun'da 338.6-828.9 mm; UZUNOĞLU (1991), Ankara koşullarında 440.1-808.7 mm; YILDIRIM ve Ark. (1995), Ankara koşullarında 882.4-997.7 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. HOWELL ve Ark. (1994), LEPA sulama yöntemiyle sulanan mısırın, su kısıntısı yapılan konularda oluşan evapotranspirasyonu 383 mm ve tam su uyguladıkları konuda ise 937 mm olarak belirlemişlerdir. Yukarıda verilen su tüketimi sonuçları ile bu çalışmada belirlenen su tüketimi arasında paralellik bulunmaktadır.

Aynı bitkinin farklı iklimlerdeki ve bölgelerdeki mevsimlik su tüketimleri farklı olmaktadır. Anılan farklılığa iklimsel etmenler, bitki çeşidi, toprak özellikleri, sulama programları ve yöntemlerindeki farklılıkların neden olduğu söylenebilir (BAŞTUĞ, 1987).

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi araştırma yıllarında aynı sulama konularının yığışimli su tüketim eğimleri yetiştirme mevsiminde benzer tavır göstermişlerdir. I_{100} , I_{80} ve I_{60} sulama konularının zamana göre su tüketim eğimleri yüksek, I_{40} ve I_{20} konularında bu oran azalmış ve I_0 sulama konusunda denemenin ilk yılında 24.7.1993 (DOY 204), ikinci yılında ise 10.7.1994 (DOY 192) tarihinden itibaren hemen hemen sıfıra yaklaşmıştır. Bitki su tüketim hızının azlığını ve çokluğunu ifade eden yığışimli su tüketimi eğrilerinin eğimi, büyüme mevsimi boyunca değişmiştir. Tüm konularda eğrinin eğiminin dik olduğu dönemlerde topraktaki nem değişim hızı yüksektir (KANBER, 1977).



Şekil 4.3. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin yıgışimli su tüketimleri

Denemenin her iki yılında da bitkinin günlük su tüketim değerleri (ETa) Nisan ayından itibaren artmış (ilk yıl Mayıs ayında azalmış), tepe püskülü ve koçan çıkarma

dönemi ile çakışan Temmuz ayında sırasıyla 12.64 ve 13.20 mm/gün ile en yüksek değere ulaşmış ve sonra Ağustos ayı sonuna dek azalarak sırasıyla 8.02 ve 9.34 mm/gün'e düşmüştür (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Araştırma yıllarında mısırın tanık konudaki aylara göre gerçek günlük ve toplam su tüketimleriyle Penman-Monteith yöntemiyle saptanan kıyas bitki su tüketimleri, mm

Aylar	1993		1994	
	ETa	PM	ETa	PM
Nisan	4.74	4.3	1.75	3.3
Mayıs	3.53	4.1	1.75	4.9
Haziran	8.73	5.9	11.77	6.5
Temmuz	12.64	6.6	13.20	6.5
Ağustos	8.02	5.8	9.34	6.3
Toplam	999	690.1	1052	734.8

Bitkilerin vejetatif dönemlerinin başında toplam evapotranspirasyonun büyük bir oranını toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma oluşturmaktadır. Ancak bu oran, yaprak alanı arttıkça azalmakta ve bu kez de bitkilerden olan transpirasyon oranı artmaktadır. Mısırın günlük su tüketimi, yaprak alanına ve ışık absorpsiyonuna paralel olarak artmakta ve %100 örtü konumuna geldiğinde en yüksek değerine ulaşmaktadır (RHOADS ve BENNETT, 1990). REDDY ve Ark. (1982), bitki tacının toprak yüzeyini tamamen kapattığı koşullarda mısırın en yüksek günlük su tüketiminin 7-8 mm; KROGMAN ve Ark. (1980), Canada'nın daha soğuk bölgelerinde 5-7 mm; ABDULJABBAR ve Ark. (1983), yarı kurak bölgede 7.5-9.8 mm arasında değiştiğini; ÖĞRETİR (1993), Eskişehir koşullarında Ağustos ayındaki en yüksek su tüketim değerini 6.4 mm ve TUCEL (1994) İç Anadolu koşullarında Haziran ayında 7.06 mm olarak belirlemişlerdir. Günlük bitki su tüketimi, iklim, bitki ve toprak koşullarına göre

farklılık göstermiştir. Yukarıdaki araştırmacıların belirledikleri günlük su tüketim değerlerinin bu çalışmadaki değerlerden biraz daha küçük olduğu saptanmıştır.

Araştırmanın her iki yılında da denemenin yürütüldüğü alandaki otomatik iklim istasyonunda kaydedilen iklim değerleri kullanılarak Penman-Monteith (PM) yöntemiyle kıyas bitki su tüketimi veya referans evapotranspirasyon (ET_r) ile aylara göre günlük su tüketimi hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelgeden görüldüğü gibi denemenin her iki yılında da Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanan aylara göre günlük su tüketimi Nisan ayından Temmuz ayına kadar artmış ve Ağustos ayında tekrar azalmıştır. Gerçek su tüketimi de benzer bir seyir izlemiştir. Araştırmanın ikinci yılında belirlenen toplam ET_r değeri ilk yılın değerine göre daha büyük olduğu bulunmuştur. ET_r oluşumunu etkileyen etmenler, mısırın geçek su tüketiminde de etkili olduğundan, araştırmanın ikinci yılındaki mısırın gerçek su tüketimi daha fazla çıkmasına neden olmuş olabilir.

4. 4. Dane Verimi

Araştırma yıllarında sulama konularından elde edilen ve % 15.5 nem içeriğine göre düzeltilmiş mısır dane verimleri ile bunların LSD sınıflandırması Çizelge 4.4'te ve bu değerlerin varyans analizleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Anılan çizelge ve şekilden görüldüğü gibi en yüksek dane verimi I₁₀₀ sulama konusundan, (1993 yılında 1001.5 kg/da ve 1994 yılında 1003.4 kg/da), en düşük dane verimi ise deneme yıllarında sırasıyla 105 ve 177.4 kg/da ile aşırı su kısıntısı uygulanan, susuz (I₀) sulama konusundan elde edilmiştir. Diğer sulama konularından saptanan dane verimleri bu iki değer arasında değişmiştir. Sulama konularından elde edilen mısır dane veriminin, anılan konularda oluşturulan su kısıntısıyla ters orantılı olarak arttığı saptanmıştır.

Tam su alan konuya göre %20, %40 ve %60 su kısıntısının uygulandığı konularda dane verimlerinde sırasıyla %4.4, %20.8 ve %29.9 oranında azalmalar gözlenmiştir. Bu

sonuçlardan, YARON (1971)'un belirttiği gibi her birim su azalışına karşılık dane azalış oranının sabit olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Araştırma yıllarında deneme parsellerinden elde edilen dane verimleri (kg/da)

1993						
Sulama Konuları						
Yineleme	I_0	I_{20}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}
1	73	530	660	812	960	873
2	105	512	720	780	901	949
3	138	480	701	718	915	1223
4	104	450	680	768	1100	961
Ort	105d	493c	690.25b	769.5b	969a	1001.5a
1994						
1	97.1	534.2	715.7	815.4	931.9	934.9
2	107.6	625.8	695.4	830.1	863.8	978.3
3	211.7	575.1	711.5	791.3	1040.1	998.8
4	293.3	597.1	740.8	837.5	950.9	1101.8
Ort.	177.4e	583.0d	715.8c	818.5b	946.7a	1003.4a
Genel Ort.	141.2	538.0	703.0	794.0	957.9	1002.5

Çizelge 4.5. Dane verimine ilişkin varyans analiz sonuçları

Yıllar	1993	1994	
V.K.	S.D.	K.O.	
Bloklar	3	2275.26	8368.82
Konular	5	448117.00**	362916.00**
Hata	15	6692.06	2564.84
LSD _(%5)		123.3	76.33

** %1 düzeyinde önemli

Mısır bitkisinin çeşitli gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanarak yürütülen denemelerden elde edilen mısır dane verimleriyle bu çalışmada belirlenen verim değerleri arasında paralellik görülmektedir (STEWART ve Ark., 1975; HANKS ve Ark., 1977; BARRETT ve SKOGERBOE, 1978; GÜNBATILI, 1979; BAYRAK, 1979; MUSICK ve DUSEK, 1980; STEGMAN, 1982; ECK, 1986; ÖĞRETİR, 1993; YILDIRIM ve Ark., 1995). RETTA ve HANKS (1980), WENDA ve HANKS (1981),

COSCULLUELA ve FACI (1992) çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemiyle suladıkları mısırdan elde ettikleri dane verimleriyle bu çalışmada elde edilen sonuçlar uyum içindedir. KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırdan tam su alan konudan 788.4 kg/da ve susuz konudan ise 226.1 kg/da dane verimi almıştır.

HOWELL ve Ark. (1994), LEPA (Low energy precision application) yöntemiyle sulanan ve azotun fertigasyon yoluyla uygulandığı koşullarda, tam sulanan konulardan 1246 ve 1550 kg/da'a varan mısır verim almışlardır. Bu alınan verim sonuçları ile Çukurova koşullarında yürütülen, benzer özelliklere sahip bu denemedeki mısır dane veriminden yaklaşık 244-548 kg/da daha fazla olduğu saptanmıştır. Buna yetiştirilen mısır çeşidi, toprak, iklim ve sulama programlarındaki farklılıklar ile fertigasyon uygulamaları neden gösterilebilir.

Varyans analizleri sonuçlarına göre deneme konuları arasında her iki yılda da dane veriminin %1 önem düzeyinde istatistiksel yönden farklı olduğu bulunmuştur. Bu nedenle dane verimindeki farklılığın hangi sulama uygulamaları arasında oluştuğunu saptamak için LSD testi yapılmıştır (Çizelge 4.5). Buna göre dane verimleri %95 güvenle 1993 yılında 4 grup; 1994 yılında ise 5 grup oluşturmuştur. Denemenin birinci yılında I₈₀ ve I₁₀₀ I.; I₄₀ ve I₆₀ II.; I₂₀ III. ve I₀'da IV. grubu meydana getirmiştir. Araştırmanın ikinci yılında ise I₈₀ ve I₁₀₀ I.; I₆₀ II.; I₄₀ III.; I₂₀ IV. ve I₀ ise V. grupta yer almıştır. Sonuçlar, uygulanan su kısıntısının belirli bir düzeyden sonra mısır dane veriminin azalmasına ve istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almasına neden olduğunu göstermiştir. Araştırma yıllarında sulamadan önce toprak profilindeki su içeriğinin solma noktasının altına düşmediği konular (Şekil 4.1) I ve II grupta; solma noktasının altına düştüğü konular ise diğer gruplarda yer almıştır. Araştırmanın ilk yılında I₄₀ konusu II. grupta yer alırken denemenin ikinci yılında sulama konularında daha erken bir dönemde su stresi oluşturulduğundan anılan konu III. grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında mısır bitkisinin toprak suyuna en fazla duyarlı olduğu Haziran ve Temmuz aylarında sırasıyla 24 ve 18 mm yağış düşmesi, su stresinin fazla olduğu konularda, birinci yıla oranla daha fazla dane verimi alınmasına neden olduğu söylenebilir.

4. 5. Dane Veriminin Sulama Suyu ve Su Tüketimi ile İlişkisi

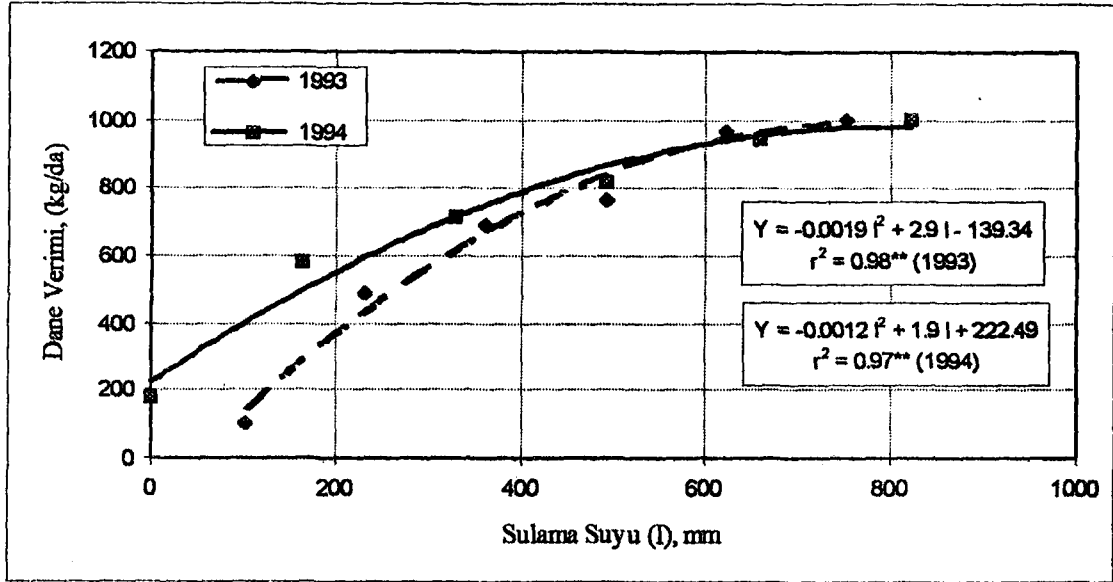
Sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve mevsimlik su tüketim değerleriyle ortalama dane verimleri arasında su-verim fonksiyonları saptanmış ve sonuçlar Şekil 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Araştırma yıllarında dane verimi ile gerek sulama suyu ve gerekse mevsimlik su tüketimi arasında %1 önem düzeyinde sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler olduğu bulunmuştur. Dane verimi (Y) ile sulama suyu (I) arasında denemenin birinci yılında $Y = - 0.0019 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2=0.98^{**}$) ve ikinci yılında ise $Y = - 0.0012 I^2 + 1.9 I + 222.49$ ($r^2=0.97^{**}$) şeklinde eşitlikler elde edilmiştir (Şekil 4.4).

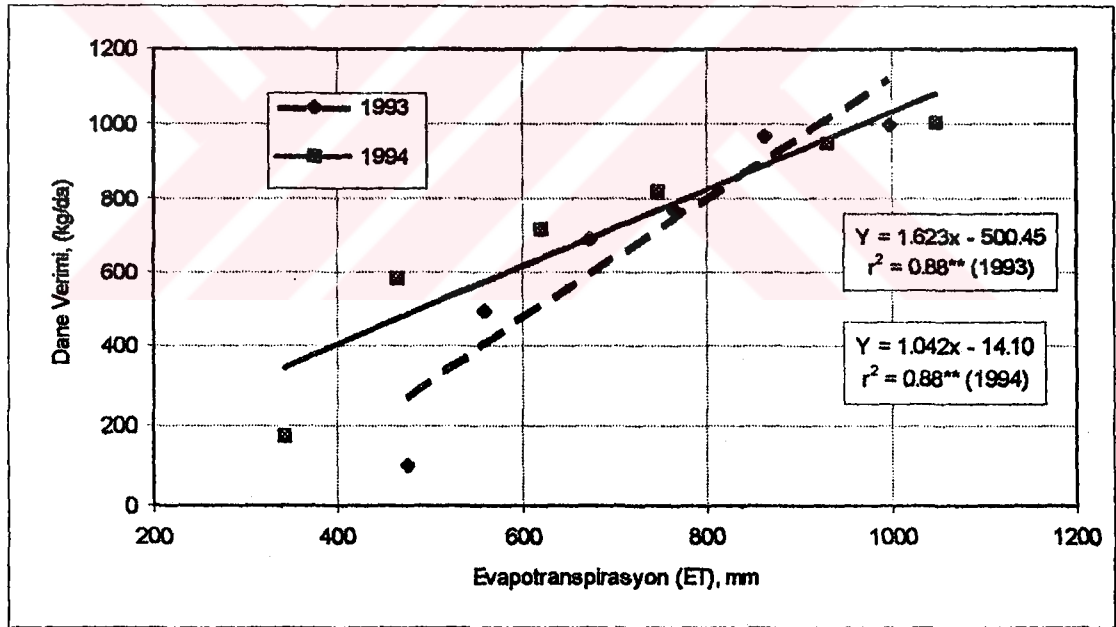
BAYRAK (1979), Bafra Ovası; OYLUKAN ve GÜNGÖR (1975), Orta Anadolu ve KÖKSAL (1995) ise Çukurova koşullarında sulama suyu ile dane verimi arasında ikinci dereceden eşitlikler belirlemiştir. Yukarıda anılan araştırmacıların saptadıkları ilişkiler ile bu çalışmada belirlenen ilişkiler arasında paralellik bulunmaktadır.

Dane verimiyle (Y) su tüketimi (ET) arasında deneme yıllarına göre sırasıyla $Y = 1.623 ET - 500.45$ ($r^2 = 0.88^{**}$) ve $Y = 1.042 ET - 14.10$ ($r^2 = 0.88^{**}$) şeklinde doğrusal su-verim fonksiyonları saptanmıştır (Şekil 4.5). Dane verimi-su tüketimi ilişkisinin eğimi, çevre koşulları ile su stresinin uygulandığı dönemlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği ECK (1986) tarafından belirtilmiştir.

KANBER ve Ark. (1990a) ile KÖKSAL (1995) Çukurova, ÖĞRETİR (1993) Eskişehir, BARRETT ve SKOGERBOE (1978) Colorado, MUSICK ve DUSEK (1980) Bushland, HANKS ve Ark. (1978) Utah, STEGMAN (1982) Oakes ve Carrington, UL (1990) Menemen, COSCULLUELA ve FACI (1992) Zaragoza koşullarında verim ile su tüketimi arasında doğrusal ilişkiler saptamışlardır. HANKS ve Ark. (1977), Utah’ta siltli-tınlı toprakta çizgi kaynaklı yağmurlama sulama ile mısır su ve tuz stresi uygulayarak; HOWELL ve Ark. (1994), Bushland’ta killi-tınlı toprakta LEPA sulama sistemini



Şekil 4.4. Dane verimi (Y) ile sulama suyu (I) ilişkisi



Şekil 4.5. Dane verimi (Y) ile evapotranspirasyon (ET) ilişkisi

kullanarak yürüttükleri denemelerde su tüketimi ile dane verimi arasında doğrusal ilişkiler elde etmişlerdir. BRAUNWORTH ve MACK (1989b), siltli-killi-tınlı toprakta doğrusal olmayan bir su-verim ilişkisi belirlemişlerdir.

Yetiştirme mevsimi boyunca su kısıntısı uniform olarak uygulandığında su tüketimi ile mısır dane verimi arasında genelde doğrusal ilişki bulunduğu belirlenmiştir (WENDA ve HANKS, 1981; STEGMAN, 1982; ABDUL-JABBAR ve Ark., 1983).

4. 6. Oransal Evapotranspirasyon Açığı (1-Eta / ETm) ile Oransal Verim Azalışı (1-Ya / Ym) İlişkisi ve Verim Tepki Etmeni (ky)

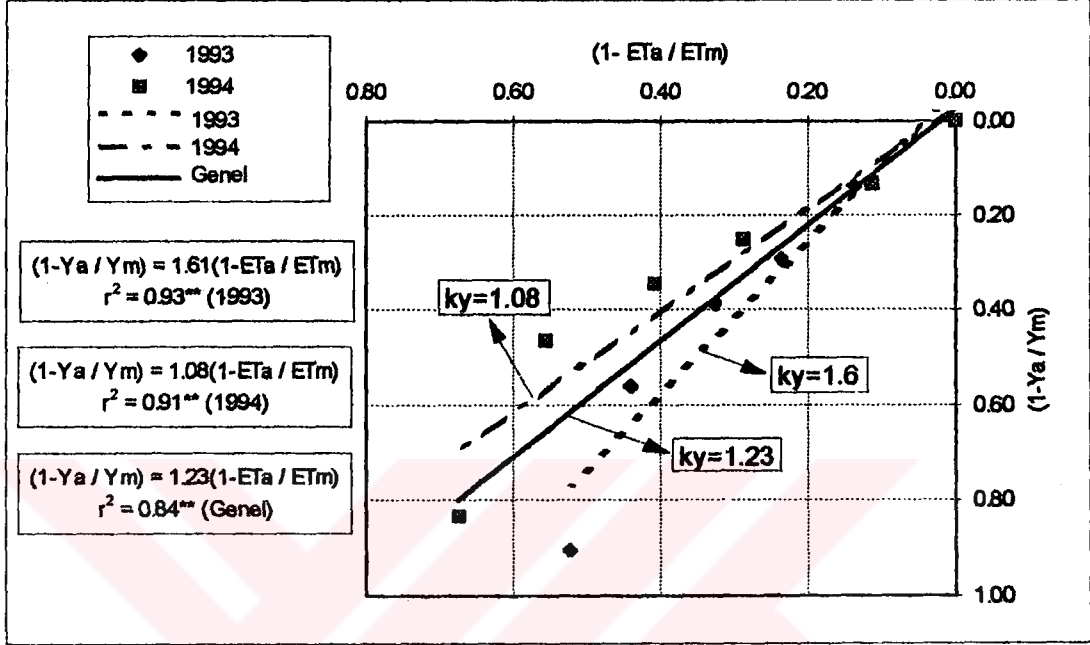
Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalım değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla deneme yıllarında saptanan su-verim ilişkileri kullanılarak, her yıl için en yüksek evapotranspirasyon miktarlarına karşılık gelen düzeltilmiş en yüksek verim değerleri saptanmıştır. Daha sonra (1-Eta / ETm) ile düzeltilmiş verim değerleri için (1-Ya / Ym) oranları belirlenmiştir.

Deneme yıllarında, (1-Eta / ETm) ile (1-Ya / Ym) arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak, toplam büyüme mevsimi için eşitlikler geliştirilmiştir. Ayrıca, iki yıllık değerler kullanarak toplam büyüme mevsimi için de regresyon ilişkisi belirlenmiştir.

Araştırmanın ilk ve ikinci yılında toplam yetiştirme mevsimi için geliştirilen verim etmeni (ky) sırasıyla 1.61 ve 1.08 olarak saptanmıştır (Şekil 4.6). İki yılın değerlerinin birleştirilmesiyle elde edilen genel ky değeri ise 1.23 olarak bulunmuştur.

Sulama planlaması açısından çok önemli ve yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki verimine etki derecesinin bir ölçüsü olan verim etmenini DOORENBOS ve KASSAM (1979) 1.25; YILDIRIM ve Ark. (1995) Ankara'da 0.94; ÖĞRETİR (1993) ise Eskişehir'de 1.017; UL (1990), Menemen Ovasında 0.86-1.06; Çukurova koşullarında KANBER ve Ark. (1990a), 0.98; KÖKSAL (1995), 0.66-1.01 olarak saptamışlardır. Anılan araştırmacıların belirledikleri verim etmenleri, bu çalışmanın ikinci yılında belirlenen değere yakın, birinci yıldaki değerden farklıdır. Verimi etmenindeki bu farklılığa, denemelerin farklı iklim ve toprak koşullarında, ayrı yıllarda ve değişik bitki

çeşitlerinde yürütülmesi, uygulanan sulama programlarının ve elde edilen verimlerin farklı olması neden olarak gösterilebilir (RETTA ve HANKS, 1980).



Şekil 4.6. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi

4. 7. Mısırın Su Kullanım Etkenliği

Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısırın sulama suyu kullanım (IWUE) ve su tüketim (WUE) etkenlikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Araştırma yıllarında en yüksek sulama suyu kullanım etkenliği (IWUE), I₂₀ konusunda 1.67- 2.43 kg/da-mm olarak belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça IWUE azalmış ve en çok su uygulanan I₁₀₀ konusunda yıllara göre sırasıyla 1.19 ve 1.00 kg/da-mm olarak saptanmıştır.

Mısırın IWUE'ni, MUSICK ve DUSEK (1980), Bushland'da, 2.44-2.7 kg/da-mm; HOWELL ve Ark. (1994), aynı bölgede yaptıkları çalışmada uygulanan sulama suyu miktarına ve yıllara göre 1.51-2.48 kg/da-mm; KÖKSAL (1995) ise II. ürün mısır için tam su alan konularda 1.614-1.478 kg/da-mm; CALDWELL ve Ark. (1994), Kansas'ta

gömülü damla sulama yöntemiyle sulanan mısır için 2.07-2.76 kg/da-mm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Denemenin ilk yılında en yüksek su kullanım etkenliği (WUE), 1.12 kg/da-mm ile I_{80} ; ikinci yıl ise I_{20} (1.25 kg/da-mm) sulama konusunda bulunmuştur. Araştırma yıllarında anılan konulardan sonra su tüketimi arttıkça WUE'da azalmıştır. Her iki yılda da %100 su kısıntısının olduğu I_0 sulama konusu dışındaki konuların WUE değerleri arasında genelde küçük farklılıklar bulunmaktadır. Sulama konuları arasında bu küçük farklılığa, mısırın yetiştirme mevsimi boyunca eşdeğer su kısıntısı uygulanması neden olabilir. Örneğin HOWELL ve Ark. (1994), Bushland'da mısıra eşdeğer su kısıntısı uygulayarak yürüttüğü çalışmada su kısıntısı fazla olmadığı konuların WUE'larının birbirine yakın olduğunu bulmuşlardır. Buna karşılık ÖĞRETİR (1993) ise su kısıntısının yapıldığı döneme bağlı olarak WUE'nın değiştiğini saptamıştır.

Çizelge 4.6. Sulama konularına ve yıllara göre mısırın sulama suyu (IWUE) su kullanım (WUE) randımanları

Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	IWUE (kg/da-mm)	WUE (kg/da-mm)
1993				
I_0	102	476	1.03	0.22
I_{20}	232	559	1.67	0.88
I_{40}	362	672	1.62	1.03
I_{60}	492	764	1.35	1.01
I_{80}	622	863	1.39	1.12
I_{100}	752	999	1.19	1.00
1994				
I_0	0	343	0.00	0.52
I_{20}	167	465	2.43	1.25
I_{40}	329	621	1.64	1.15
I_{60}	494	747	1.30	1.10
I_{80}	656	931	1.17	1.02
I_{100}	823	1052	1.00	0.96

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi WUE, IWUE değerlerinden daha küçük çıkmıştır. Bu farklılığa, topraktan kaldırılan nem miktarı neden olarak gösterilebilir (BRAUNWORTH ve MACK 1989b).

MUSICK ve DUSEK (1980) Bushland'da, WUE'nı yeterli sulama suyunun uygulandığı koşullarda 1.25-1.46 kg/da-mm; HOWELL ve Ark. (1994), aynı bölgede yaptıkları çalışmada uygulanan sulama suyu miktarı ve yıllara göre 0.89-1.48 kg/da-mm; KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında ikinci ürün mısır için tam sulanan konuların 1.203-1.207 kg/da-mm; KANBER ve Ark. (1990a), mısırın farklı gelişim dönemlerinde su kısıntısı uygulayarak yürüttükleri çalışmada 0.441-1.780 kg/da-mm; UL (1992), Menemen ovasında 1.125-1.169 kg/da-mm; BRAUNWORTH ve MACK (1989b), Oregon koşullarında tatlı mısırdaki yürüttükleri çalışmada 6.44-6.80 kg/da-mm; ÖĞRETİR (1993), Eskişehir koşullarında 1.43-1.83 kg/da-mm; CALDWELL ve Ark. (1994), Kansas'ta gömülü damla sulama yöntemiyle suladıkları mısırın WUE'nı 1.34-1.93 kg/da-mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. STEWART (1975), Davis'te en yüksek WUE'nı 1.7 kg/da-mm olarak; RHOADS ve BENNETT (1990)'ın HOOK (1985)'dan bildirdiğine göre, mevsimlik ET'un düşük olduğu bölgelerde (USA'nin güneyinde) WUE'nın 3 kg/da-mm değerine dek yükseldiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada saptanan WUE değerleri yukarıda belirtilen araştırmacıların saptadıkları sonuçlar arasında farklılıklar görülmektedir. WUE'nın daha düşük olmasını RHOADS ve BENNETT (1990) şöyle açıklamışlardır; maksimum mısır veriminin yarı-kurak bölgelerden kurak bölgelere doğru gidildikçe oransal olarak az, buna karşılık mevsimlik ET'nin ise daha fazla değiştiğini ve bunun sonucunda da WUE'nın denemenin yürütüldüğü çevre koşullarına göre yükseleceğini veya düşeceğini belirtmişlerdir.

4.8. Dane Ağırlığı

Araştırmada sulama konularında saptanan ortalama teksel dane ağırlıkları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Anılan çizelgedeki değerlerin varyans analizi yapılmış ve sonuçta sulama konularından elde edilen teksel dane ağırlıklarının %99 güvenle farklı oldukları

saptanmıştır (Çizelge 4.8). Anılan çizelgede görüldüğü gibi denemenin her iki yılında da I_{80} ile I_{100} konuları aynı gruba, diğerleri de ayrı ayrı birer farklı gruba oluşturmuşlardır. Araştırma yıllarında aynı sulama konularında, benzer dane ağırlıkları belirlenmiştir. En yüksek dane ağırlığı, su kısıntısının olmadığı I_{100} konusunda (321.36-332.76 mg/adet) ve en küçük dane ağırlığı ise su su kısıntısının en fazla olduğu I_0 (134.41-161.69 mg/adet) konusunda elde edilmiştir. Buna göre mısırın yetiştirme mevsimi boyunca eşdeğer uygulanan su stresi arttıkça teksele dane ağırlığı azalmıştır.

Çizelge 4.7. Sulama konularında saptanan ortalama teksele dane ağırlıkları (mg/adet)

1993						
Sulama Konuları						
Yineleme	I_0	I_{20}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}
1	207.63	276.11	283.79	286.90	316.00	327.70
2	184.19	183.58	224.79	338.72	353.26	278.45
3	179.79	145.04	276.63	286.43	295.76	355.72
4	75.18	165.56	239.71	293.06	353.83	369.18
Ort.	161.69d	192.58cd	256.23bc	301.28ab	329.71a	332.76a
1994						
1	98.87	131.75	210.85	272.95	375.44	321.93
2	161.33	203.36	248.77	282.10	265.28	278.50
3	108.85	201.39	195.13	215.93	299.87	328.59
4	168.59	130.98	251.62	345.93	302.86	356.42
Ort.	134.41d	166.87cd	226.59bc	279.23ab	310.86a	321.36a

Çizelge 4.8. Sulama konularında saptanan dane ağırlıklarına (mg/adet) ilişkin varyans analiz sonuçları

Yıllar		1993	1994
V.K.	S.D.	K.O.	
Bloklar	3	1262.98	1249.40
Konular	5	20839.00**	23884.60**
Hata	15	1888.435	1701.15
LSD(α)		65.50	62.16

** %1 düzeyinde önemli

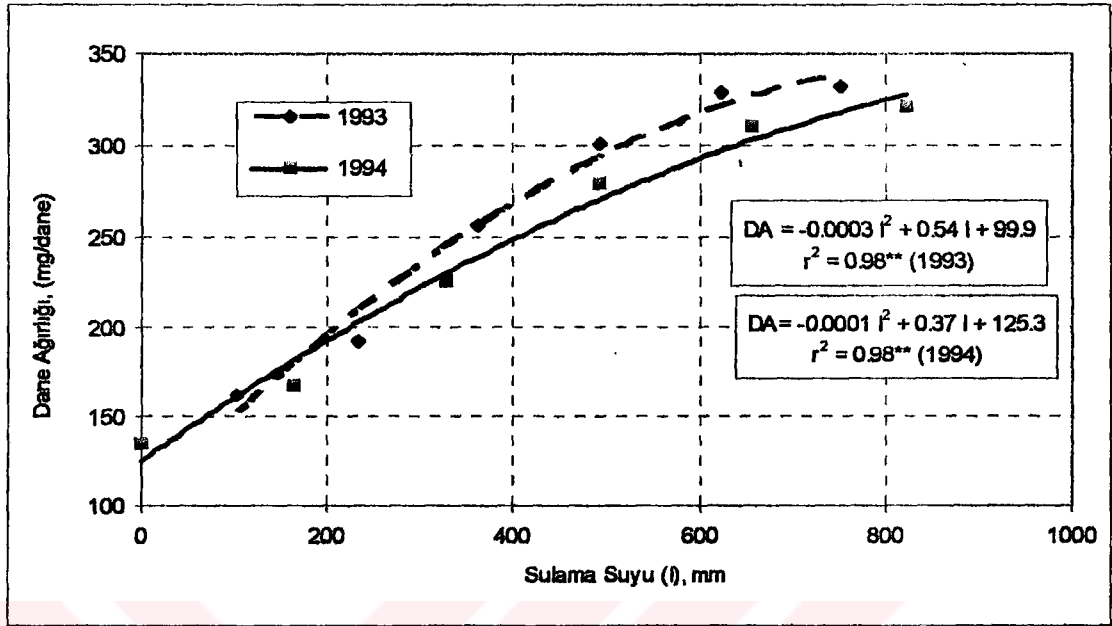
YILDIZ ve GENÇ (1990), Çukurova koşullarında farklı mısır çeşitlerinde ve sıklığında yürüttükleri denemede, dane ağırlığının 264.7-307.3 mg/adet; ÜLGER ve Ark. (1993), ise aynı bölgede farklı azot ve Mixtalol miktarlarında dane ağırlığını 287.2-316.5 mg/adet; HOWELL ve Ark. (1994)'da farklı su stresi koşullarında 193-330 mg/adet arasında değiştiğini belirlemişlerdir. ECK (1986), farklı su stresinin uygulandığı konularda dane ağırlığının 221 ile 281 mg/adet arasında değiştiğini; su stresinin vejetatif dönemde uygulanması durumunda, dane ağırlığına çok az etkisi olduğunu, dane dolum döneminde ise azalttığını saptamıştır. UL (1990), Menemen koşullarında dane ağırlığının 223.5-283.8 mg/adet arasında değiştiğini belirlemiştir. Anılan araştırmacı dane ağırlığını, dane bağlama aşamasında yapılan sulamaların artırıcı yönde olduğunu saptamıştır. Aynı araştırmacı dane bağlama aşaması öncesinde su kısıntısının koçandaki dane sayısını azalttığını, bu aşamada yapılan sulamaların ise dane ağırlığını arttırdığını gözlemiştir.

Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere mısır dane ağırlığı, bitki ekim sıklığına, uygulanan azot dozlarına, su kısıntısı ve bunun uygulandığı döneme bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, anılan araştırmacıların sonuçları ile bu çalışmada belirlenen değerler genelde uyum içerisindedir.

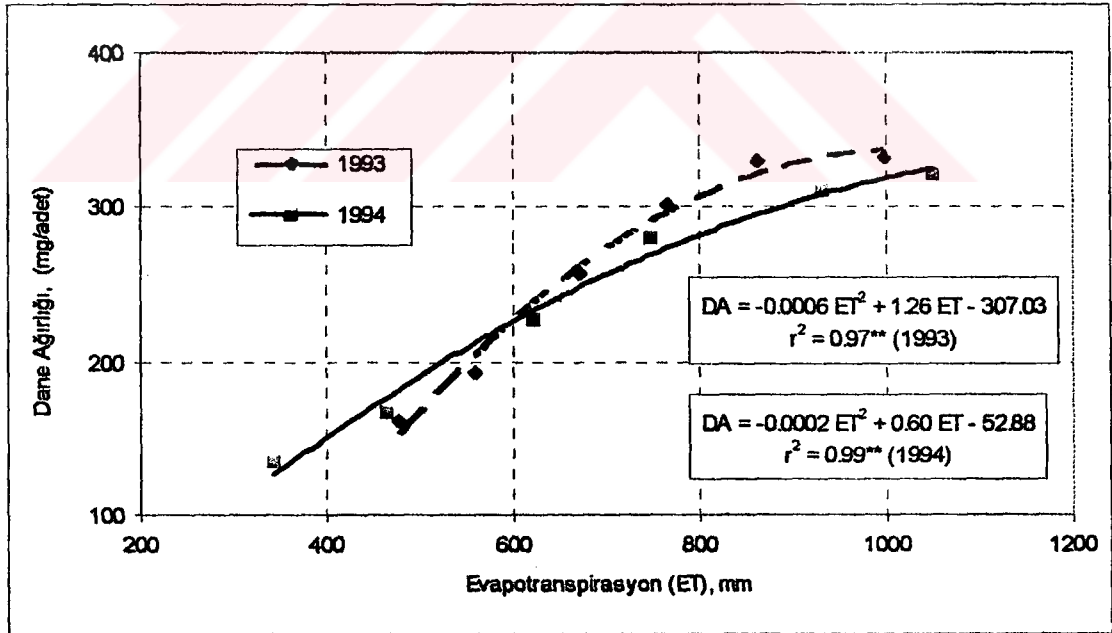
4.8.1. Dane Ağırlığı ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi

Sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve anılan konulara ilişkin su tüketimleriyle (ET) dane ağırlıkları arasında belirlenen ilişkiler sırasıyla Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Anılan şekillerde görüldüğü gibi, gerek sulama suyu-dane ağırlığı ve gerekse su tüketimi-dane ağırlığı arasında %1 düzeyinde önemli ikinci dereceden ilişkiler bulunmuştur.

FRENKEL ve Ark. (1990), İsrail'de yürütülen denemede, evapotranspirasyon ile dane ağırlığı; KANBER ve Ark. (1990a), Çukurova koşullarında sulama suyu ile dane ağırlığı arasında deneme yıllarında doğrusal ilişkiler belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise ilişkilerin eğrisel olmasına; dane ağırlığının sulama suyu ve su tüketimiyle I_{80} konusuna kadar artması, anılan konudan sonra sulama suyu ve su tüketiminin artmasına karşın dane ağırlığında fazla bir değişme olmaması neden gösterilebilir.



Şekil 4.7. Sulama suyu (I) ile dane ağırlığı (DA) ilişkisi



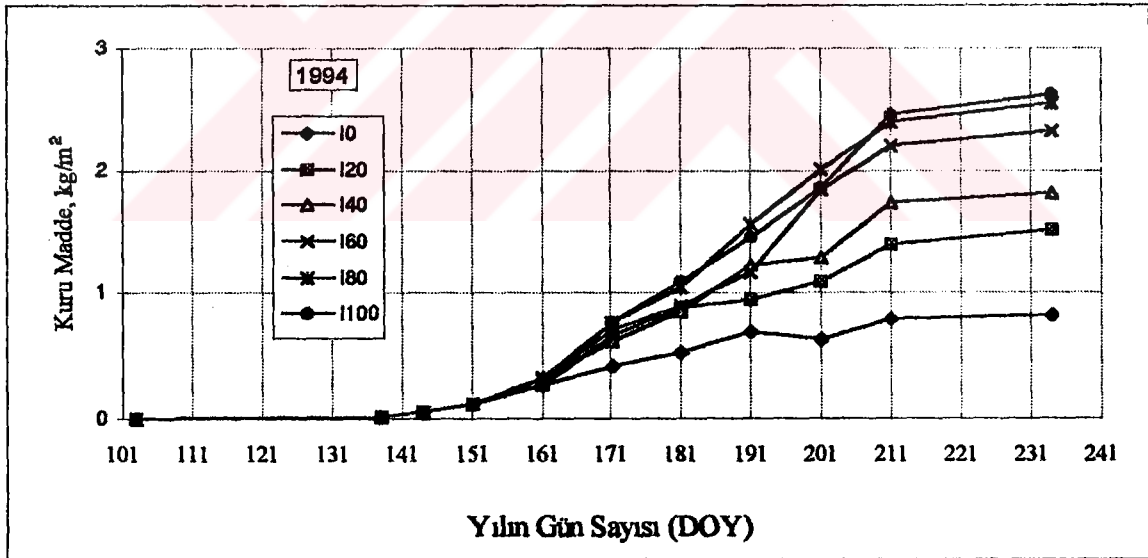
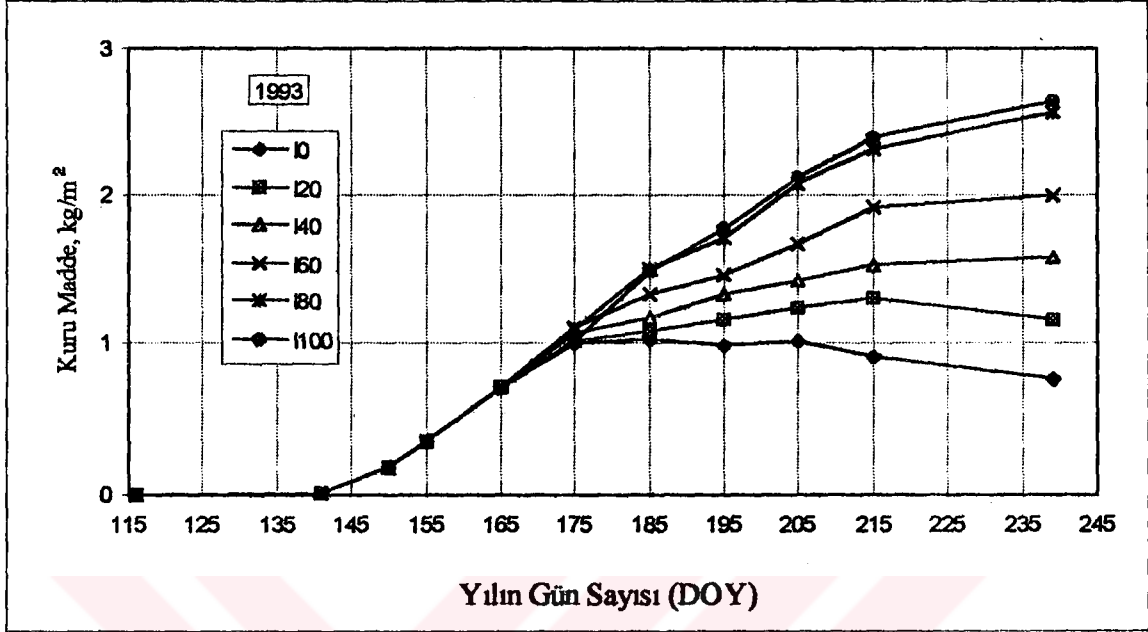
Şekil 4.8. Su tüketimi (ET) ile dane ağırlığı (DA) ilişkisi

4.9. Kuru Madde Verimi

Araştırma yıllarında yetiştirme mevsimi boyunca deneme konularında belirlenen toprak üstü kuru madde miktarlarının zamana göre gelişimleri Ek Çizelge 3 ile 4'de verilmiş ve bu değerlerin grafiği de Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Anılan şekil incelendiğinde sulama programı gereği oluşturulan su kısıntısının kuru madde miktarına etkisi ikinci sulamadan sonra görülmeye başlanılmıştır. İkinci sulamadan sonra sulama konularında oluşturulan kısıntının düzeyine göre sulama konularından elde edilen kuru madde miktarları arasındaki fark giderek artmıştır. Denemenin birinci yılında I_0 sulama konusundaki kuru madde miktarı ikinci sulamaya dek artmış, beşinci sulamaya dek sabit kalmış ve sonra giderek azalmıştır. İkinci yılda ise denemenin başlangıcından sonuna kadar çok az miktarlarda artış göstererek yükselmiştir. Araştırmanın her iki yılında da kuru madde artış hızı I_0 sulama konusunda düşük, I_{20} ve I_{40} konularında artmış, I_{60} , I_{80} ve I_{100} sulama konularında ise daha da yükselmiştir. Denemenin her iki yılında da son sulamadan sonra I_{60} , I_{80} ve I_{100} sulama konularındaki kuru madde miktarlarında bir miktar daha artış gözlenmiş ve diğer sulama konularında ise fazla bir değişiklik olmamıştır.

Konulara göre hasattaki kuru madde miktarları Çizelge 4.9'da ve anılan değerlerin varyans analizi de Çizelge 4.10'da verilmiştir. Deneme yıllarında sulama konularında belirlenen hasattaki kuru madde %99 güvenle istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur. Bu nedenle, sulama konuları %5 düzeyinde yapılan LSD testine göre 1993 ve 1994 yılında 5 grup oluşturmuştur. Örneğin, denemenin ilk yılında su kısıntısının az olduğu veya olmadığı I_{80} ve I_{100} sulama konularından elde edilen kuru madde I.; ikinci yılda ise I_{80} ve I_{100} ayrı birer grubu oluşturmuşlardır. İkinci yılda I_{80} ve I_{100} konularının kuru madde bakımından ayrı birer grubu oluşturmalarına ilk suda eşit uygulama yapılmaması neden gösterilebilir. Araştırmanın ilk yılında su kısıntısının en fazla olduğu I_0 konusu V.; ikinci yılda ise I_0 ve I_{20} V. grupta toplanmıştır. Sulama konularında oluşturulan farklı düzeydeki su kısıntısı kuru maddenin farklı gruplarda yer almasına neden olmuştur.



Şekil 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularındaki kuru maddenin zamana göre gelişimi

Yetiştirme mevsimi boyunca, sulama konularındaki bitki su stresi, I_{100} sulama konusundan I_0 sulama konusuna doğru gidildikçe artmış buna bağlı olarak da kuru madde veriminde bir azalma olmuştur.

Çizelge 4.9 incelendiğinde 1993 yılında sulama konularında kuru madde miktarı $0.76-2.64 \text{ kg/m}^2$; 1994 yılında ise $0.72-2.90 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmiştir. Her iki yılda da kuru madde miktarları benzer bulunmuştur. HOWELL ve Ark. (1994), kuru madde miktarını, tam sulama yapılan konuda $1.986-2.232 \text{ kg/m}^2$; susuz konuda ise $0.934-0.830 \text{ kg/m}^2$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. RETTA ve HANKS (1980) kuru madde verimini, susuz konularda 0.652 kg/m^2 , tam sulanan konularda ise 2.063 kg/m^2 olarak saptamışlardır. CARBERRY ve Ark. (1989), kuru madde veriminin $0.652-17.753 \text{ kg/m}^2$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Anılan çalışmalardan görüldüğü gibi susuz koşullarda elde edilen kuru madde veriminin bu çalışmada elde edilen değerlere yakın, sulu koşullarda ise daha küçük olduğu belirlenmiştir. TTM-815 mısır çeşidinin dane verimi yanında silajlık olması nedeniyle kuru madde miktarı fazla çıkmış olabilir (TİGEM, 1994).

Çizelge 4.9. Sulama konularından elde edilen kuru madde miktarları (kg/m^2)

Sulama Konuları						
1993						
Yineleme	I_0	I_{20}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}
1	0.55	0.83	1.43	2.1	2.3	2.75
2	0.9	1.1	1.65	2.04	2.66	2.36
3	0.72	1.22	1.97	2.24	2.86	2.55
4	0.87	1.46	1.25	1.6	2.4	2.88
Ort.	0.76e	1.15d	1.58c	1.99b	2.56a	2.64a
1994						
1	0.36	1.25	2.10	1.81	2.51	2.92
2	0.60	1.24	0.98	2.45	2.65	3.23
3	1.00	1.26	1.70	1.80	3.15	2.13
4	0.94	0.90	1.55	2.08	2.28	3.30
Ort.	0.72e	1.16de	1.58cd	2.03bc	2.65ab	2.90a

Çizelge 4.10. Sulama konularındaki kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analizi

Yıllar		1993	1994
V.K.	S.D.	K.O.	
Bloklar	3	0.0745	0.0011500
Konular	5	2.283**	2.85793**
Hata	15	0.0817	0.170000
LSD(%5)		0.3745	0.6214

** %1 düzeyinde önemli

Deneme yıllarında sulama konularında mısır bitkisi sap kuru madde yığılmasının zamana göre gelişimi Ek Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Anılan çizelgelerden görüldüğü gibi tepe püskülü çıkışından sonraki 1-2 hafta içinde sap kuru madde miktarı giderek azalmıştır. Sap kuru madde miktarındaki bu azalmaya, saptan koçana olan kuru madde hareketinin neden olduğu söylenebilir (ECK, 1986).

Hasattaki sap ağırlıkları 1993 ve 1994 yıllarında %100 su kısıntısının olduğu I_0 konusunda sırasıyla 0.493-0.360 kg/m² ile en düşük; su kısıntısı azaldıkça anılan değerler artmış ve kısıntı olmayan I_{100} konusunda sırasıyla 1.102-1.250 kg/m² ile en yüksek değerlere ulaşmıştır. ECK (1986), sap kuru madde miktarını farklı su kısıntısı koşullarında 0.24-0.37 kg/m² arasında değiştiğini gözlemiştir. Su kısıntısının sap ağırlığına önemli etkisi olduğu belirlenmiştir.

Sulama konularına göre deneme yıllarında yaprak kuru maddesi yığılması Ek Çizelge 7 ve 8'de verilmiştir. Anılan çizelgelerde, hasattaki yaprak ağırlığı I_0 konusunda sırasıyla 0.075 ve 0.220 kg/m²; I_{100} konusunda sırasıyla 0.293 ve 0.400 kg/m² olduğu belirlenmiştir. Diğer sulama konularında belirlenen yaprak ağırlıkları anılan iki yılın değerleri arasında değişmiştir. Yaprak ağırlığı su kısıntısının fazla olduğu konularda daha az ve su kısıntısının az olduğu konularda ise daha fazla olduğu saptanmıştır.

ECK (1986), farklı sulama düzeylerinde yaprak kuru ağırlığının 0.28-0.39 kg/m² arasında değiştiğini saptamıştır. Anılan araştırmacının gözlediği sonuçlar ile bu çalışmada saptanan sonuçlar arasında benzerlik bulunmaktadır.

Mısır bitkisi, denemenin 1. yılında 14.7.1993 (DOY 195), 2. yılında ise 10.7.1994 (DOY 191) tarihinden itibaren (tepe püskülü koçan püskülü çıktıktan yaklaşık 2 hafta sonra) dane bağlamaya ve gelişmeye başlamıştır (Ek Çizelge 9 ve 10). Bitki dane bağlamaya başladıktan yaklaşık 43-44 gün sonra daneler gelişerek en yüksek ağırlığa ulaşmıştır. Araştırmanın her iki yılında dane ağırlığı, I₀ sulama konusunda sırasıyla 0.192 ve 0.140 kg/m²; I₁₀₀ konusunda ise sırasıyla 1.002 ve 1.250 kg/m² olarak saptanmıştır. Deneme yıllarında, su kısıntısına bağlı olarak I₈₀ konusundan I₂₀ konusuna doğru giderek azalan oranda dane verimi elde edilmiştir.

ECK (1986), mısırın ekiminden itibaren 41 günlük süre içerisinde yapılan su kısıntısının yaprak, gövde ve koçan kuru madde miktarını azalttığını, 55 günlük süre içerisinde yaprak kuru ağırlığını azaltmadığını, 100 günlük dönemde yapılan kısıntının ise gövde kuru madde miktarını azalttığını belirlemiştir. STEGMAN (1982) mısırın aşırı su stresine duyarlı olduğu dönemlerin tozlanma ve dane oluşum dönemleri olduğunu gözlemiştir.

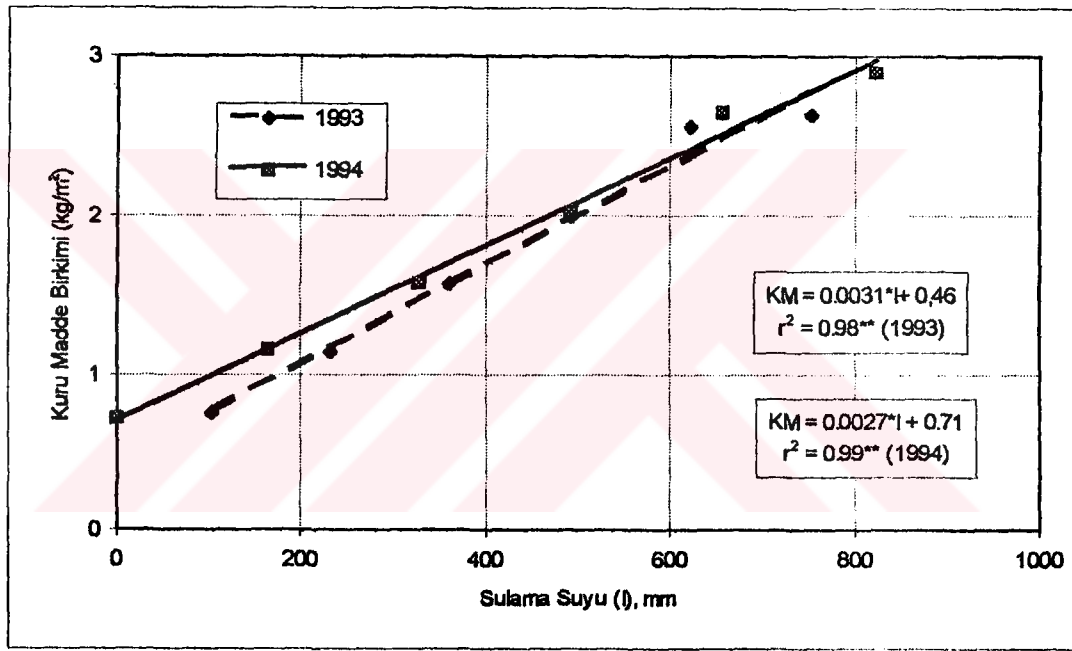
Bu çalışmada yukarıdaki araştırmacıların bulgularını da dikkate alarak ilk sulamadan itibaren uygulanan eşdeğer su kısıntısının sap, yaprak ve dane kuru madde ağırlığının azalmasına neden olduğu söylenebilir.

4. 9.1. Kuru Madde Verimi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkileri

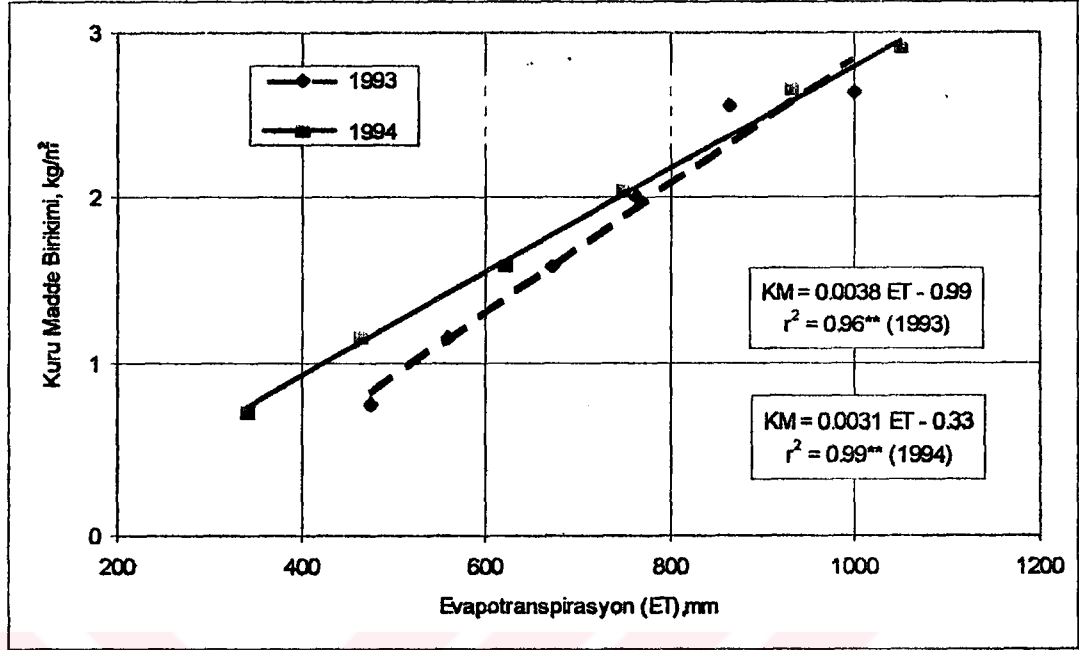
Deneme konularına uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarları ve su tüketimleri ile kuru madde arasında denemenin ilk ve ikinci yılı için ayrı ayrı doğrusal eşitlikler belirlenmiştir (Şekil 4.10 ve 4.11). Kuru madde ile sulama suyu arasındaki ilişkiler incelendiğinde eğimlerin 0.0027 ile 0.0031; arakesit değerlerinin ise 0.46 ile 0.71 arasında değiştiği bulunmuştur. Kuru madde ile su tüketimi arasındaki eşitliklerin eğimleri 0.0031 ile 0.0038; arakesitleri ise 0.33 ile 0.99 olarak saptanmıştır. Kuru maddenin,

sulama suyu ve su tüketim ilişkilerinde, kendi içlerinde eğimleri arasında fazla bir farklılık olmazken arakesitleri arasında farklılık bulunmuştur. Bu farklılığa, kıştan kalan suyun, yağışın ve sulama programlarındaki değişmelerin etken olduğu söylenebilir.

Araştırmanın her iki yılında da kuru madde miktarı ile gerek sulama suyu ve gerekse su tüketimi arasında belirleme katsayıları yüksek, benzer doğrusal eşitlikler saptanmıştır. HANKS ve Ark. (1977), HANKS ve Ark. (1978), BARRETT ve SKOGERBOE (1978), COSCULLUELA ve FACI (1992) farklı yerlerde yaptıkları çalışmalarda kuru madde miktarı su tüketimi arasında doğrusal ilişkiler bulmuşlardır.



Şekil 4.10. Kuru madde miktarı (KM) - sulama suyu ilişkisi



Şekil 4.11. Kuru madde miktarı (KM) ile su tüketimi ilişkisi

4.10. Hasat İndeksi (HI)

Sulama konularında, dane veriminin toprak üstü kuru maddeye oranı olarak bilinen hasat indeksleri (HI) belirlenerek Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Denemenin ilk yılında HI, anılan çizelgeden görüleceği gibi I_0 sulama konusunda ortalama 0.25 ile en düşük, I_{60} sulama konusu düzeyine kadar uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yükselmiş, I_{80} konusunda sabit kalmış ve I_{100} konusunda da yeniden azalmıştır. HI değerleri denemenin ikinci yılında ise ilk yılında olduğu gibi benzer bir dağılım göstermiştir. Denemenin ikinci yılındaki ortalama HI’nin, birinci yılındaki ortalama hasat indeksine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Su kısıntısı I_{60} sulama düzeyine dek yapıldığında HI artmış ve ortalama en yüksek değeri olan 0.45 ile 0.48’e kadar yükselmiştir. Buradan I_{60} sulama düzeyine dek dane verimi ile kuru madde miktarının orantılı olduğu, anılan konudan sonra bu orantının kuru madde lehine bozulduğu gözlenmiştir.

HOWELL ve Ark. (1994), Bushland'ta yaptıkları çalışmada, HI'nin 0.337-0.578 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. DELOUGHERY ve CROOKSTON (1979), farklı çevre koşullarında ortalama HI'nin 0.32 olduğunu, ancak maksimum HI'ni ise 0.50 olarak gözlemişlerdir. LORENS ve Ark. (1987), Florida'nın kuzeyinde ise 0.45-0.48 arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen hasat indeksi değerleri ile anılan araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan gözlediği değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

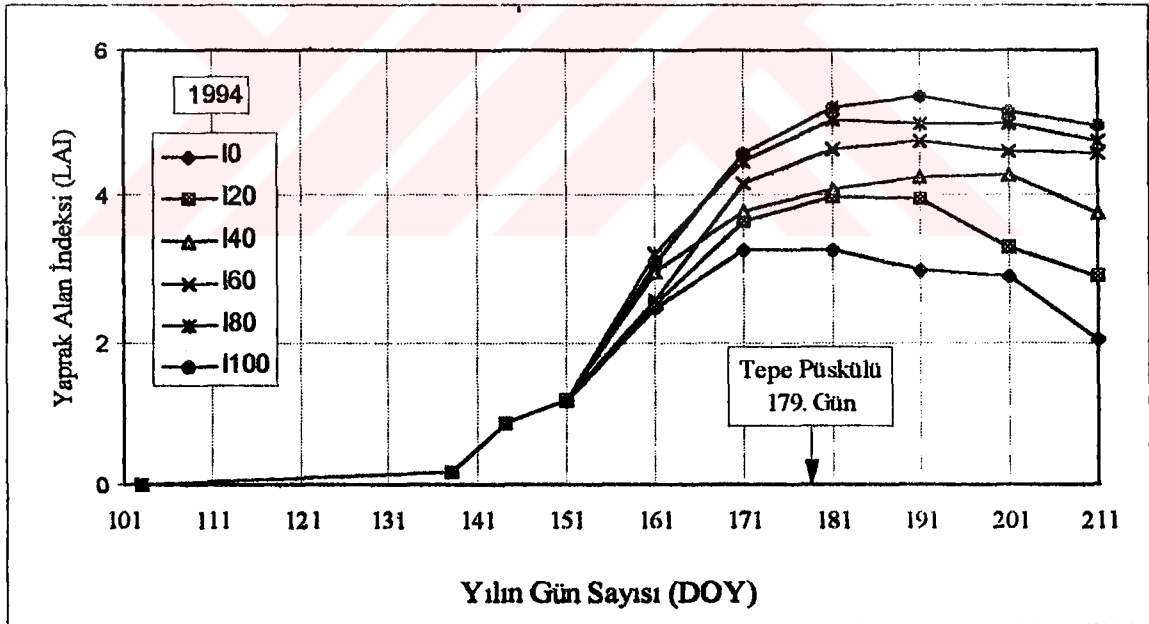
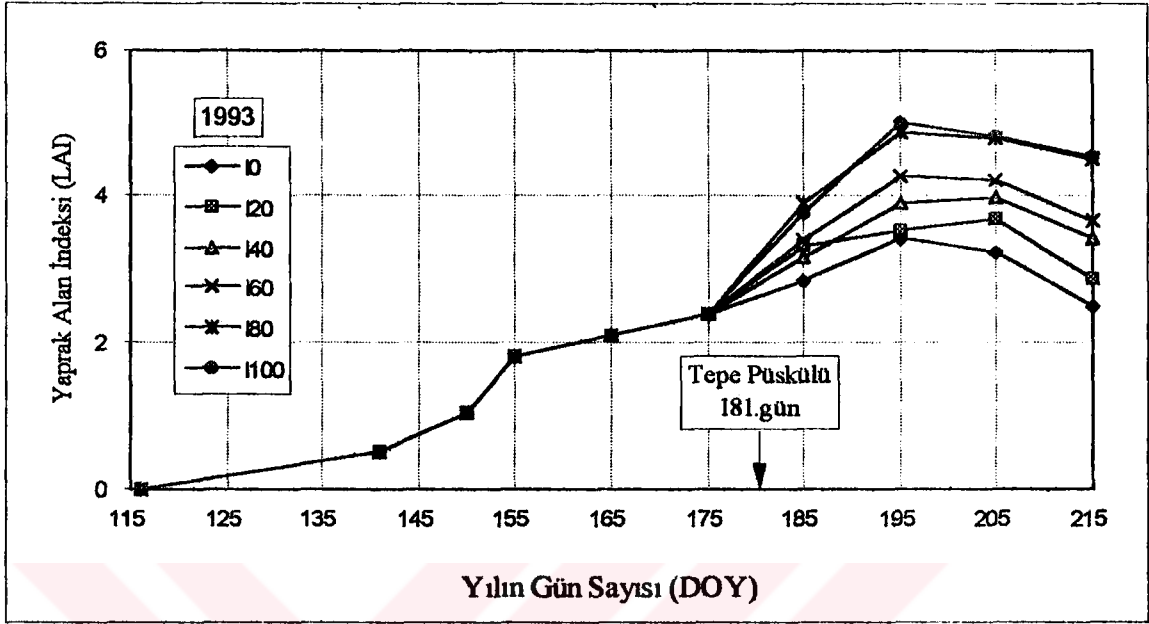
Çizelge 4.11. Araştırma yıllarında sulama konularında belirlenen hasat indeksleri

Sulama Konuları						
LSD _(%5) =0.094						
1993						
Yineleme	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
1	0.26	0.33	0.4	0.44	0.5	0.48
2	0.29	0.48	0.53	0.43	0.46	0.39
3	0.21	0.5	0.46	0.56	0.52	0.46
4	0.24	0.33	0.49	0.49	0.44	0.55
Ort	0.25b	0.41a	0.47a	0.48a	0.48a	0.47a
LSD _(%5) =0.1301						
1994						
1	0.19	0.16	0.32	0.48	0.58	0.48
2	0.20	0.25	0.44	0.35	0.35	0.37
3	0.26	0.37	0.23	0.58	0.44	0.40
4	0.16	0.23	0.42	0.40	0.45	0.46
Ort.	0.20c	0.25bc	0.35ab	0.45a	0.45a	0.43a

4.11. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Araştırma yıllarında sulama konularına göre belirlenen yaprak alan indeksi (LAI) verilerinin zamana göre gelişimi Ek Çizelge 11 ve 12'de, bu değerlere ilişkin grafik de Şekil 4.12'de verilmiştir.

Anılan şekil incelendiğinde, tüm sulama konularında LAI'i, tepe püskülü çıkarma döneminden 10-14 gün sonraya dek artmış ve daha sonra giderek azalmıştır. HOWELL ve Ark. (1994)'da LAI'in tepe püskülü çıkarma dönemine kadar arttığını ve sonra giderek azaldığını gözlemişlerdir. Araştırma yıllarında LAI, su kısıntısının olmadığı I₁₀₀



Şekil 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin LAI'nin zamana göre gelişimi

sulama konusundan su kısıntısının en fazla olduğu I_0 sulama konusuna doğru gidildikçe azalmıştır. Denemenin birinci ve ikinci yılında en yüksek LAI, sırasıyla 14.7.1993 (DOY 195) ve 10.7.1994 (DOY 191) tarihlerinde saptanmıştır. Anılan dönemde LAI, I_0 konusunda yıllara göre sırasıyla 3.43 ve 3.0; I_{100} konusunda sırasıyla 5.03 ve 5.35 olarak belirlenmiş ve diğer konulara ilişkin LAI'leri ise bu değerler arasında değişmiştir. Deneme yıllarında belirlenen LAI'nin benzer olduğu bulunmuştur.

DALE ve Ark. (1980), optimum koşullarda gelişen mısır bitkisinin maksimum LAI'nin 3-5; HOWELL ve Ark. (1994) su stresinin uygulanmadığı koşullarda ise 4 ile 5.5 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Anılan araştırmacıların belirledikleri en yüksek LAI ile bu çalışmada belirlenen sonuçlar birbirine yakındır. ALESSI ve POWER, (1975) mısır bitkisinde yaprak alanı en yüksek değere ulaştıktan sonra olası bir su stresinin yaprakların sararmasına neden olacağını ve yüksek verimi alabilmek için de fotosentez kapasitesini maksimum yapan yaprak alanının sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, mısırın LAI, 3.5'e yükselene dek ışık tutma oranının arttığı da belirlenmiştir (EIK ve HANWAY, 1966).

Araştırmanın birinci yılında, 3.8.1993 (DOY 215, son sulamada) tarihinde I_0 konusunun LAI'i 2.50, I_{100} konusunda ise 4.55 olarak saptanmıştır. I_{20} sulama konusundan I_{40} , I_{60} ve I_{80} sulama konularına doğru uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça, diğer bir deyişle su kısıntısı azaldıkça, LAI de artmış ve yukarıda anılan değerler arasında değiştiği gözlenmiştir. Denemenin ikinci yılında son sulama tarihinde belirlenen LAI, birinci yıldaki değerlere benzer bulunmuştur.

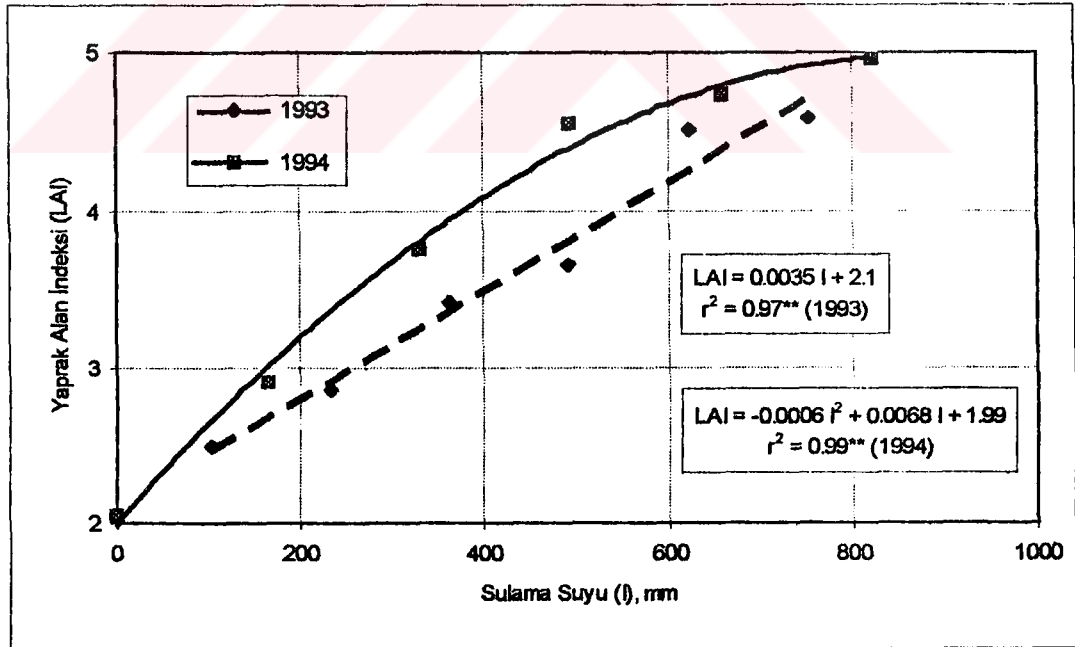
KÖKSAL (1995) LAI'ni tam su alan konuda 4.84, susuz konuda ise 3.80 olduğunu saptamıştır. ÖĞRETİR (1993), LAI'ni su kısıntısı olmayan konuda 2.59 ve susuz konuda ise 1.17 olarak belirlemiştir. Anılan değerler, bu çalışmada elde edilen LAI değerlerinden oldukça küçük bulunmuştur. RETTA ve Ark. (1991) yaptıkları çalışmada, kuru koşullarda en yüksek LAI'ni yaklaşık 3.1 ve sulu koşullarda ise 4 olarak belirlemişlerdir. COSCULLUELA ve FACI (1992), LAI'ini sulu konuda 3.54 ve susuz konuda ise 2.42 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada su stresinin olmadığı konuda

belirlenen LAI'nin, yukarıda anılan araştırmacıların belirledikleri LAI değerlerinden büyük olduğu bulunmuştur.

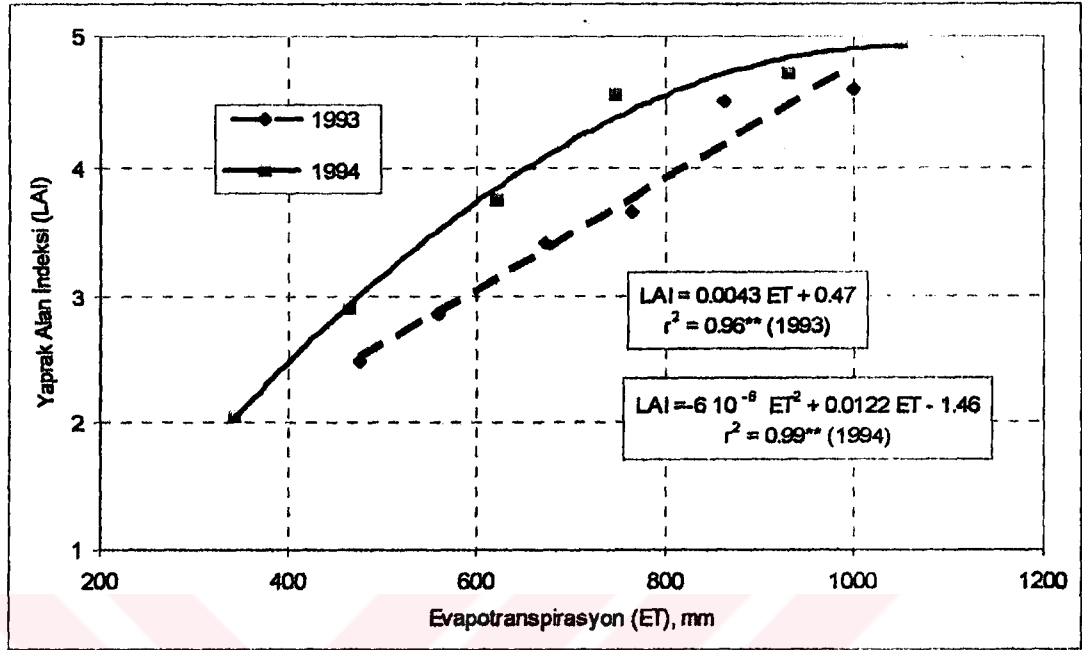
Görüldüğü gibi LAI, araştırmanın yürütüldüğü koşullara, su stresine ve bitki çeşitlerine göre değişiklik göstermektedir.

4.11.1. Yaprak Alan İndeksi ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi

Deneme yıllarında sulama konularında belirlenen LAI değerleri ile anılan konulara uygulanan sulama suyu (I) ve su tüketim miktarları arasında regresyon analizleri yapılmış ve %1 düzeyinde istatistiksel yönden önemli ilişkiler elde edilmiştir (şekil 4.13 ve 4.14). Anılan şekilde görüldüğü gibi denemenin ilk yılındaki eşitlikler doğrusal, ikinci yılındakiler ise eğriseldir. Denemenin ikinci yılında mısır bitkisinde daha erken bir dönemde su stresi oluşturmak için başlangıçta eşit su uygulanmadığından I₀ sulama konusunda belirlenen LAI değerleri daha küçük çıkmıştır. Bunun sonucunda çalışmanın ikinci yılında LAI, hem sulama suyu ile hem de su tüketimi ile ikinci dereceden ilişki oluşturmasına neden olmuştur.



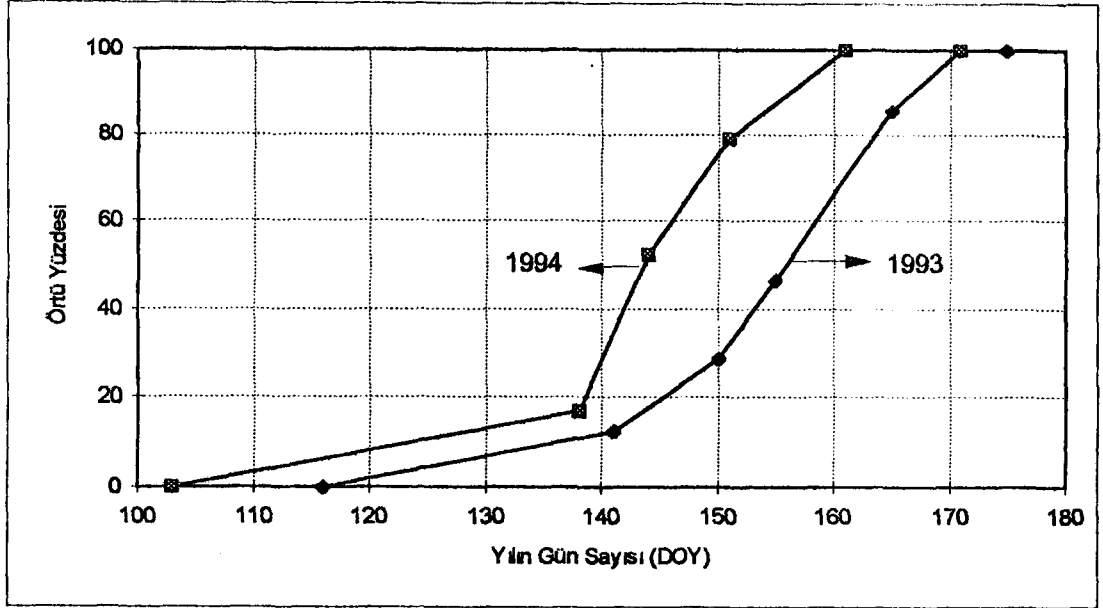
şekil 4.13. Yaprak alan indeksi (LAI) - sulama suyu (I) ilişkisi



Şekil 4.14. Yaprak alan indeksi (LAI) - su tüketimi (ET) ilişkisi

4.12. Örtü Yüzdesi

Araştırma yıllarında ölçülen mısır bitkisi taç genişliğinden yararlanarak örtü yüzdesi belirlenmiş ve zamana göre gelişimi Ek Çizelge 13 ile 14'de ve anılan değerlerin grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir. Söz konusu şekilden ve çizelgeden görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü 1993 ve 1994 yıllarında sırasıyla 20.6.1993 (DOY 171, ekimden 55 gün sonra) ve 10.6.1994 (DOY 161, ekimden 58 gün sonra, ikinci sulamada) tarihlerinde örtünün %100'e eriştiği saptanmıştır. Bu nedenle sulama konuları arasında taç genişliği bakımından fark bulunamamıştır.

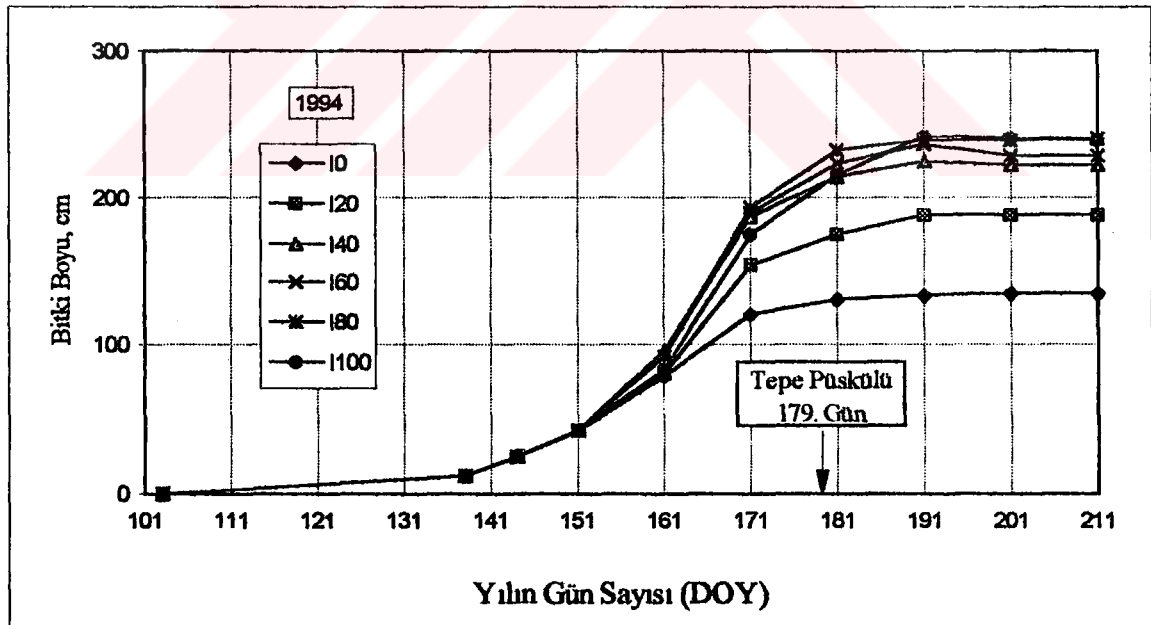
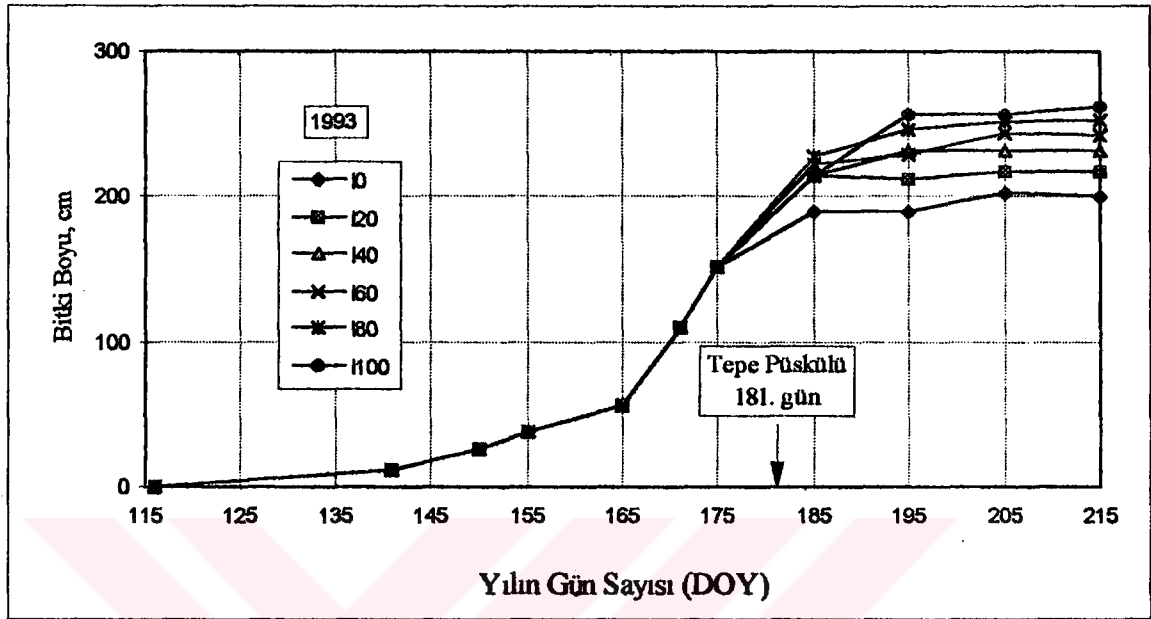


Şekil 4.15. Mısır bitkisinin yetiştirme mevsimi boyunca örtü yüzdesi gelişimi

4.13. Bitki Boyu

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda bitki boyu gelişim değerleri Ek Çizelge 15 ve 16'da ve anılan değerlere ilişkin grafikte Şekil 4.16'da verilmiştir. Anılan şekil ve çizelgeden görüldüğü gibi tepe püskülü çıkarma dönemine dek bitki boyu hızla artmış ve denemenin her iki yılında da anılan dönemden yaklaşık 10-15 gün sonra en yüksek değere ulaşmıştır. Denemenin ilk yılında, son sulamada bitki boylarının 200 ile 262 cm; ikinci yılında ise 136 ile 239 cm arasında değiştiği gözlenmiştir. Bitki boyları bakımından iki yılın değerlerinde iklim etmenlerine bağlı olarak farklılık bulunmuştur. İki yıl birlikte değerlendirildiğinde ortalama bitki boyu I_0 konusunda 168 cm ve tam sulanan I_{100} konusunda ise 246 cm olarak belirlenmiştir.

Denemenin ikinci yılında mısır bitkisinde daha erken bir dönemde su stresi oluşturmak için başlangıçta eşit su uygulanmamış, bu nedenle I_0 ve I_{20} sulama konularında bitki boyları ilk yıldakine kıyasla daha kısa kalmıştır. AKÇİN (1993), farklı ekim



Şekil 4.16. Araştırma yıllarında sulama konularında zamana göre bitki boy gelişimi

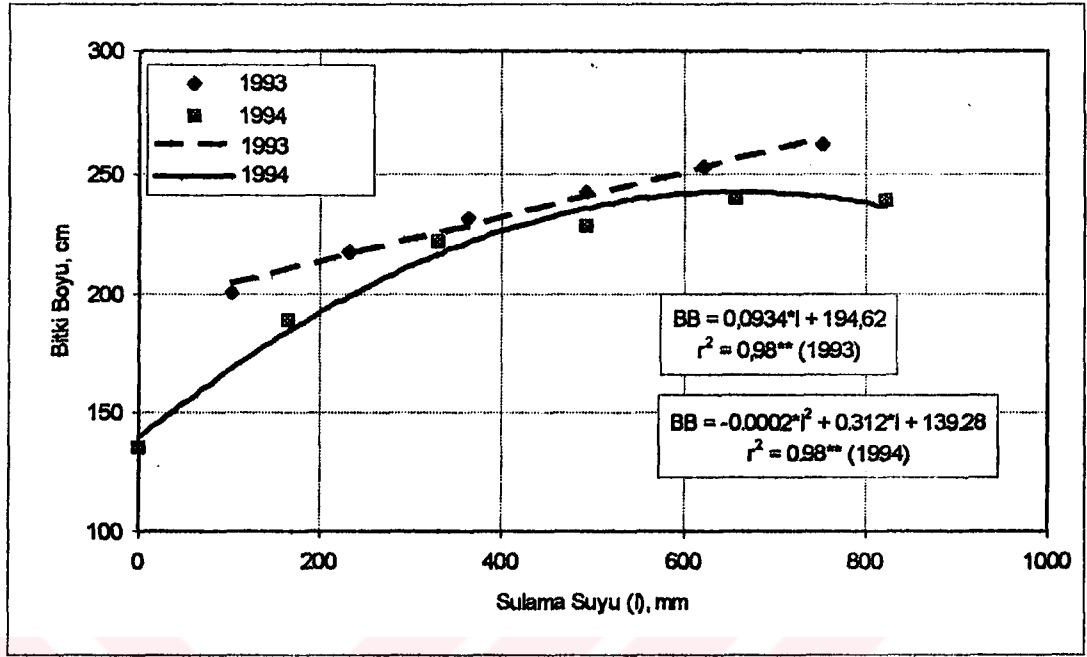
sıklığında TTM-813 Melez Mısır çeşidinin ortalama bitki boyunu 211 cm olarak gözlemlemiştir. DERVIŞ (1986), yaptığı çalışmada sulama konularına ve yıllara göre bitki boyunu 184 ile 212 cm; SAMMIS ve Ark. (1988), farklı yerlerde farklı mısır çeşitlerinde yaptıkları denemelerde, mısır bitki boyunun su stresinin iyi bir göstergesi olduğunu ve 269 ile 287 cm; UL (1990), Menemen Ovası koşullarında G-4507 hibrit mısır çeşidi için 208 ile 154 cm arasında değiştiğini gözlemişlerdir. GARDNER ve Ark. (1981a), Nebraska'da sulu konudaki bitki boyu ile susuz konudaki bitki boyu arasındaki farkın 50 cm olduğunu saptamışlardır. Anılan araştırmacıların gözlemleri ile bu çalışmada elde edilen değerler arasında benzerlik bulunmaktadır.

UL (1990), vejetatif gelişim aşamasında yapılan sulamaların bitki boyunu arttırdığını ve dane bağlama döneminde yapılan sulamaların ise bitki boyuna önemli etkisinin olmadığını gözlemiştir.

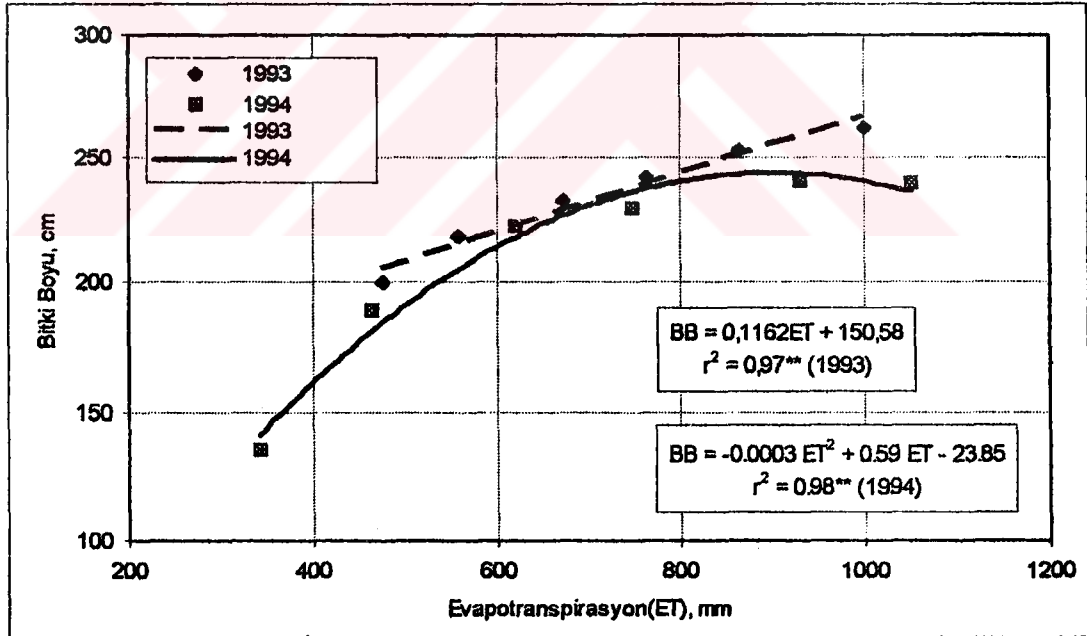
4.13.1. Bitki Boyu ile Sulama Suyu ve Su Tüketimi İlişkisi

Araştırma konularında saptanan bitki boyu ile anılan konulara uygulanan sulama suyu miktarları ve tüketimleri arasında 1993 yılında doğrusal, 1994'te ise 2. dereceden bir ilişki saptanmış ve sonuçlar sırasıyla Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Denemenin ikinci yılında yukarıda değinildiği gibi mısır bitkisinde daha erken bir dönemde su stresi oluşturmak için başlangıçta eşit su uygulanmamış, bu nedenle I_0 ve I_{20} sulama konularında bitki boyları, diğer sulama konularındaki bitki boylarına göre daha kısa kalmıştır. Bu nedenle çalışmanın ikinci yılında bitki boyunun sulama suyu ile su tüketimi arasında 2. dereceden eşitlikler olduğu saptanmıştır. SAMMIS ve Ark. (1988), anılan bu ilişkiler ile derece gün değerlerinden yararlanarak mısırın su gereksinimi ve sulama programından kaynaklanan verim azalışının kestirilebileceğini belirtmiştir.



Şekil 4.17. Araştırma yıllarında bitki boyu ile sulama suyu ilişkisi



Şekil 4.18. Araştırma yıllarında bitki boyu ile su tüketimi arasındaki ilişkisi

4.14. Verim Unsurları

Deneme yıllarında sulama konularından saptanan kimi verim unsurları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Anılan çizelgeden görüldüğü gibi ortalama koçan çapları I_0 konusunda 3.48-3.92 cm; I_{20} , I_{40} , I_{60} ve I_{80} konularında 3.90-4.70 cm; I_{100} konusunda ise 4.65-4.91 cm arasında değişmiştir. Deneme yıllarında 10 gün aralıklarla farklı düzeylerde uygulanan su kısıntısı, koçan çaplarının küçülmesine neden olmuştur. Dolayısıyla, koçan çapı küçüldükçe dane irilikleri de küçülmüş ve dane veriminin düşmesine yol açmıştır.

Sulama konularına göre ortalama koçan boyları 1993 ve 1994 yıllarında su kısıntısının en fazla olduğu I_0 sulama konusunda sırasıyla 11.6 ve 12.6 cm, su kısıntısının olmadığı I_{100} sulama konusunda ise sırasıyla 18.1 ve 20.81 cm olarak ölçülmüştür. Su kısıntısı arttıkça koçan boyu azalmıştır.

Bu çalışmada belirlenen ortalama koçan uzunlukları HARDER ve Ark. (1982); BRAUNWORTH ve MACK (1987b); ÖĞRETİR (1993); AKÇİN (1993)'nin saptadıkları koçan uzunluklarına benzer bulunmuştur.

Denemenin birinci ve ikinci yılında koçan başına ortalama dane verimi I_0 konusunda sırasıyla 41.19 ve 41.11 g; su kısıntısının olmadığı I_{100} konusunda ise 175.23 ve 157.73 g olarak saptanmıştır. Denemenin her iki yılında da su kısıntısıyla ters orantılı olarak veya uygulanan sulama suyu miktarı ile orantılı olarak koçan başına alınan dane verimi artmıştır.

YÜCEL (1993), 25 melez mısır çeşidinin koçan dane verimini 60.30-216.0 g; YILDIZ ve GENÇ (1990), koçan dane ağırlığına, çeşidin ve yetiştirildiği koşulların etkisi olduğunu belirterek, 106.0-151.2 g/koçan arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Vejetatif gelişme döneminde uygulanan su kısıntısının dane ağırlığını etkilemediği, ancak dane sayısını etkilediği; dane dolum döneminde yapılan kısıntının ise dane ağırlığını etkilediği bulunmuştur (ECK 1986). Bu nedenlerle, bu çalışmada bitki gelişiminin her döneminde belirli oranlarda su kısıntısı yapıldığından, kısıntı uygulanan sulama konularında dane sayıları ile dane ağırlıklarında azalmalar gözlenmiştir.

Çizelge 4.12. Araştırma yıllarında sulama konularından elde edilen kimi verim ölçeleri

Sulama Konuları	Koçan Çapı (cm)	Koçan Boyu (cm)	Koçan Verimi (g/koçan)	K. Dane Sayısı (adet/koçan)	B. Koçan Sayısı (koçan/bitki)	B. Başına Dane Verimi (g/bitki)	B. Başına Dane Sayısı (adet/bitki)	B. Alandaki Dane Sayısı (adet/m ²)
I ₀	3.92c	11.6d	41.19d	258.35c	0.66b	25.84e	161.66d	1187.47d
I ₂₀	4.16bc	15.7c	72.72d	375.29b	0.91a	65.42d	338.13c	2447.57c
I ₄₀	4.40ab	16.8bc	114.71c	446.24ab	0.91a	103.05c	402.97b	2910.32b
I ₆₀	4.55ab	17.0ab	136.65b	454.71ab	0.97a	131.31b	436.50b	3192.62b
I ₈₀	4.57a	17.5ab	161.31a	489.80a	1.03a	166.37a	504.13a	3723.71a
I ₁₀₀	4.65a	18.1a	175.23a	527.39a	1.03a	179.98a	544.44a	3740.67a
LSD(%5)	0.3364	1.168	34.77	95.47	0.1272	26.87	61.11	414.10
1994								
I ₀	3.48d	12.55d	41.11d	284.36d	0.63b	20.65d	155.29d	1083.44e
I ₂₀	3.90cd	13.20d	46.20d	329.78cd	0.88a	40.11cd	295.75c	1741.85d
I ₄₀	4.10bc	14.98cd	84.20c	375.20bc	0.88a	72.95bc	312.71c	2411.93c
I ₆₀	4.44ab	16.25bc	119.79b	426.67ab	1.00a	85.92b	426.67b	3266.43b
I ₈₀	4.70a	18.75ab	153.61a	497.83a	1.00a	153.61a	497.83a	3856.38a
I ₁₀₀	4.91a	20.81a	157.73a	509.29a	1.04a	163.86a	509.29a	3900.24a
LSD(%5)	0.4923	2.989	30.35	87.68	0.1964	34.98	50.47	423.90

Araştırma yıllarında koçan başına dane sayısı I_0 konusunda sırasıyla 258.35 ve 284.36; I_{100} konusunda ise sırasıyla 527.39 ve 509.29, olarak belirlenmiş ve diğer sulama konuları ise bu değerler arasında yer almıştır.

YILDIZ ve GENÇ (1990), koçandaki dane sayısının ekilen çeşitlere ve yerlere bağlı olarak, 344.4-485.3 adet/koçan; benzer şekilde, YÜCEL (1993) 261-780 adet/koçan; ÜLGER ve Ark. (1990), uygulanan azot miktarına bağlı olarak 386.7-422.3 adet/koçan bulmuşlardır. Bu çalışmada belirlenen koçandaki dane sayıları ile yukardaki araştırmacıların bulguları arasında benzerlik bulunduğu görülmüştür.

Denemenin yürütüldüğü 1993 ve 1994 yıllarında bitki başına koçan sayısı, su kısıntısının en fazla olduğu I_0 sulama konusunda sırasıyla 0.66-0.63'dir. Anılan konuda aşırı su stresi nedeniyle bitkiler %34-37 oranında koçan tutamamıştır. Bitkide oluşan küçük boylu koçanlar da ya tamamen döllenememiş veya koçanların üzerinde çok az sayıda dane olduğu belirlenmiştir. Anılan danelerin küçük ve buruşuk olduğu da gözlenmiştir. Araştırma yıllarında I_{20} ve I_{40} sulama konularındaki su kısıntısı, I_0 konusuna göre daha az olduğundan bitkiler %88-91 oranında koçan bağlamıştır. Sulama konularında oluşturulan su kısıntısı azaldıkça bitki başına düşen koçan sayısı artmıştır. Denemenin 1. ve 2. yılında I_{100} sulama konusunda, bitkiler sırasıyla %103, %104 oranında koçan bağlamıştır.

ÜLGER ve Ark. (1992), GAP Bölgesinde birinci ürün olarak ekilen TTM-815 mısır çeşidinde bitki başına ortalama koçan sayısını 0.38; ikinci üründe 0.70 olarak belirlemişlerdir. Bitki başına koçan sayısı oranının düşük olmasını yüksek sıcaklığa ve düşük oransal neme bağlamışlardır. Anılan değerler bu çalışmadaki değerlerden daha küçüktür. WILHELM ve Ark. (1985), NIELSEN ve GARDNER (1987), ÜLGER ve Ark. (1993) yaptıkları çalışmalarda, bu denemede su kısıntısı olmayan konulardakine benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Araştırmanın yürütüldüğü her iki yılda da bitki başına dane veriminin I_0 sulama konusunda 20.65-25.84 g/bitki, I_{100} konusunda ise 163.86-179.98 g/bitki arasında değiştiği gözlenmiştir.

Mısır bitkisinin yetiştirme mevsimi boyunca tüm gelişme dönemlerinde aynı oranda su kısıntısı uygulanması, bitki başına dane verimi önemli düzeyde düşürmüştür.

Farklı su stresi uygulanan koşullarda HARDER ve Ark. (1982), 167-231 g/bitki ile bu çalışmada tam sulanan konularda belirlenen değerlere yakın; GRANT ve Ark. (1989) ise 71-156 g/bitki arasında değişen değerler ile de daha düşük bulmuşlardır.

Denemenin yürütüldüğü 1993 ve 1994 yıllarında bitki başına dane sayısı I_0 konusunda sırasıyla 162 ve 155, su kısıntısının olmadığı konuda (I_{100}) ise 544 ve 509 arasında değişmiştir. HARDER ve Ark. (1982), su stresinin olmadığı konularda benzer sonuçlar bulmuş, ancak su stresinin daha fazla olduğu konularda ise bitkideki dane sayısını daha az bulmuşlardır. GRANT ve Ark. (1989), su stresine göre dane sayısının 239-553 arasında değiştiğini saptamışlardır.

Araştırma yıllarında birim alandaki dane sayısının, I_0 sulama konusunda en düşük (1083.44-1187.47 adet/m²), I_{100} konusunda ise en yüksek (3900.24-3740.67 adet/m²) olduğu gözlenmiştir. Su kısıntısı, birim alandan alınan mısır dane verimini de azaltmıştır.

Farklı su stresi uygulayarak birim alandaki dane sayısını, ECK (1986) 1051-2818 adet/m²; HOWELL ve Ark. (1994), 1756-4587 adet/m²; CARBERRY ve Ark. (1989) ise 0-3674 adet/m² arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Anılan araştırmacıların belirlediği değerleri ile bu çalışmada belirlenenler arasında uyum bulunmaktadır.

Tüm bunların sonucunda, uygulanan su kısıntısının kimi verim unsurlarını önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir.

4.15. Kök

Su kısıntısının kök dağılımına etkisini belirlemek amacıyla, hasattan hemen sonra denemenin ilk yılında 90 cm'ye, ikinci yılında ise 120 cm'ye kadar 10'ar cm'lik katmanlar halinde kök uzunlukları belirlenerek Ek Çizelge 17a-e ve 18a-f'de verilmiştir. Birim hacimdeki kök uzunluğu olarak tanımlanan kök yoğunluğu (cm/cm³) anılan ek çizelge değerlerinden yararlanılarak Şekil 4.19a-c ve 20a-f'de verilmiştir. Anılan üç boyutlu şekillerde görüldüğü gibi toprak profilinin üst katmanları ile bitki sıra üstünde ve sıra arasındaki kök yoğunluğunun daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kök yoğunluğunun

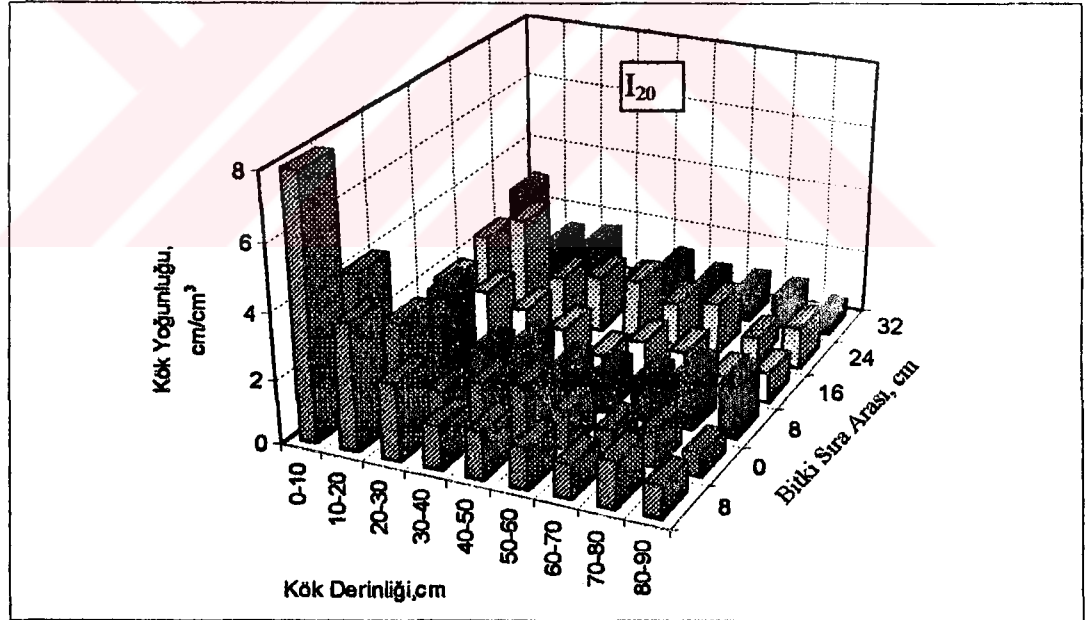
bitki sıra arasına doğru ve sıra üstü ile sıra arasında 120 cm'lik derinliğe inildikçe azaldığı gözlenmiştir. Denemenin ikinci yılında kökler, su stresinin fazla olduğu I₀, I₂₀ ve I₄₀ sulama konularında 100-120 cm derinliğe kadar inerek anılan katmanlardaki kök yoğunluğunu arttırmıştır. Ancak, I₆₀ ve I₈₀ konularında 100-120 cm'lik toprak profilinde kök bulunmadığından, anılan katmanlarda kök yoğunluğu saptanamamıştır. I₁₀₀ sulama konusunda ise kök yalnızca sıra üstünde 110-120 cm, sıra arasında 16 cm uzaklıkta 100-110 cm derinliğe dek inmiş, diğer gözlem noktalarında kök bulunmadığından kök yoğunluğu belirlenememiştir.

Kök yoğunluğunun, su kısıntısının fazla olduğu I₀, I₂₀ ve I₄₀ konularında toprak profilinin daha derinlerinde, su kısıntısının az olduğu I₆₀, I₈₀ ve I₁₀₀ konularına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

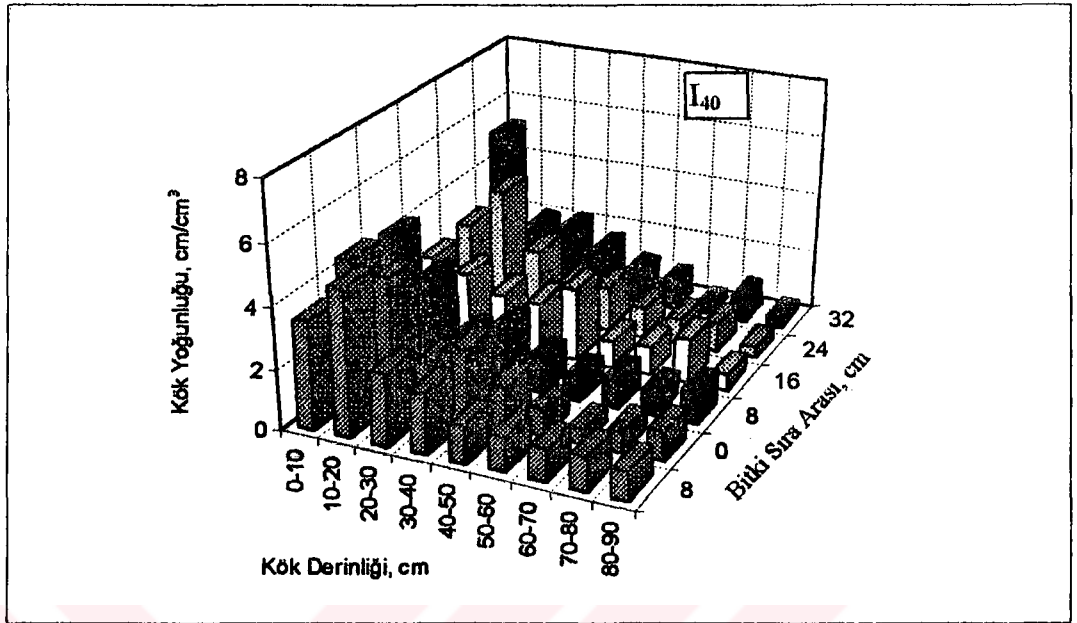
Su stresi, hem kök hem de toprak üstü kuru madde ağırlığını etkilediği ve stresinin meydana geldiği bitki gelişim dönemine bağlı olarak toprak altı ve toprak üstü kuru madde oranını değiştirdiği gözlenmiştir. Bunun yanında, orta derecede su stresinin ise kök ağırlığını arttırdığı ve taç gelişiminin tamamlandığı koşullarda sentezlenen bitki besin maddesinin kök gelişiminde kullanıldığı saptanmıştır (SHARP ve DAVIES, 1979; DWYER ve STEWART, 1985). Ayrıca, kök kuru madde miktarının toprak üstü kuru maddeye oranının su stresi ile arttığı (BARLOW ve Ark., 1976; SHARP ve DAVIES, 1976; DWYER ve STEWART, 1985) buna karşılık bazende bunun tersi sonuçlar da bulunmuştur (SAINI ve CHOW, 1982). Bunun yanında aşırı su stresinin toplam kök kuru madde miktarını azalttığı ve kök derinliğini de etkilediği belirlenmiştir. Örneğin SHARP ve DAVIES (1985) su kısıntısı uygulayarak yaptıkları çalışmada, toprak profilinin üst katmanlarında kök ağırlığının azaldığını öte yandan kökün daha derinlere doğru gitmesinin zorlandığını ve topraktan su alımının daha derinlerden olduğunu belirlemişlerdir. Farklı çalışmalarda, MAYAKI ve Ark. (1976); ROBERTSON ve Ark. (1980) toplam kök ağırlığının su stresi ile azaldığını, öte yandan diğer bir çalışmada ise kök derinliğinin arttığını, başka bir çalışmada da azaldığını bildirmişlerdir. EGHBALL ve MARANVILLA (1993), silt-tınlı toprakta farklı mısır çeşitlerinde kök uzunluğunun ve ağırlığının farklı olduğunu; kökleri toprak profilinde daha derinlere giden mısır

çeşitlerinin sulamayla verimi arttıracakını; serada aşırı su stresinin kök ağırlığını ve uzunluğunu azalttığını; arazi koşullarında ise orta derecedeki su stresinin kök uzunluğunu arttırdığını belirlemişlerdir. MACKEY ve BARBER (1985), siltli-tınlı toprakta hacimsel su içeriği 0.22'den 0.27'ye çıkarıldığında ortalama kök uzunluğu %41'den %52'ye, su içeriği daha da artırılarak 0.32'ye çıkarıldığında ortalama kök uzunluğunun %16'ya düştüğünü saptamışlardır. DWYER ve STEWART (1985), su stresinin uygulandığı bitki gelişme dönemlerinde yeni köklerin oluştuğunu veya yaşlı köklerin kurduğunu ayrıca kurumanın su stresi ile arttığını belirtmişlerdir.

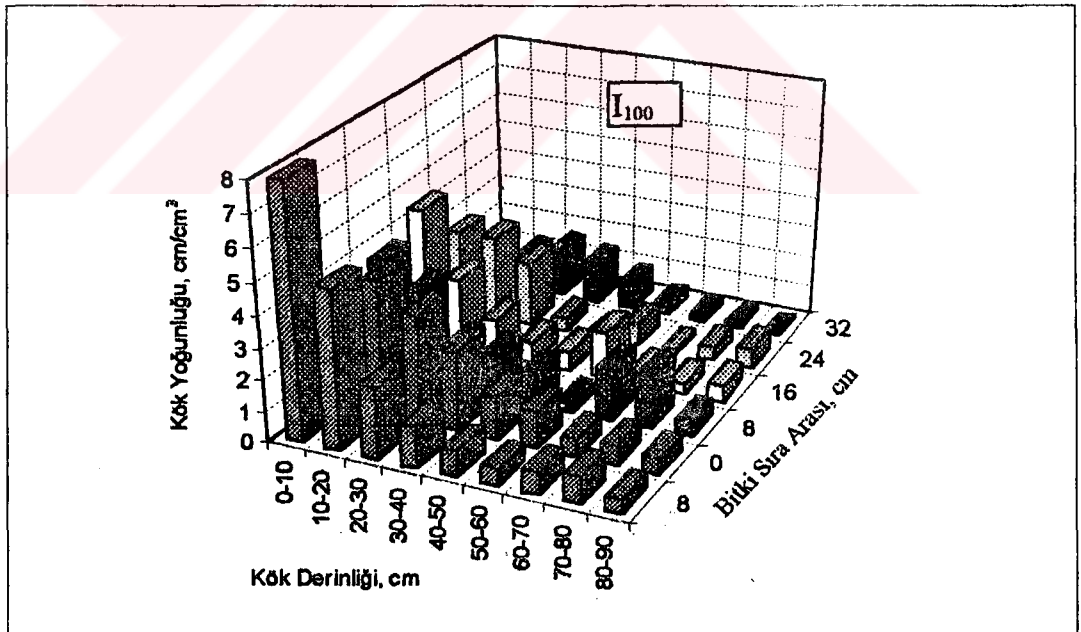
Bu çalışmada bulunan sonuçlar ile yukarıda verilen sonuçların bazıları ile uyumluluk bazıları ile zıtlık bulunmaktadır. Aynı yerlerde yapılan çalışmaların sonuçlarında görülen farklılıklar, mısırın yetiştirildikleri toprakların, su stresinin uygulandığı zamanın ve şiddetinin farklı oluşundan kaynaklanabilir.



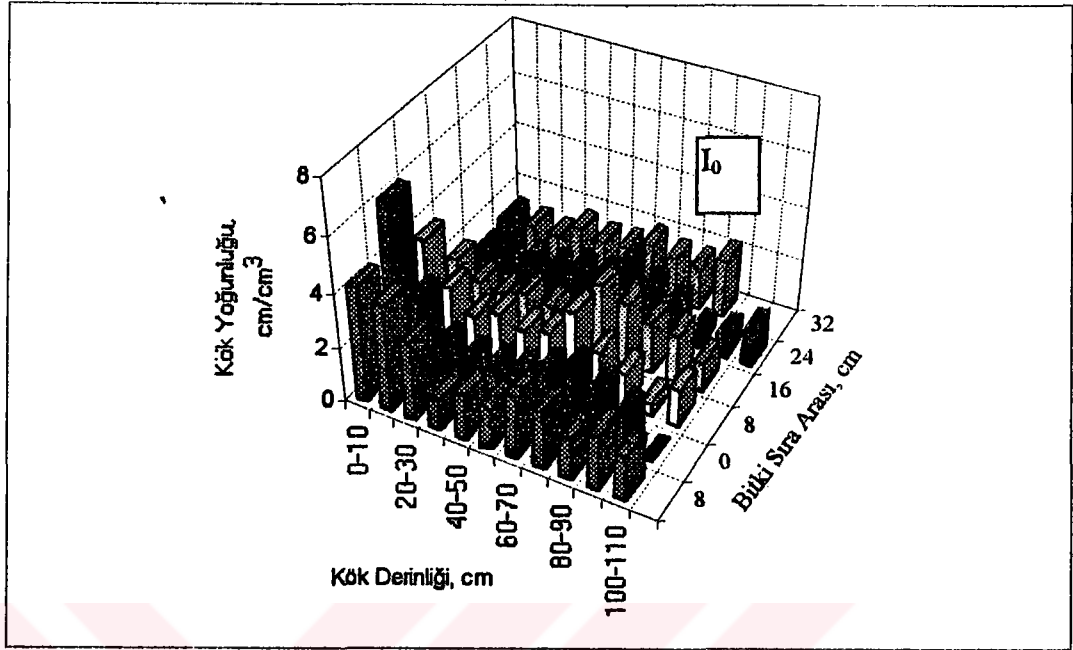
Şekil 4.19a. I₂₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)



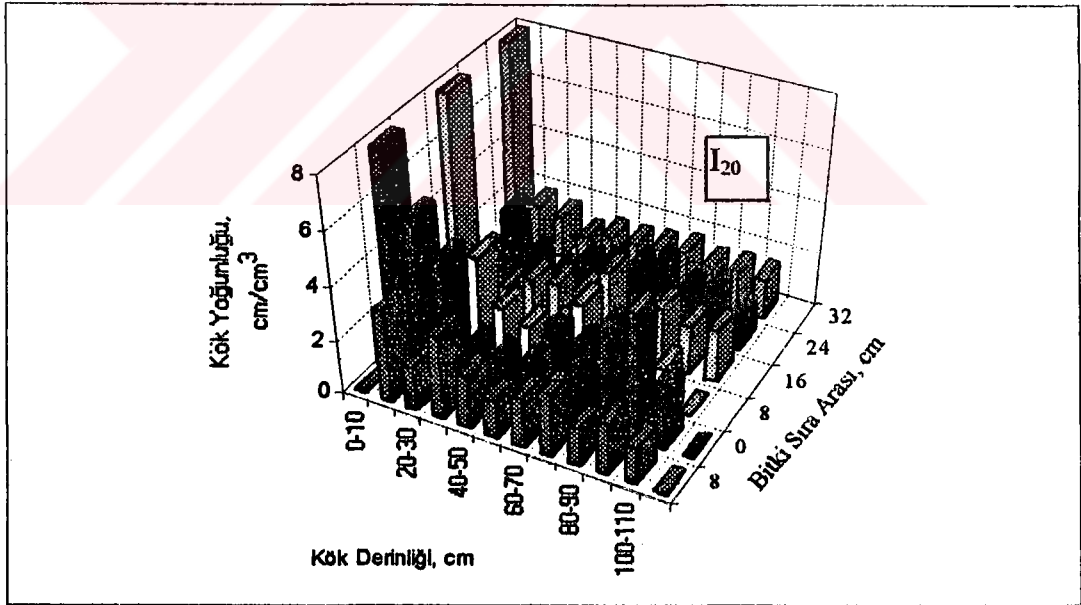
Şekil 4.19b. I₄₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)



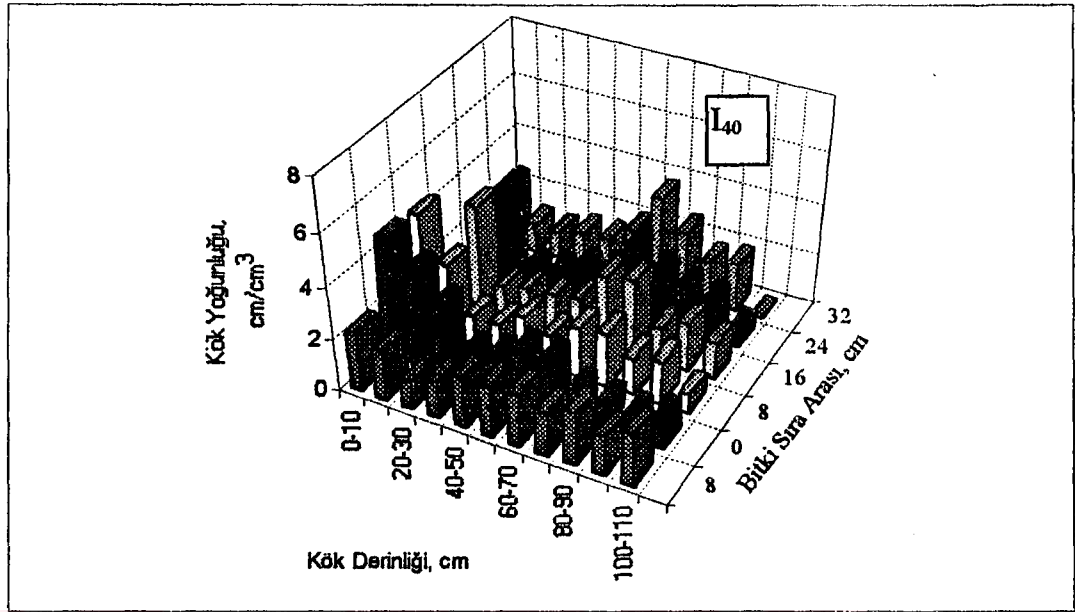
Şekil 4.19c. I₁₀₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1993)



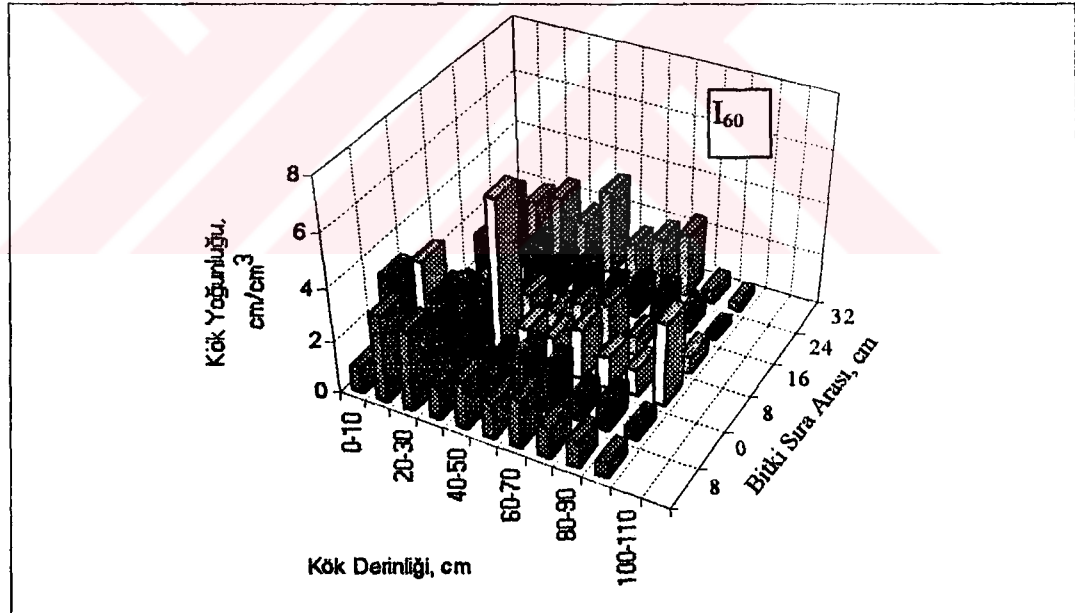
Şekil 4.20a. I₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)



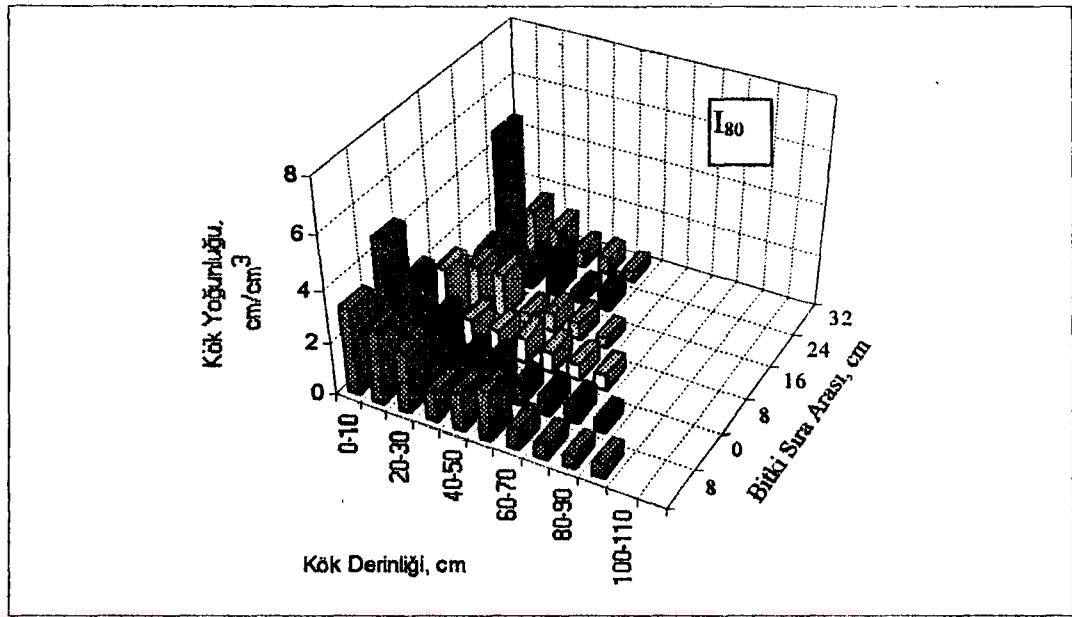
Şekil 4.20b. I₂₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)



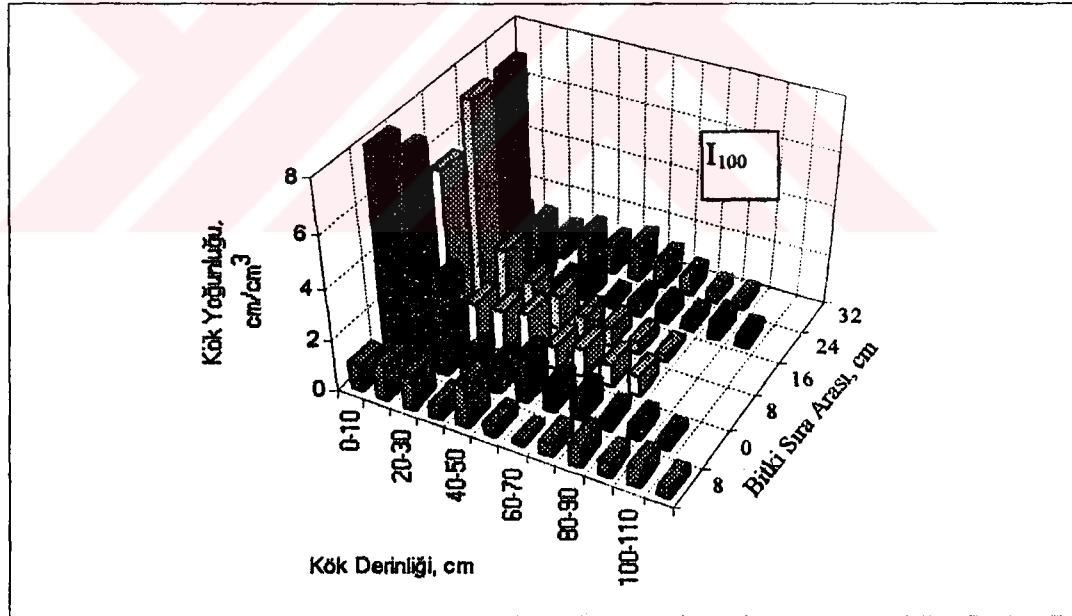
Şekil 4.20c. I₄₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)



Şekil 4.20d. I₆₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)



Şekil 4.20e. I₈₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)



Şekil 4.20f. I₁₀₀ sulama konusunda kök yoğunluk dağılımı (1994)

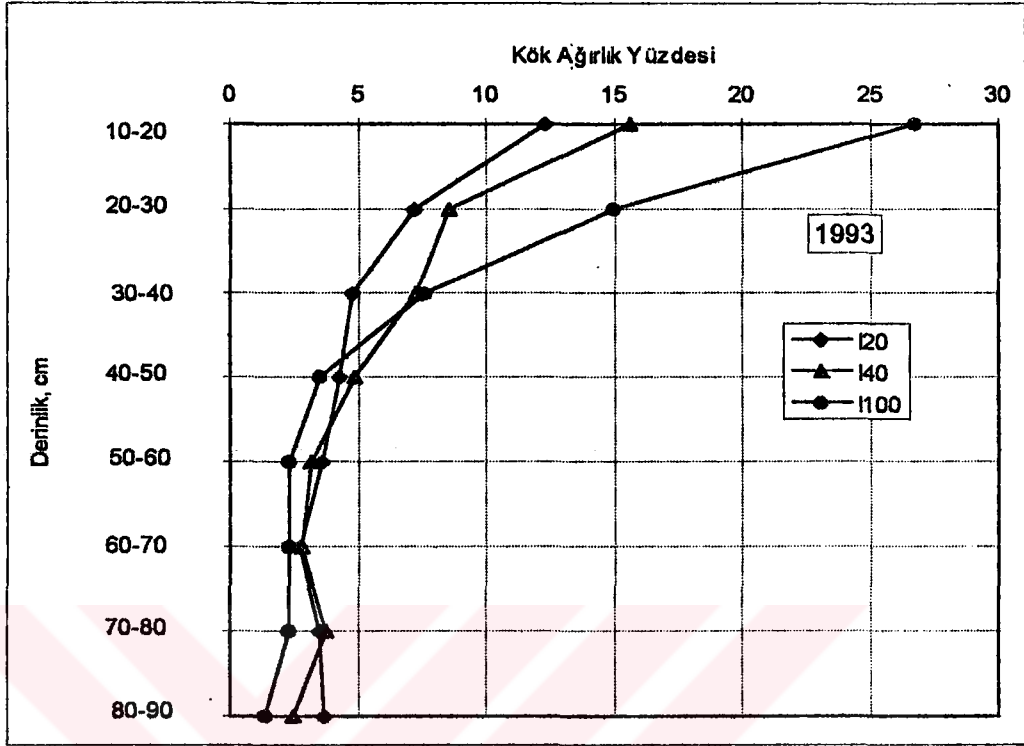
Araştırma yıllarında deneme konularından saptanan mısır bitkisinin kök ağırlık yüzdeleri Ek Çizelge 19 ve 20’de anılan değerlerin grafikleri de Şekil 4.21a ve b’de (Kök ağırlık yüzdelerinin şekilleri çizilirken, sulama konularının daha derin katmanlarındaki kök ağırlık yüzdeleri arasındaki farkı daha açık gösterebilmek için ilk katmanlara ilişkin değerler alınmamıştır) verilmiştir.

Anılan şekillerden ve ek çizelgelerden görüldüğü gibi kök ağırlık yüzdesi, toprak profilinin daha çok 0-40 cm’lik katmanında yoğunlaşmıştır. Toprak profilinde daha derinlere inildikçe tüm sulama konularında kök ağırlık yüzdeleri azalmış ve denemenin ilk yılında 80-90 cm’lik toprak profili katmanında %1-4; ikinci yılında ise 110-120 cm’lik katmanında I₂₀ sulama konusunda %4.3 diğerlerinde ise % 0 ile 0.5 arasında değiştiği saptanmıştır.

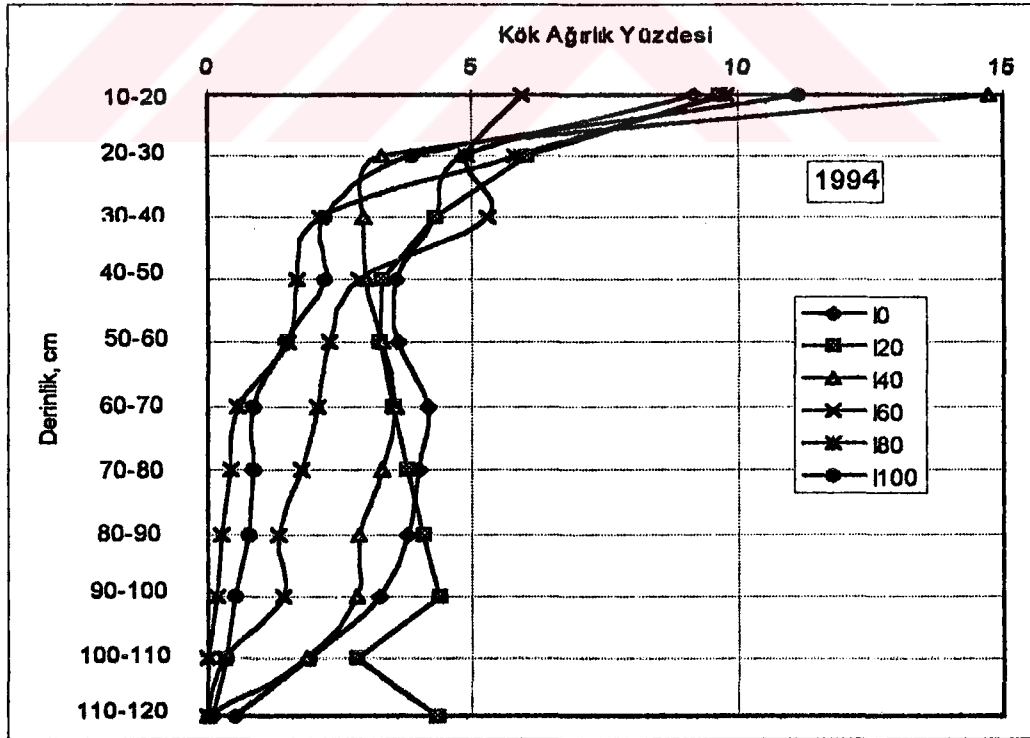
Denemenin ilk yılına ilişkin Şekil 4.21a incelendiğinde, kök ağırlık yüzdesi toprak profilinin 0-40 cm’lik katmanında I₂₀, I₄₀ ve I₁₀₀ sulama konularında sırasıyla %82, %83 ve %89; ikinci yılında ise I₀, I₂₀, I₄₀, I₆₀ ve I₁₀₀ konularında sırasıyla %75, %71, %79, %88, %95 ve %93 olarak bulunmuştur (Şekil 4.21b). Toprak profilinin 0-40 cm’lik üst katmanlarında, su kısıntısının fazla olduğu konulardan düşük olduğu konulara doğru gidildikçe kök ağırlık yüzdesinin, yukarıda görüldüğü gibi artma eğiliminde olduğu söylenebilir. Buna karşın, kök ağırlık yüzdesi, su kısıntısının fazla olduğu konularda toprak profilinde derinlere doğru inildikçe artmıştır. Denemenin her iki yılında da toprak profilinin üst katmanlarındaki kök ağırlık yüzdesinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Toprak profilinin ilk 0-40 cm’lik katmanındaki mısır bitkisinin su tüketimi, 1993 ve 1994 yıllarında sulama konularında sırasıyla %35 ile 39 ve %41 ile %46; araştırma yıllarında ise su tüketiminin yaklaşık % 85-89’nun ilk 80 -100 cm’lik toprak profilinden olduğu belirlenmiştir. Buna göre, bitkinin tükettiği suyun %80-85’nin aldığı derinlik olarak tanımlanan etkili kök derinliği (KANBER ve Ark.,1991) Çukurova koşullarında ağır bünyeli Mutlu serisi topraklarında mısır için 100 cm olarak alınabilir.

MAYAKI ve Ark. (1976), siltli- tınlı toprakta sulanan mısırın kök gelişiminin toprak profilinin üst katmanlarında yoğunlaştığını, kök ağırlığının % 64 ve % 94’ünün



Şekil 4.21a. Toprak profilinde mısır köklerinin ağırlık yüzdeleri



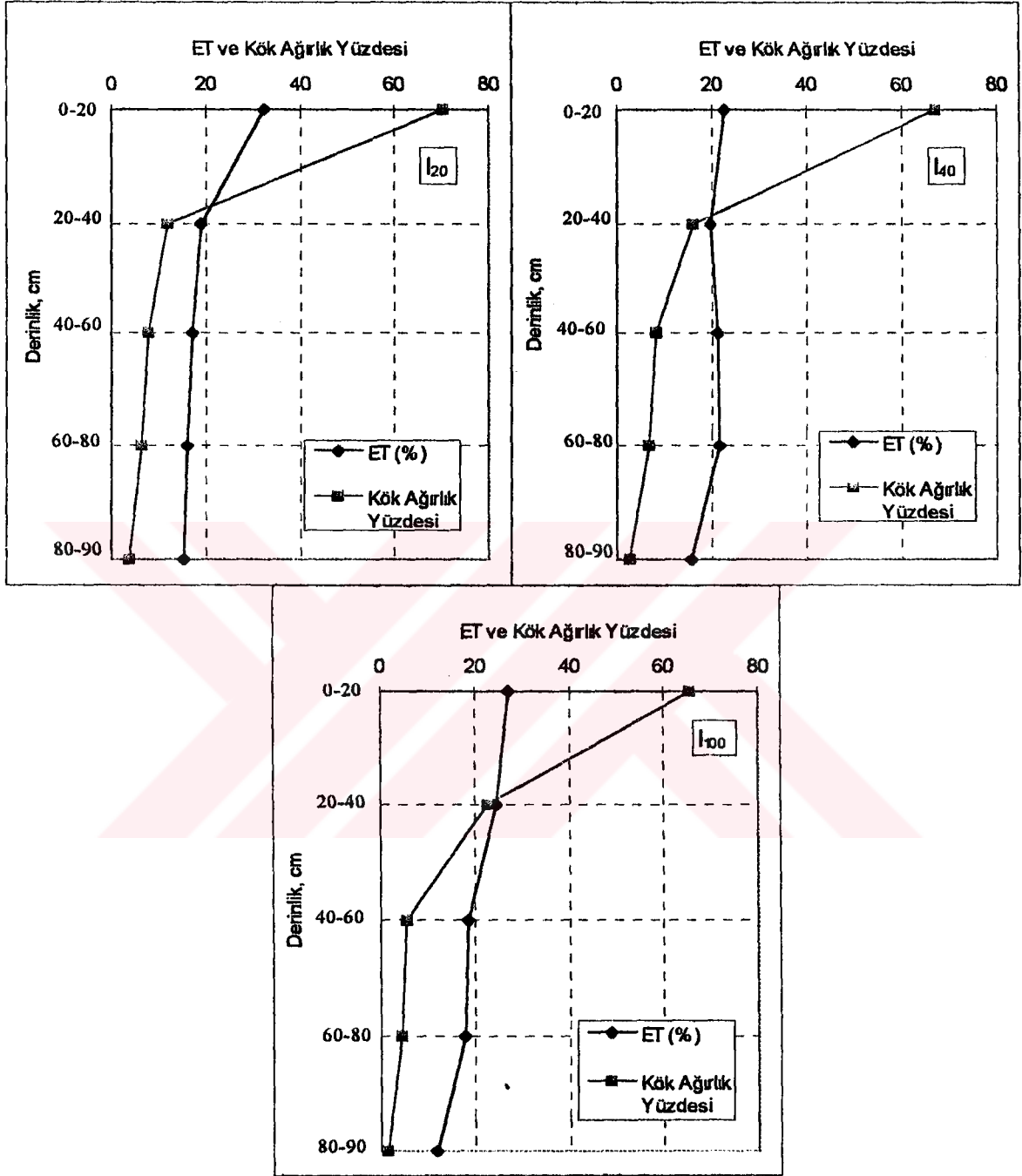
Şekil 4.21b. Toprak profilinde mısır köklerinin ağırlık yüzdeleri

toprak profilinin sırasıyla 30 ve 90 cm'lik katmanlarında sınırlı kaldığını belirlemişlerdir. FOLLET ve Ark. (1974), üst 30 cm'lik katmanı kumlu olan ve toprak profili derinliğinin taban suyu düzeyine bağlı olarak değiştiği koşullarda kök ağırlık yüzdesini 69-97 arasında belirlemişlerdir.

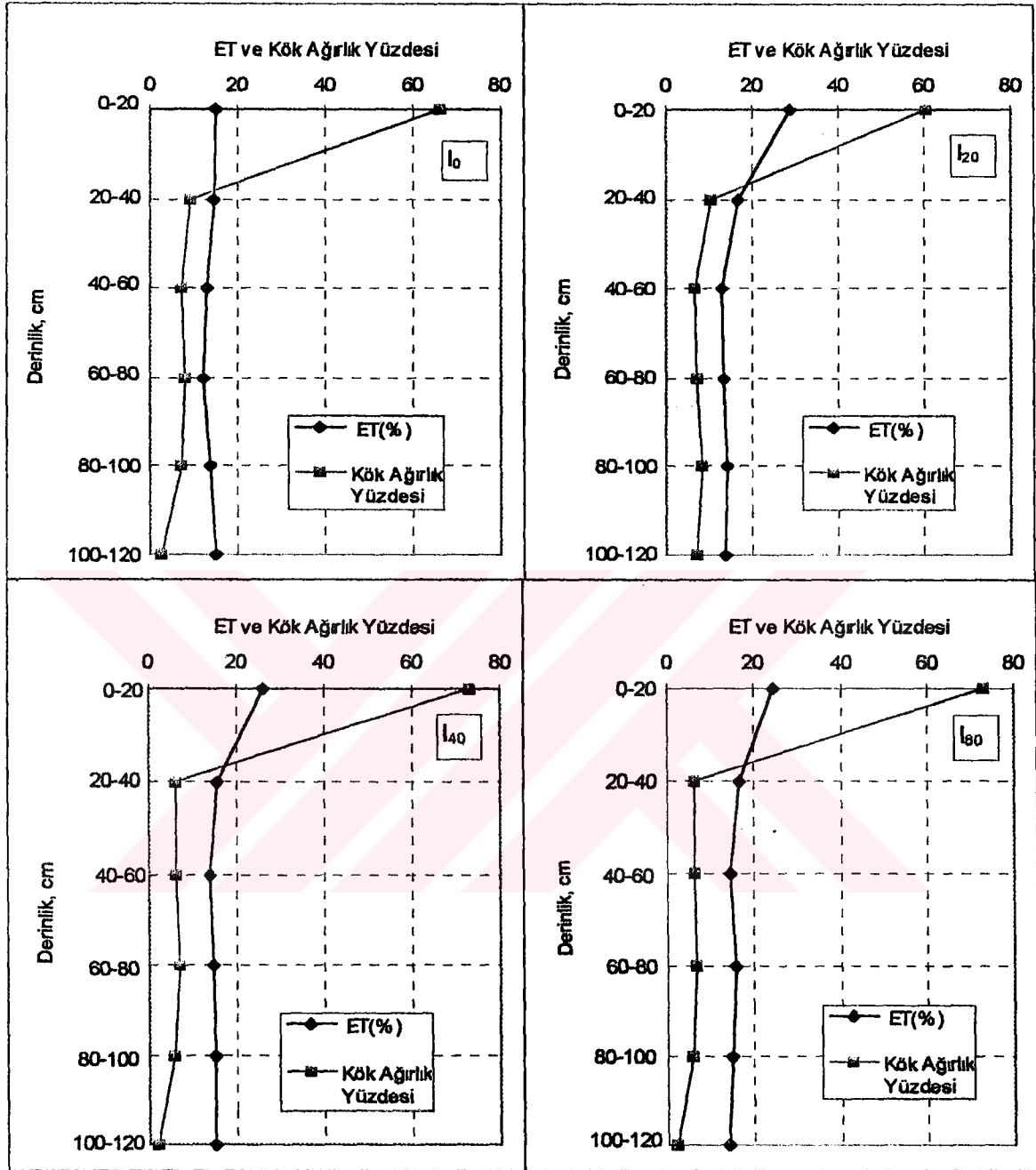
KÖKSAL (1995), tınlı ve tınlı-kumlu toprakta mısır bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde su uygulayarak yürüttüğü çalışmada ıslatma derinliğinin 90 cm olduğunu saptamıştır. Bunun yanında bir çok çalışmada, mısır köklerinin büyük bir kısmının toprak profilinin üst katmanlarında yoğunlaştığı, mısır köklerinin en fazla ulaşabileceği derinliğin 145 cm olduğu belirlenmiştir (ALLMARAS ve Ark.,1975). Tam sulanan koşullarda maksimum kök derinliğinin 120 ile 150 cm arasında olduğu gözlenmiştir (ALLMARAS ve Ark., 1975; MAYAKI ve Ark., 1976; ROBERTSON ve Ark., 1980). Kumlu toprakta mısır bitkisinin su gereksiniminin büyük bir kısmının 100 cm'lik toprak profilinden sağlandığı belirlenmiştir (FOLLET ve Ark., 1974). ROBERTSON ve Ark. (1980)'nın, Danielson (1967)'den bildirdiğine göre, mısır köklerinin toprak profilinde en fazla 150 cm derinliğe kadar gittiği ve kök dağılımının bitki çeşidine göre değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca mısır köklerinin en fazla 0-30 cm'lik toprak katmanında yoğunlaştığı da gözlenmiştir.

Su stresinin düşük veya hiç olmadığı konularda bitki kökleri su ve bitki besin maddesini hemen çevresinde bulduklarından daha çok üst katmanlarda yoğunlaşmışlardır. Ancak, bitki kökleri su stresinin fazla olduğu konularda, su ve besin maddesini bulabilmek için toprak profilinde daha derinlere gitmektedir. RHOADS ve BENNETT (1990), bitkinin toprak profilinden yeterli bitki besin maddesi ile suyu alabilmesi için yeterli kök gelişimini tamamlaması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle bitki, su stresinin fazla olduğu sulama konularında yeterli besin ve suyu alabilmek için kök gelişimini arttırmış ve toprak profilinin alt katmanlarında kök ağırlık yüzdesi daha fazla bulunmuştur.

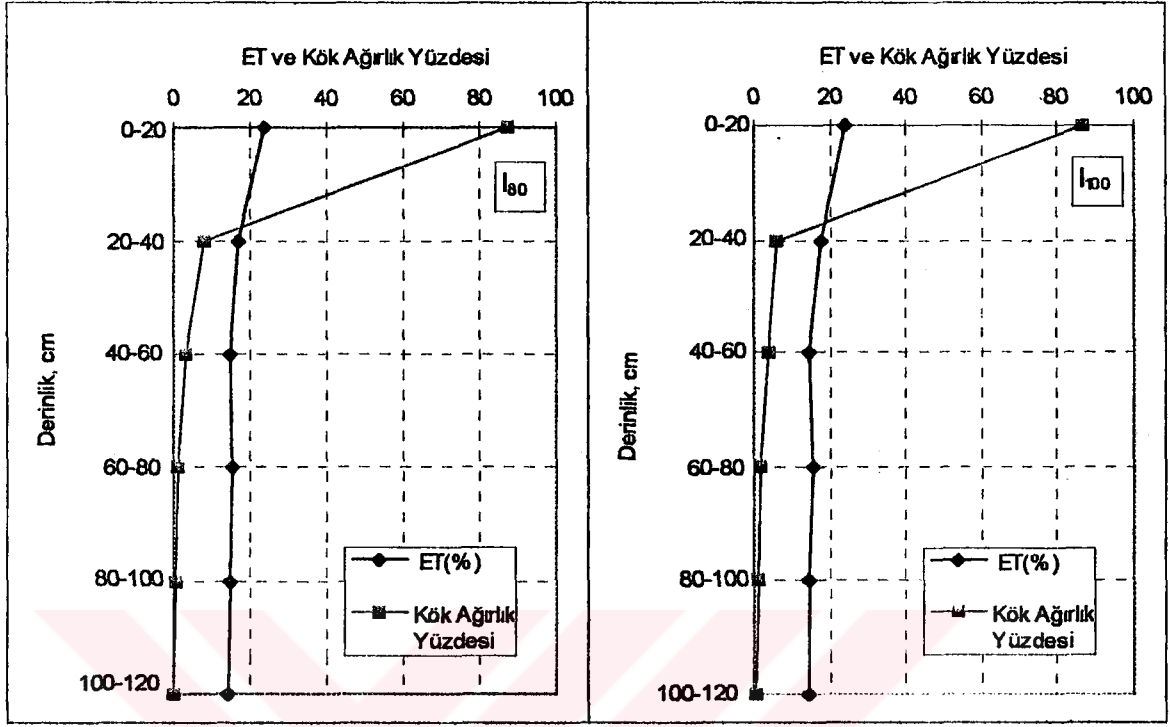
Deneme yıllarında mısır bitkisinin kök ağırlık ve evapotranspirasyon yüzdeleri (Ek Çizelge 19 ve 22) belirlenerek Şekil 4.22 ve Şekil 4.23a ve b'de verilmiştir. Anılan şekillerden görüldüğü gibi araştırmanın birinci yılında I_{20} , I_{40} ve I_{100} sulama konularında



Şekil 4.22. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1993)



Şekil 4.23a. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1994)



Şekil 4.23b. Toprak profilinin farklı katmanlarında evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri (1994)

toprak profilinin ilk 0-20 cm'lik katmanında kök ağırlığı %65-70, evapotranspirasyon ise %22-23 arasında değişmiştir. Bitki kök bölgesinde 20-40 cm'lik toprak katmanına inildikçe, kök ağırlığı ve evapotranspirasyonun sırasıyla % 21-23 ve % 8-24 arasında değiştiği gözlenmiştir. Daha da derinlere inildikçe kök ağırlığının %8'in, evapotranspirasyonun ise %21'in altına düştüğü saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci yılında kök ağırlık ve evapotranspirasyon yüzdeleri (Şekil 4.23a ve b) 0-20 cm'lik toprak profilinde sırasıyla %60-88 ve %23-32; 20-40 cm'lik toprak katmanında ise anılan değerler sırasıyla %6-10 ile %14-17 arasında değişmiştir. Tüm sulama konularında toprak profilinde 40 cm'den daha da derinlere inildikçe kök ağırlığının %7'nin, evapotranspirasyon ise %15'in altına düştüğü gözlenmiştir.

Deneme yıllarında toprak katmanlarına göre belirlenen evapotranspirasyon ve kök ağırlık yüzdeleri farklı bulunmuştur. Yıllar arasındaki farklılığın, iklimsel nedenlerle bitkiye farklı miktarlarda sulama suyu uygulanmasından ileri geldiği söylenebilir.

Mısır kökleri toprak profilinin 0-40 cm'lik katmanında yoğunlaşmış ve en fazla evapotranspirasyonun, bitki kök yoğunluğuna bağlı olarak anılan katmandan olduğu gözlenmiştir. Kök yoğunluğu azaldıkça, bu azalıma bağlı olarak evapotranspirasyon da düşmüştür. KÖKSAL (1995), mısır bitkisinin en fazla su tüketiminin 0-30 cm'lik toprak profilinde %32.1-33.1, bu çalışmada ise 0-40 cm'lik katmanda %35-46 arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı iklim koşullarında, ancak farklı toprakta yapılan bu çalışmaların sonuçlarında paralellik görülmektedir.

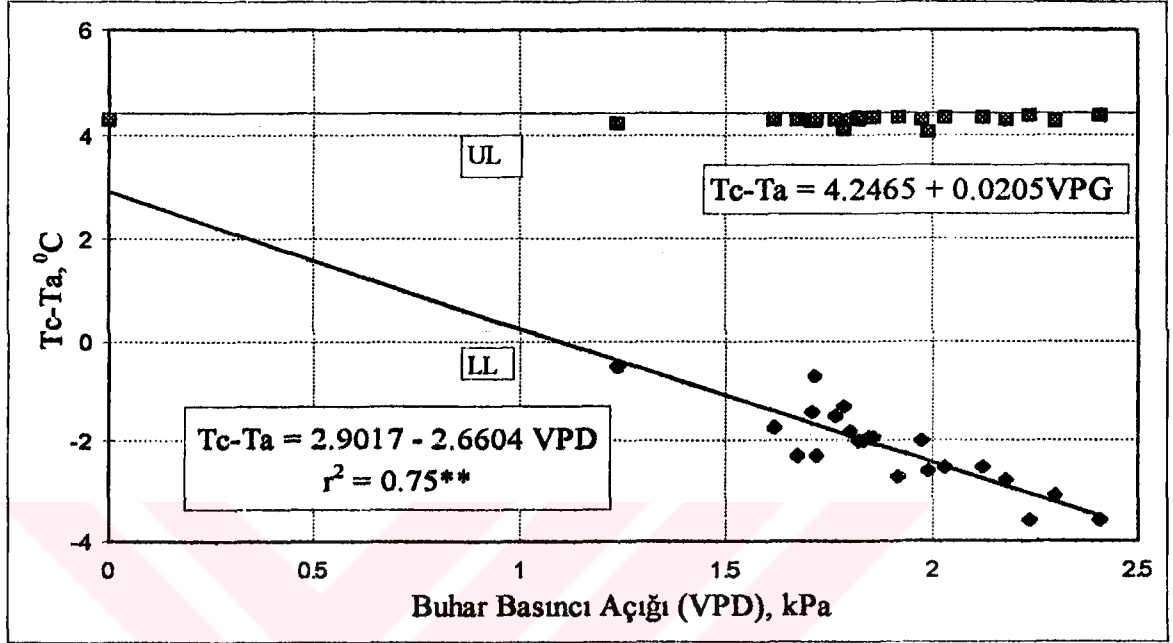
4.16. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI)

Araştırmada I. ürün mısır bitkisinde bitki su stresi indeksi (CWSI) IDSO ve Ark. (1981a)'nın deneysel, JACKSON ve Ark. (1981)'nin teorik olarak verdikleri iki farklı yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

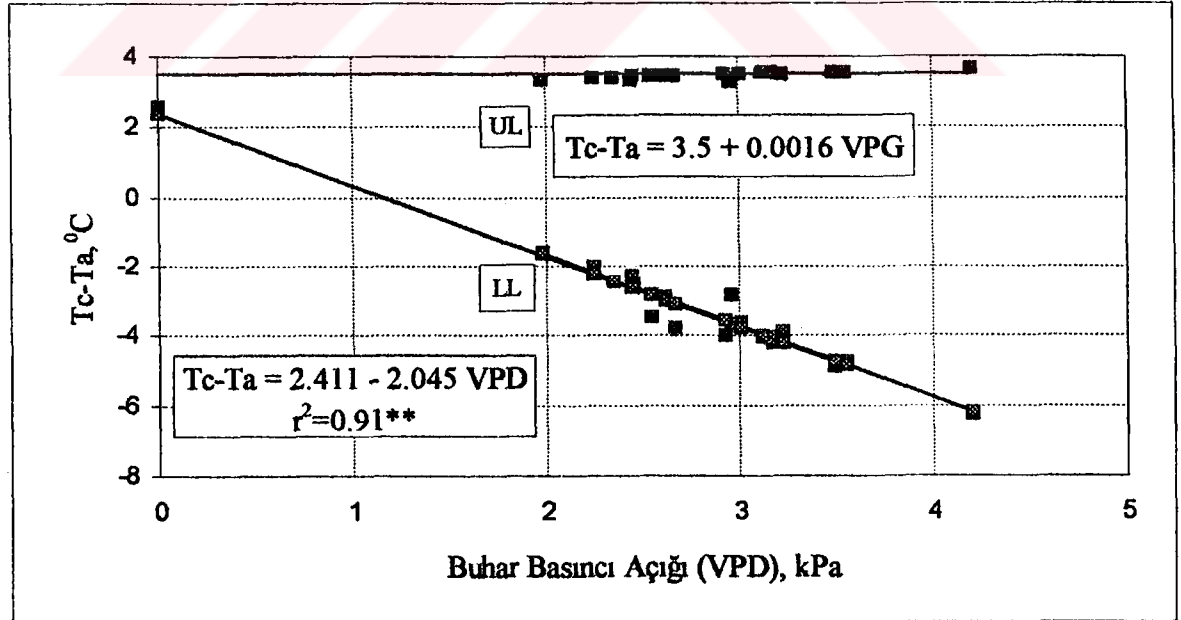
Araştırma yıllarında su stresinin olmadığı alt sınır (LL), diğer bir ifadeyle mısır bitkisinin potansiyel evapotranspirasyon yaptığı koşulu tanımlayan alt sınır, tanık konu (I_{100}) için buhar basıncı açığı (VPD, kPa) ile taç-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$, °C) arasında regresyon yapılarak belirlenen eşitlikler ve bitkinin tamamen su stresinde olduğu, transpirasyon yapmadığı varsayılan, IDSO ve Ark. (1981a) yöntemine göre belirlenen üst sınır (UL) eşitlikleri, sırasıyla Şekil 4.24 ile 4.25'de verilmiştir.

Denemenin birinci ve ikinci yılında saptanan, su stresinin olmadığı koşulu temsil eden alt sınır eşitlikleri, anılan şekilden görüldüğü gibi sırasıyla $T_c - T_a = 2.9017 - 2.66$ VPD ($r^2 = 0.75^{**}$) ve $T_c - T_a = 2.411 - 2.045$ VPD ($r^2 = 0.91^{**}$) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada belirlenen LL eşitliklerindeki arakesitler, IDSO (1982)'nin Tempe (Arizona)'da mısırın vejetatif gelişme döneminde, güneşli koşullarda belirlediği alt sınır eşitliğinin ($T_c - T_a = 3.11 - 1.97$ VPD) arakesit değerinden daha küçük olduğu, ancak eğiminin ise paralellik gösterdiği saptanmıştır. Benzer şekilde su stresinin olmadığı alt sınır eşitliklerini, IDSO ve Ark. (1981a), farklı bitkilerde ve değişik yerlerde yürüttükleri denemelerden elde ettikleri değerleri kullanarak belirlemişlerdir. Anılan araştırmacıların ve bu çalışmada belirlenen LL ilişkilerinin arakesitleri pozitif çıkmıştır. Bu fiziksel olaya, atmosfer tamamen doymun hale getirilerek VPD sıfıra düşürülse bile yapraktan atmosfere



Şekil 4.24. Mısır bitkisine ilişkin alt ve üst sınır ilişkileri (1993)



Şekil 4.25. Mısır bitkisine ilişkin alt ve üst sınır ilişkileri (1994)

pozitif su buharı akısı olmasının neden olduğu saptanmıştır (IDSO ve Ark., 1982). SLACK ve Ark. (1989), bitki boyu arttıkça hava direncinin azaldığını ve yaprak alan indeksi arttıkça da taç direncinin düştüğünü saptamışlardır. Sabit çevre koşulları altında bu iki etmenin birleşiminin, su stresinin olmadığı alt sınırın arakesit değerini önemli derecede düşürdüğünü ve eğimini daha az etkilediğini belirlemişlerdir. Su stresinin olmadığı alt sınır eşitliğinin eğimi ve arakesitinin, örtü %70 düzeyine ulaşınca dek arttığı belirlenmiştir (WANJURA ve Ark., 1990). Bunlara göre LL eşitliğinin arakesitine ve eğimine, VPD sıfır olduğu koşullardaki su buharı akısı, örtü yüzdesi, bitki boyu ve yaprak alanının etkili olduğu söylenebilir.

IDSO (1982), çeşitli bitkilere ilişkin hem deneysel hemde teorik olarak geliştirilen alt sınır çizgilerinin bitkiye bağlı olduğunu deneysel olarak göstermiş ve bazı bitkilerin değişik fenolojik devreleri için alt sınırın farklı olduğunu da ortaya koymuştur. HORST ve Ark. (1989), su stresinin olmadığı alt sınırın bitkinin türüne, çeşidine ve çevre koşullarına bağlı olduğu ayrıca rüzgar hızı, net radyasyon ve bitki tacından etkilendiğini ifade etmişlerdir. Küçük bitkilerin yaprakları büyük bitkilerin yapraklarına göre çevre sıcaklığından daha fazla etkilenmektedir. Bu nedenle, bitki boylarının kısa olduğu yetiştirme mevsimi başında su stresinin olmadığı alt sınıra gereksinim duyulmaktadır (PINTER ve REGINATO, 1982).

Şekil 4.24 ve 25'de görüldüğü gibi üst sınır (UL) eşitlikleri denemenin ilk yılı için $T_c - T_a = 0.0205 \text{ VPG} + 4.2465$ ve ikinci yılı için de $T_c - T_a = 0.0016 \text{ VPG} + 3.5$ olarak saptanmıştır. Bu eşitliklerin eğimleri küçük olduğundan ihmal edilmiştir. UL'teki taç sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) birinci yıl için $4.25 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ikinci yıl için ise $3.5 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak bulunmuştur.

GARDNER ve Ark. (1981b), aşırı su stresi olan konularda bitkilerin güneş gören yaprakların sıcaklığının hava sıcaklığından $4.6 \text{ }^\circ\text{C}$ 'den daha fazla olduğunu bulmuşlardır. LL eşitliği ve UL değerleri, bu çalışmada saptanan eşitliğe ve değerlere benzerlik göstermektedir. O'TOOLE ve HATFIELD (1983), bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırdaki taç-hava sıcaklığı farkına etki eden ana etmenlerin başında rüzgar

hızının geldiğini belirtmişlerdir. Buna karşı HOWELL ve Ark. (1986a), üst sınırın yalnızca taç sıcaklığına bağlı olarak değişebileceğini ifade etmişlerdir.

NIELSEN ve GARDNER (1987), Tyron Nebraska'da yürüttükleri mısır denemesinde LL eşitliğini $T_c - T_a = 2.67 - 2.059 \text{ VPD}$ şeklinde ve UL ise 3°C olarak saptamışlardır. STEELE ve Ark. (1994), Oakes (North Dakota)'da yaptıkları mısır çalışmasında LL eşitliğini $T_c - T_a = 2.14 - 1.97 \text{ VPD}$ ve üst sınırdaki (UL) taç-hava sıcaklık farkını ise 5°C olarak bulmuşlardır. Anılan çalışmadaki LL eşitliğinin arakesit değeri, araştırmanın her iki yılında da bu çalışmada belirlenen arakesit değerinden daha küçük olduğu belirlenmiştir. Anılan çalışmada, bitkinin UL değeri bu denemenin 1. yılında 0.76°C ve 2. yılında ise 1.5°C daha fazla olmuştur.

O'TOOLE ve HATFIELD (1983), CWSI'nin hesaplanmasında en kritik aşamanın bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırın (UL) saptanması olduğunu belirtmişlerdir. Aşırı su stresi altında ölçülen üst sınırdaki ($T_a - T_c$) farkının $2.5 - 8.5^\circ\text{C}$ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Mısır bitkinin potansiyel transpirasyon yaptığı varsayılan alt sınırı (LL) ise $T_a - T_c = 3.36 - 1.89 \text{ VPD}$ şeklinde belirlemişlerdir.

BRAUNWORTH ve MACK (1989a), net radyasyonu 550 W/m^2 , hava direncini (r_a) 10 s/m , Ağustos ayındaki en yüksek sıcaklığı 26.4°C ve ortalama taç sıcaklığını 24.4°C varsayarak su stresinin olmadığı durumu temsil eden alt sınır eşitliğini teorik olarak, $T_c - T_a = 1.178 - 3.861 \text{ VPD}$ şeklinde ve tam sulanan konudan gözlenen değerleri kullanarak elde edilen ampirik eşitliği de, $T_c - T_a = 0.022 - 1.299 \text{ VPD}$ ($r^2 = 0.30$) olarak belirlemişlerdir. Ampirik olarak belirlenen eşitlikteki arakesitin ve eğimin düşük olması ve bu eşitliğin su stresinin olduğu konulardan elde edilen eşitliklerle bile benzerlik göstermesi nedeniyle teorik olarak geliştirdikleri eşitliği bitki su stres indeksinin hesaplanmasında kullanmışlardır. Bu çalışmada belirlenen arakesit değeri, teorik olarak belirlenen arakesit değerinden büyük; eğim ise, teorik olarak belirlenen eğimden küçüktür. Yukarıda adı geçen araştırmacılar, UL değerini 4.6°C olarak saptamışlardır. Anılan UL değeri, bu çalışmada belirlenen UL'den daha büyüktür.

Dünyanın farklı yerlerinde yürütülen denemelerin sonuçlarına göre UL değerleri ile LL ilişkilerinin solar radyasyon, oransal nem, sıcaklık ve bitki koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği söylenebilir.

Deneme konularında sulama zamanında (SZ) ve yetiştirme mevsimi süresince (G) infrared termometre (IRT) ve porometreyle ölçülen değerler kullanılarak, IDSO ve Ark. (1981a); JACKSON ve Ark. (1981) yöntemleriyle belirlenen bitki su stresi indeksi (CWSI) Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. İnfrared Termometre (IRT) ve Porometre (P) ölçümlerinden saptanan bitki su stresi indeksleri (CWSI)

Yöntemler Deneme Yılları	İnfrared Termometre				Porometre			
	1993		1994		1993		1994	
Sulama Konuları	SZ	G	SZ	G	SZ	G	SZ	G
I ₀	0.502	0.391	0.430	0.393	0.660	0.732	0.557	0.558
I ₂₀	0.345	0.168	0.328	0.267	0.540	0.629	0.602	0.480
I ₄₀	0.307	0.143	0.268	0.203	0.446	0.507	0.555	0.428
I ₆₀	0.268	0.122	0.234	0.182	0.385	0.447	0.337	0.327
I ₈₀	0.227	0.096	0.185	0.152	0.265	0.334	0.304	0.249
I ₁₀₀	0.193	0.092	0.189	0.145	0.263	0.290	0.267	0.231

Not: SZ; Sulama zamanındaki, G; Yetiştirme mevsimindeki ortalama bitki su stresi indeksini (CWSI) göstermektedir.

Anılan çizelge incelendiğinde, 1993 ve 1994 yıllarında I₀ sulama konusunda IRT ölçümlerinden belirlenen sulama zamanındaki ortalama CWSI, sırasıyla 0.502 ve 0.430; I₁₀₀ konusunda 0.193 ve 0.189; diğer sulama konularında ise bu iki değer arasında değişmiştir.

Mısırın tüm yetiştirme mevsimi boyunca yapılan IRT ölçümlerinden elde edilen ortalama CWSI değerleri denemenin 1. ve 2. yıllarında I₀ sulama konusunda sırasıyla 0.391 ve 0.393; I₁₀₀ sulama konusunda 0.092 ve 0.145; diğer konulara ilişkin ortalama CWSI'nin bu değerler arasında değiştiği saptanmıştır. Sulama zamanlarında bitki kök bölgesinde kullanılabilir su düzeyinin azalması CWSI değerlerinin artmasına neden olmuştur (HOWELL ve MUSICK, 1984). O'TOOLE ve HATFIELD (1983), California'da mısırın gereksinim duyduğu suyu vererek, rüzgar hızının düşük ve yüksek olduğu koşullarda ölçtükleri değerleri kullanmak suretiyle, IDSO ve Ark. (1981a)

yöntemiyle bitki su stres indeksini (CWSI) sırasıyla 1.20 ve 0.75 olarak saptamışlardır. CWSI'nin 1.0'den büyük olmasını şöyle açıklamışlardır: Üst sınırın, olması gerekenden büyük olması, (ETa/ETp)'nin yapay olarak azalmasına neden olmakta ve bunun sonucunda CWSI'yi 1'den büyük çıkarmaktadır. Anılan araştırmacıların yüksek ve düşük rüzgarlı koşullarda belirledikleri CWSI değerinin bu çalışmada I₀ sulama konusunda sulama zamanında belirlenen değerlerden bile çok büyük olduğu belirlenmiştir. NIELSEN ve GARDNER (1987), USDA Central Great Plains'de, mısır 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.6 CWSI eşik değerlerine ulaştığında sulamaya başlamışlar ve sözkonusu yapılan bu uygulamalardan sonra gerçekleşen CWSI değerlerini sırasıyla 0.27, 0.33, 0.46 ve 0.68 olarak bulmuşlardır. Anılan araştırmacılar, belirledikleri CWSI'in, eşik CWSI'den farklı çıkmasını; bitkilerin yalnız sulama zamanındaki CWSI'den değil tüm mevsim içindeki CWSI'den etkilendiğini saptamışlardır. Sözkonusu bu değerlerle bu çalışmada saptanan değerler arasında paralellik görülmektedir.

Sulama zamanında, denemenin 1. ve 2. yılında porometre ölçümlerinden belirlenen ortalama CWSI değerleri, I₀ sulama konusunda 0.660 ve 0.557 olarak belirlenmiş; I₂₀, I₄₀, I₆₀ ve I₈₀ konularında ortalama değerler sırasıyla giderek azalmış; en çok sulanan I₁₀₀ konusunda ise sırasıyla 0.263 ve 0.267'e düşmüştür. KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında en fazla su alan konuda CWSI değerlerinin 0.13-0.43; en az su alan konuda ise 0.42-0.73 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmada belirlenen değerler anılan araştırmacının bulunduğu sınırlar içerisinde kalmaktadır. Ancak, az sulanan konudaki CWSI değerinin üst sınırı bu çalışmada belirlenen değerden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.13 incelendiğinde, infrared termometre verileri kullanılarak belirlenen CWSI değerlerinin genelde, porometre değerlerinden yararlanarak belirlenen CWSI değerlerinden daha küçük olduğu saptanmıştır. IRT yöntemiyle belirlenen CWSI değerlerinin daha düşük çıkması yöntemin kendi özelliği veya porometre yönteminde bitki tacının üst kısmında güneş gören yapraklardan yapılan noktasal ölçümlerden kaynaklanabilir.

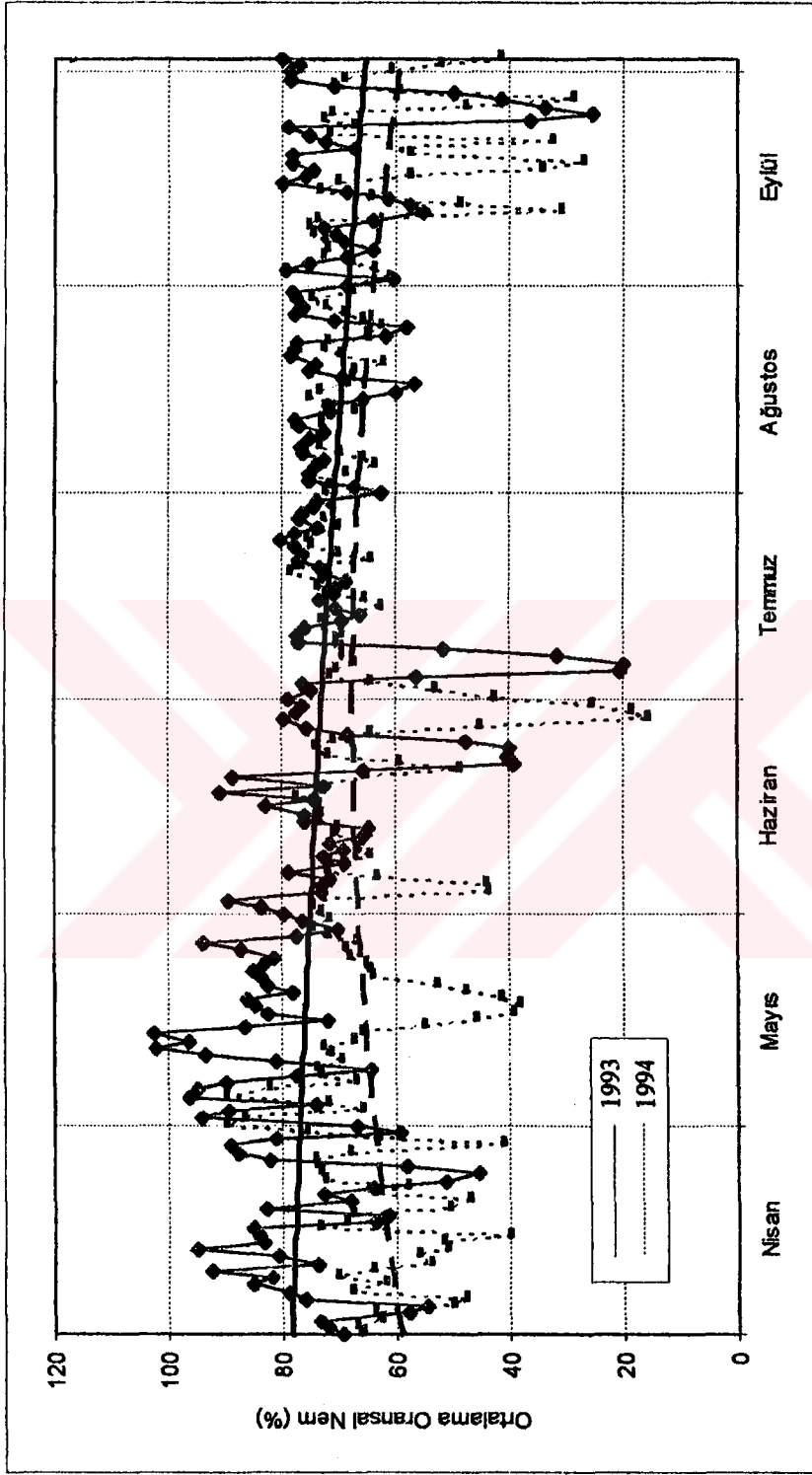
Çalışmanın ikinci yılında, yetiştirme mevsimi boyunca sulama konularındaki IRT verilerinden saptanan ortalama CWSI değerlerinin, birinci yılda belirlenen CWSI

değerlerinden daha büyük olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisinin yetiştirme mevsimi süresince, denemenin ikinci yılında ortalama oransal nemin ilk yıla göre daha düşük; yetiştirme mevsimi başında, ortalama sıcaklığın daha fazla ve IRT gözlemlerinin yoğun olarak yapıldığı Haziran ile Temmuz aylarında rüzgar hızının daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.26-28). Bunun sonucunda da, mevsimlik ortalama CWSI değerlerinin denemenin ikinci yılında birinci yıla göre daha büyük çıktığı söylenebilir.

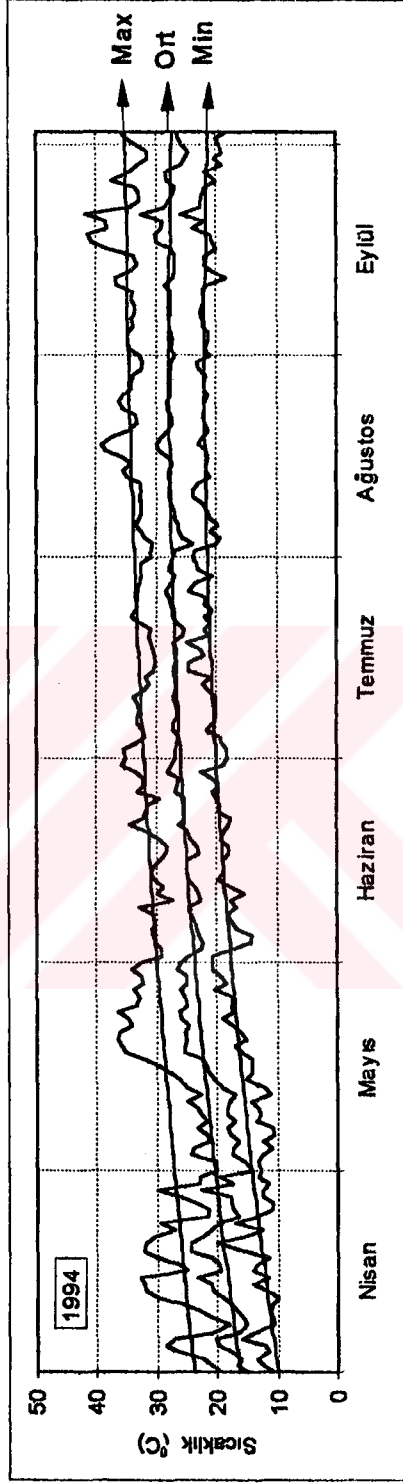
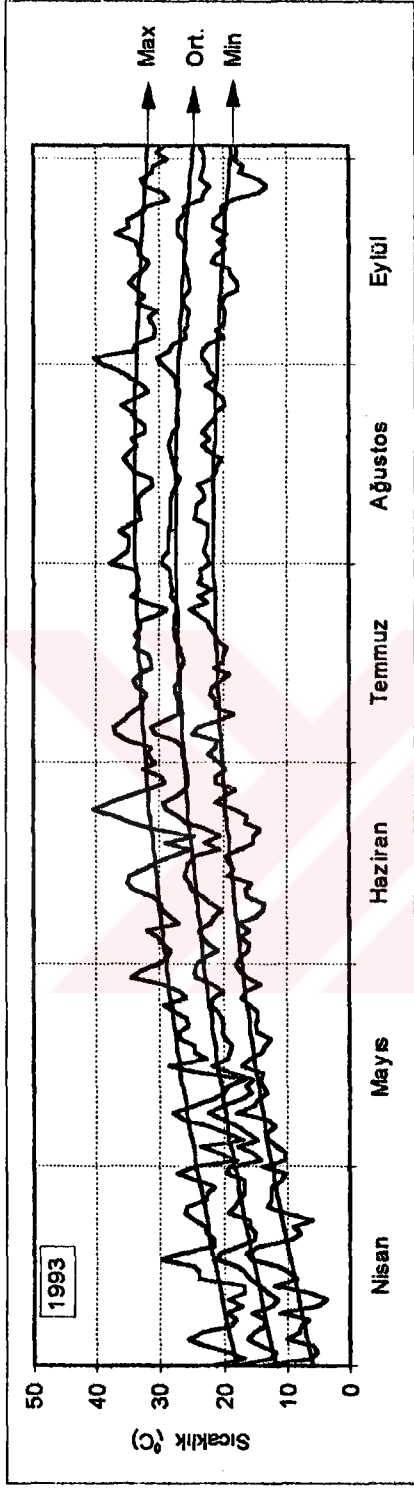
Deneme konularında, 1993 ve 1994 yıllarında ölçülen infrared termometre değerlerinden belirlenen bitki su stres indekslerinin sulama mevsimindeki değişimleri sırasıyla Şekil 4.29a ve b'de verilmiştir.

Anılan şekiller incelendiğinde CWSI'nin, I_0 sulama konusunda en yüksek ve I_{100} sulama konusunda ise genelde en düşük olduğu görülmüştür. Genellikle su kısıntısının fazla olduğu konularda daha yüksek CWSI değerleri bulunmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalarda, CWSI değerlerinin toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak arttığı gözlenmiştir (REGINATO ve HOWE, 1985; KÖKSAL, 1995). CWSI'nin, I_{80} konusunda yılın bazı günlerinde ise I_{100} sulama konusunun da altına düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, CWSI yılın kimi günlerinde sıfırın altına inerek negatif değerli olmuştur.

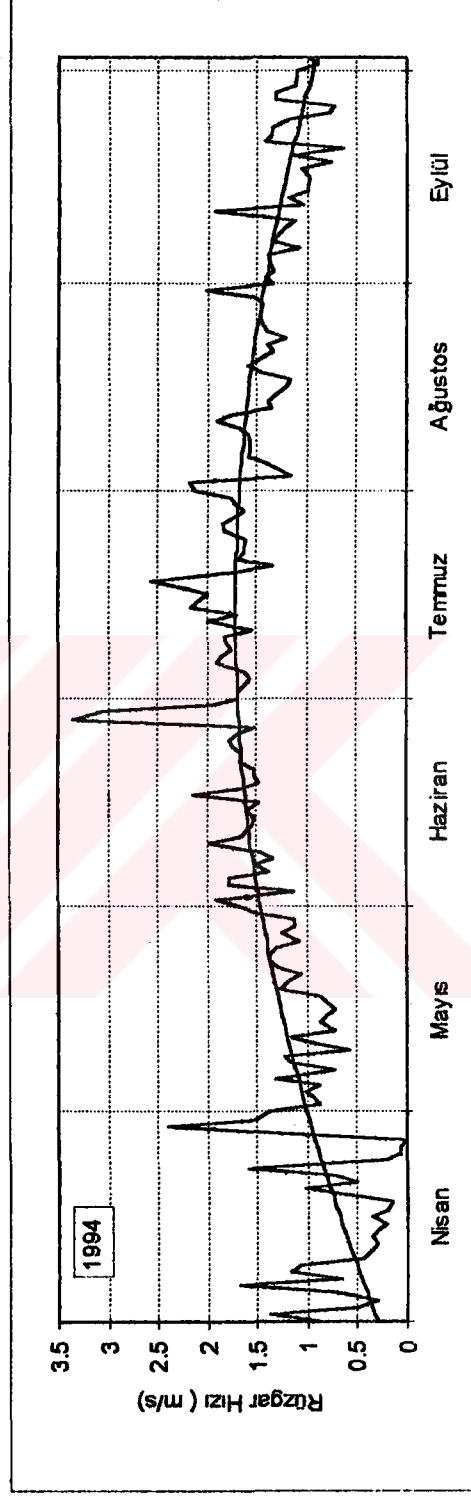
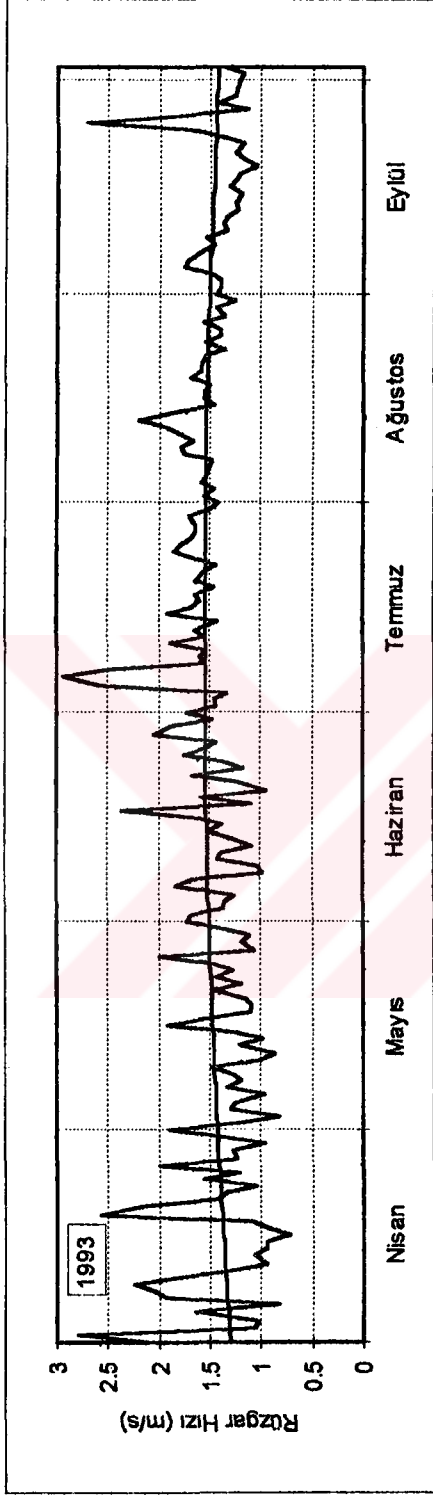
Bitki su stresi indeksi sulamalardan önce genelde o dönem için en yüksek değere çıkmakta ve sulamadan sonra yeniden düşmeye başlayarak belirli bir süre sonra en düşük değere ulaşmaktadır (Şekil 4.29a ve b). JACKSON (1982)'ın bildirdiğine göre HSIOA (1973), CWSI'in sulamadan hemen sonra en düşük değere ulaşmadığını ve en düşük değere ulaşması için bir kaç gün geçmesi gerektiği belirtmiştir. Anılan sürenin uzunluğu CWSI'nin büyüklüğüne, bitki çeşidine ve gelişme dönemlerine bağlıdır. Ayrıca bitki yapraklarının yeniden turgor kazanması ve su stresi sırasında kuruyan kılcal köklerin yeniden gelişerek normal işlevini yerine getirebilmesi için zamana gereksinimi olduğu belirtilmiştir. Anılan araştırmacı gereksinim duyulan bu süreyi turgora ulaşma süresi olarak tanımlamıştır.



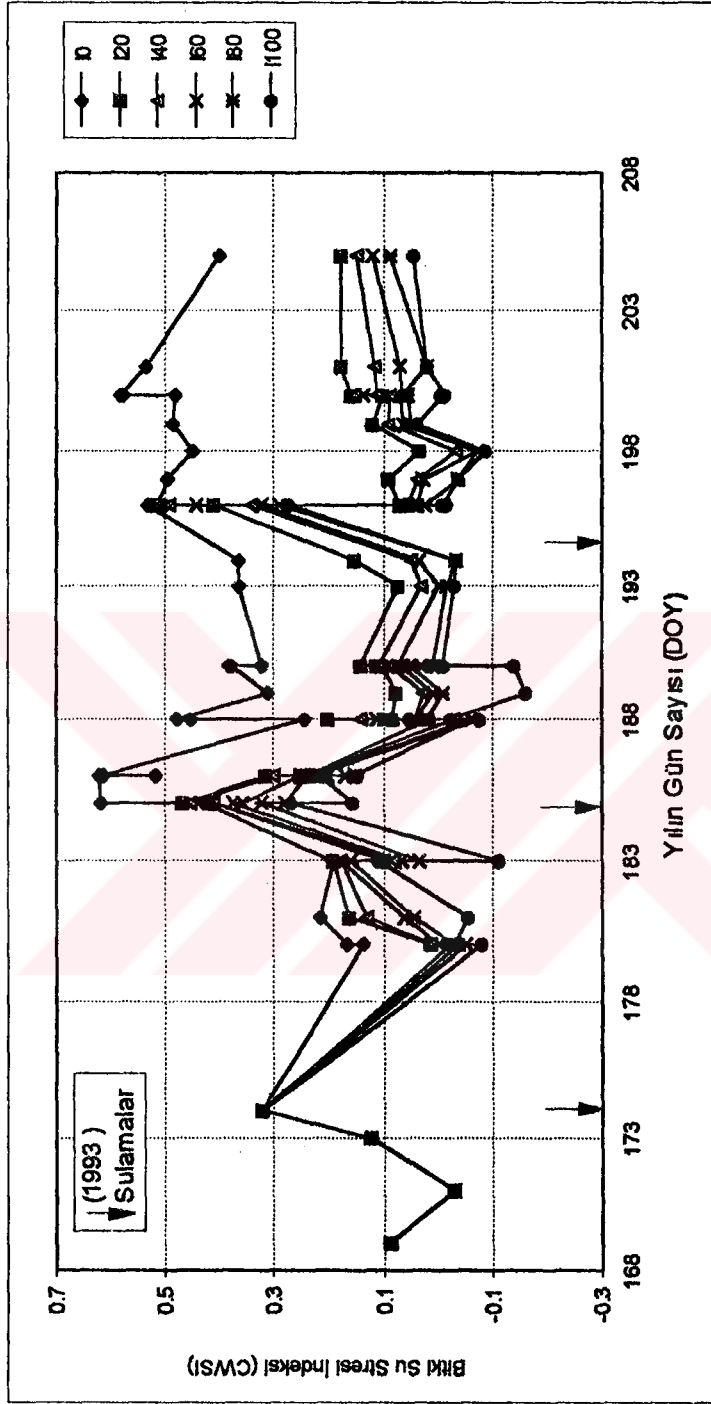
Şekil 4.26. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetiştirme dönemindeki günlük ortalama nem değişimi



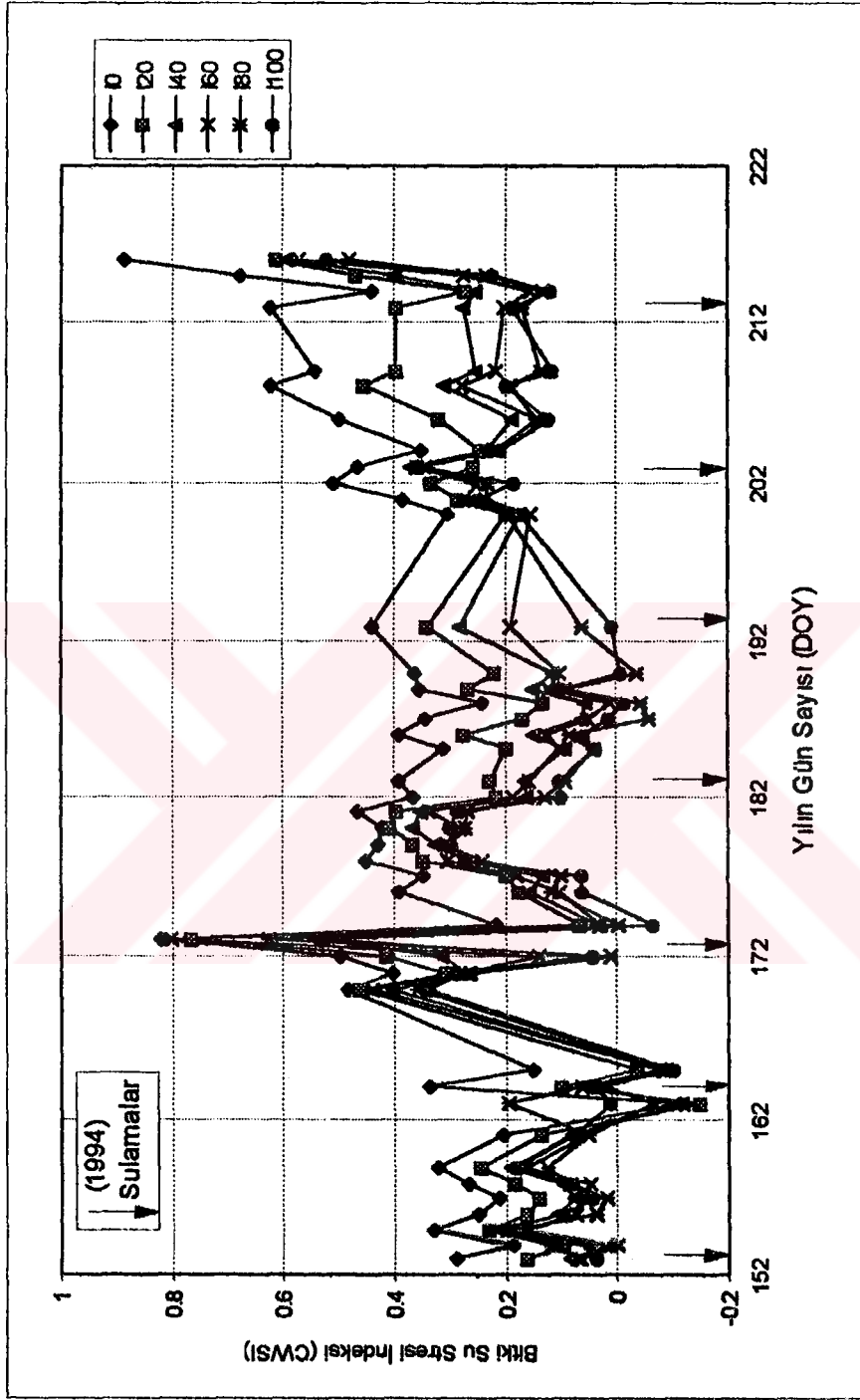
Şekil 4.27. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetiştirme dönemindeki günlük sıcaklık değerleri değişimi



Şekil 4.28. Araştırma yıllarında mısır bitkisinin yetiştirme dönemindeki günlük rüzgar hızı değişimi



Şekil 4.29a. İnfrared termometre gözlemlerinden saptanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi

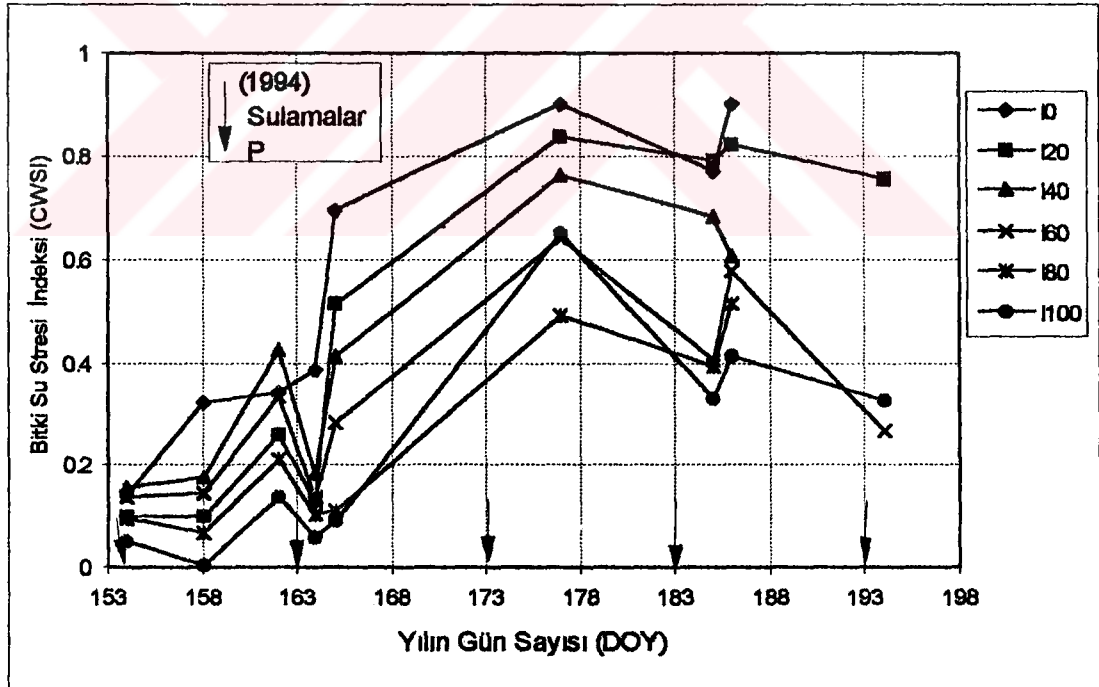
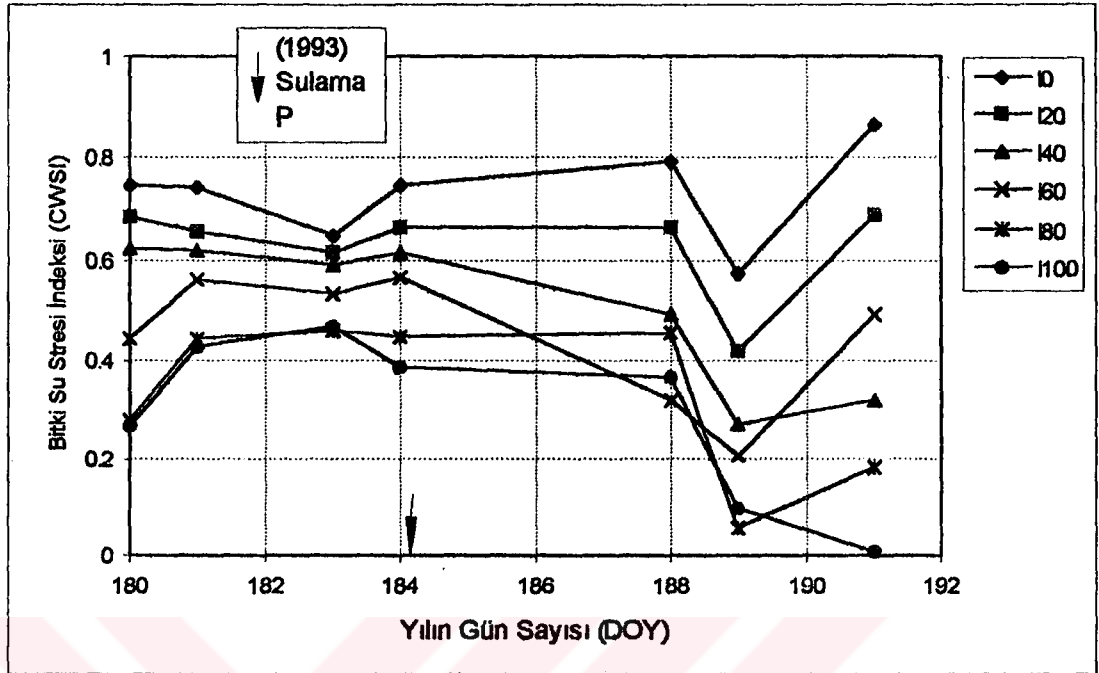


Şekil 4.29b. İnfrared termometre gözlemlerinden saptanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi

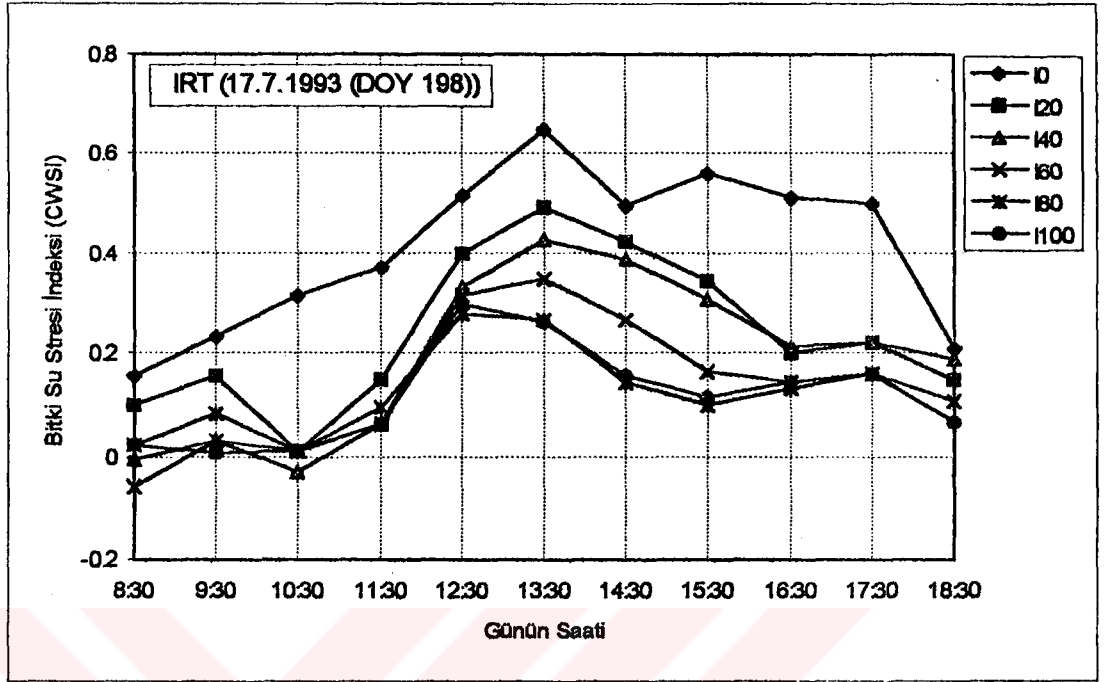
Porometre gözlemleri kullanılarak araştırmanın 1. ve 2. yılında saptanan CWSI, zamana göre grafiklenerek Şekil 4.30'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde, porometre yardımıyla belirlenen CWSI değerlerinin IRT kullanarak saptanan CWSI değerlerine paralellik gösterdiği görülmüştür. Mısırın yetiştirme mevsimi boyunca CWSI'nin, I_{100} ve I_{80} sulama konularında en düşük, I_0 konusunda ise en yüksek olduğu gözlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında, sulamadan sonra, birer gün aralıklarla yapılan gözlemlerde, su kısıntısının fazla olmadığı konularda CWSI, sulamadan ancak 3 gün sonra düşmüş ve sonra yeniden yükselmeye başlamıştır. Denemenin 2. yılında ise birinci yılında olduğu gibi sulamalardan sonra CWSI değeri azalmış ve sulama zamanına dek yeniden yükselmiştir.

HOWELL ve MUSICK (1984), sulamalardan sonra CWSI değerlerinin en aza indiğini ve bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su azaldıkça tekrar yükseldiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, iki sulama arasında CWSI değerlerinin, atmosferin buharlaştırma (evaporatif) istemine, bitkilerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak ve bitki kök bölgesinde depolanan su miktarıyla ters orantılı arttığını belirlemişlerdir. BUCKS ve Ark. (1985), uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça taç sıcaklığının arttığını, buna bağlı olarak CWSI'nin yükseldiğini gözlemişlerdir. Sulamadan sonra da CWSI'nin kısa bir süre daha yükselmeye devam ettiği saptamışlardır. KÖKSAL (1995), sulamalardan sonra CWSI değerlerinin genellikle düştüğünü ve su kısıntısı arttıkça CWSI değerinin yükseldiğini gözlemiştir. Bunların yanında, mısır bitkisinin belirli gelişme dönemlerinde sulama yapılmayarak meydana getirilen su geriliminin, bunu izleyen ardıl dönemlerde de etkisini sürdürdüğü hatta daha yüksek değerlere ulaştığını bulmuştur.

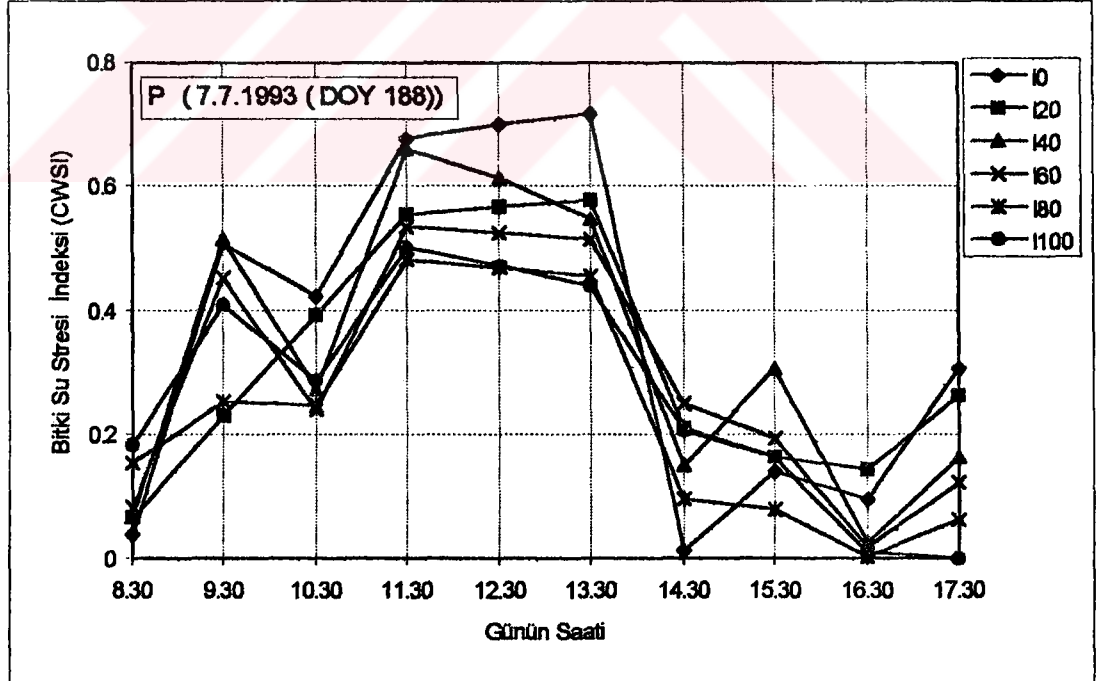
Araştırmanın birinci yılında CWSI'nin gün boyunca değişimi, IRT ve porometre kullanılarak sırasıyla 17.7.1993 (sulamadan yaklaşık 2 gün sonra, DOY 198) ve 7.7.1993 tarihlerinde (sulamadan yaklaşık 2 gün sonra, DOY 188) belirlenmiştir (Şekil 4.31 ve 4.32). IRT değerlerini kullanarak günün saatlerine göre belirlenen CWSI'nin (Şekil 4.31); saat 8:30'da en düşük, 13:30 civarında en yüksek değere ulaştığı, sonra yeniden saat 16:30'da azaldığı (I_0 , I_{80} ve I_{100} sulama konuları dışında) ve 18:30'a dek yaklaşık sabit bir değer izlediği belirlenmiştir. I_0 sulama konusunda CWSI değerinin saat 17:30



Şekil 4.30. Porometre değerlerinden saptanan CWSI'nin zamana göre değişimi



Şekil 4.31. IRT değerlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi



Şekil 4.32. Porometre değerlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi

dek yüksek, 18:30'da aniden düştüğü gözlenmiştir. Saat 13:30 civarında CWSI'nin, I_0 konusunda yaklaşık 0.65; I_{80} ve I_{100} konularında ise 0.28 olduğu; diğer konularda ise bu değerler arasında değiştiği saptanmıştır.

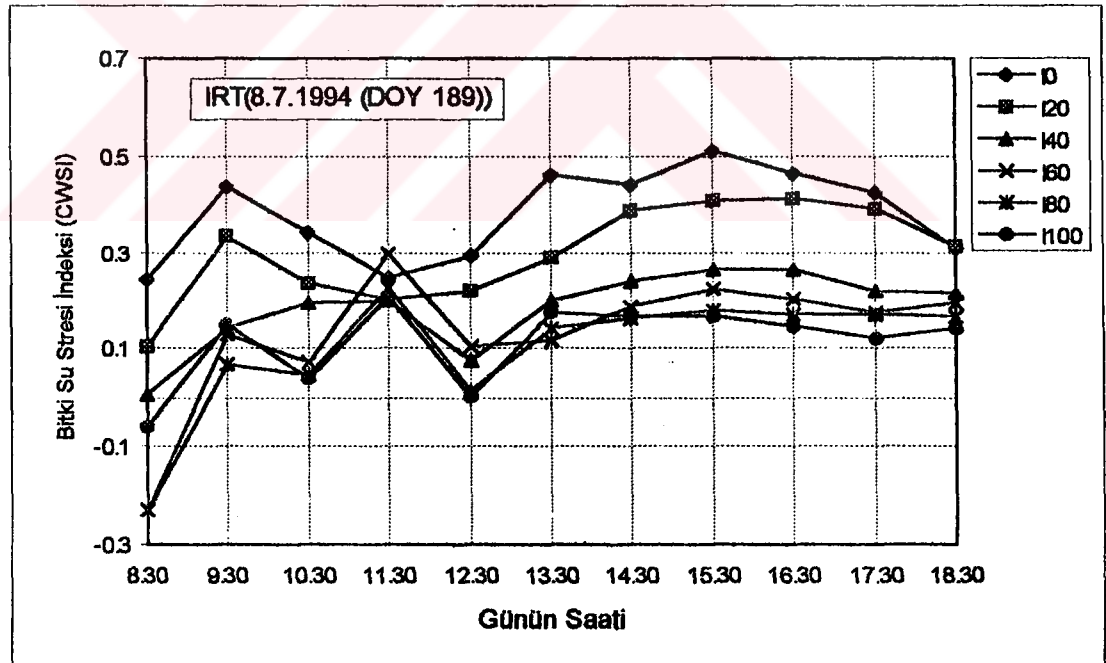
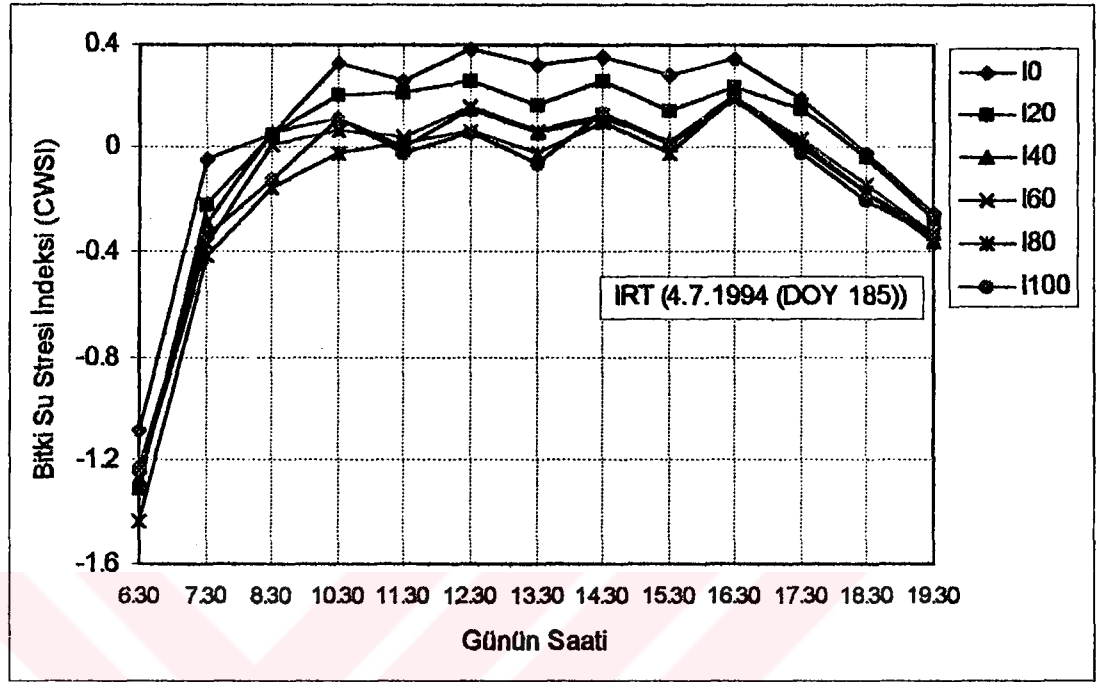
Günlük porometre ölçümlerinden hesaplanan CWSI değerlerini gösteren Şekil 4.32 incelendiğinde, Şekil 4.39'da verilen günlük CWSI'de olduğu gibi sabah saatlerinde düşük, öğle saatlerinde en yüksek değere ulaşmış ve akşam saatlerinde yeniden düşmüştür. Söz konusu şekilde, en yüksek CWSI değerine I_{40} , I_{60} , I_{80} ve I_{100} konularında saat 11:30'da; I_0 ve I_{20} konularında ise 13:30'da ulaşılmıştır.

Denemenin ikinci yılında 4.7.1994 (DOY 185) ve 8.7.1994 (DOY 189) tarihlerinde IRT değerleri kullanılarak saptanan günlük CWSI'yi Şekil 4.33'de; 13.7.1994 (DOY 194) tarihlerinde porometre değerlerinden saptanan günlük CWSI ise Şekil 4.34'de verilmiştir.

Şekil 4.33 incelendiğinde (IRT kullanılarak DOY 185) sabah saat 6:30'da bütün konuların CWSI'leri negatif değerli, gün ilerledikçe CWSI pozitif olmuş ve saat 12:30'a kadar değeri yükselmiştir. I_{80} ve I_{100} ; I_{40} ve I_{60} ; I_{20} ve I_0 sulama konularının CWSI'leri sırasıyla 0.1, 0.2, 0.25 ve 0.4 olarak saptanmıştır. Saat 10:30 ile 16:30 arasındaki CWSI değerlerinde çok az bir değişim olmuştur.

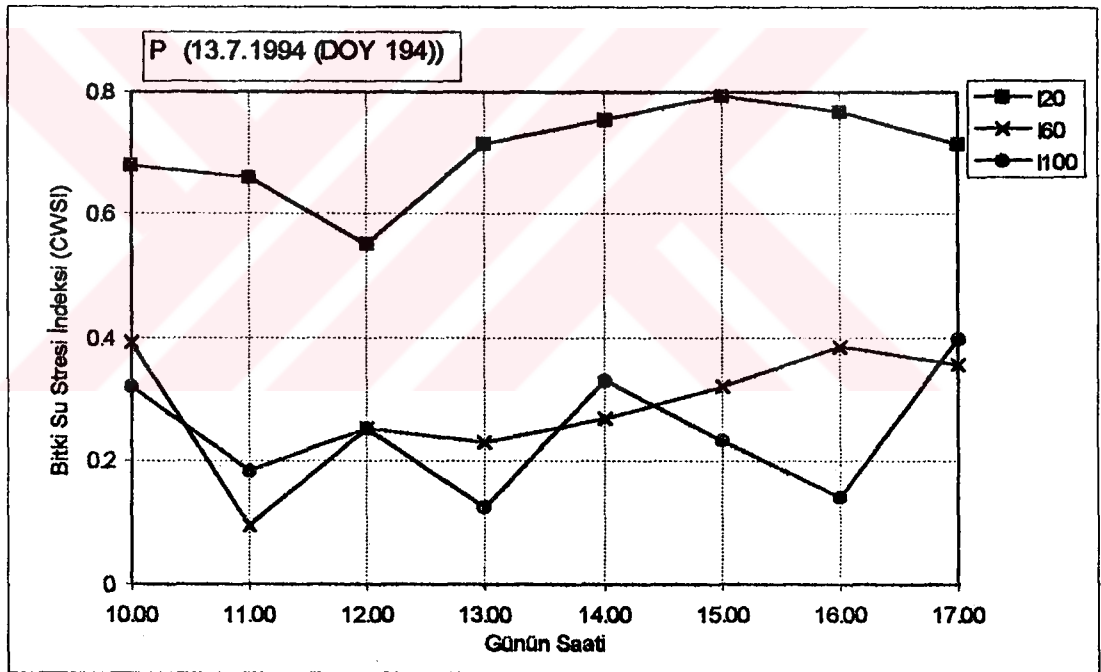
Şekil 4.33'de görüldüğü gibi (IRT değerlerini kullanarak DOY 189) öğleden önceki saatlerde CWSI değerlerinde dalgalanmalar olmuştur. Su stresinin olmadığı I_{100} konusunda CWSI değerlerindeki dalgalanmaların rüzgar hızındaki ve solar radyasyondaki değişimlerden kaynaklanabileceği söylenebilir. Saat 12:30 ile 18:30 arası dikkate alındığında CWSI, tüm sulama konularında yaklaşık en yüksek değerine saat 15:30'da erişmiş ve sonra giderek azalma göstermiştir.

Şekil 4.34 incelendiğinde (DOY 194 günlük porometre değerleri kullanılarak), en yüksek CWSI değeri I_{20} konusunda (CWSI = 0.79) saat 15:00'de; I_{60} konusunda (CWSI = 0.4) saat 10:00'da ve I_{100} konusunda (CWSI = 0.4) ise saat 17:00'de belirlenmiştir. Tüm bunların sonucunda, genellikle günlük CWSI değerleri öğle saatlerinde en yüksek değere ulaştığı ve sonra tekrar giderek azaldığı söylenebilir.



Şekil 4.33. Farklı ölçüm tarihlerinde CWSI'nin gün boyunca değişimi

STOCKLE ve DUGAS (1992), düşük buhar basıncı koşullarında, CWSI değerlerinin günden güne önemli düzeyde değiştiği saptanmıştır. HOWELL ve Ark. (1994), atmosferin buharlaşma isteminin öğle saatlerinde arttığını ve buna bağlı olarak günlük CWSI değerinin yükseldiğini bulmuşlardır. BRAUNWOTH ve MACK (1989a), genelde maksimum CWSI değerlerine saat 10:00 ile 17:00 arasında ulaşıldığını ve kullanılabilir suyun azaldığı koşullarda CWSI değerinin daha da yüksek olduğunu gözlemişlerdir. IDSO ve Ark. (1981a) CWSI değerinin, öğleden 1 veya 2 saat sonra maksimum değerine ulaştığını, anılan periyodun CWSI'ni belirlemek için en uygun zaman olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.34. Porometre gözlemlerinden saptanan CWSI'nin gün boyunca değişimi

4.17. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ile Dane Verimi İlişkisi

Denemenin ilk ve ikinci yılında, sulama konularından saptanan oransal dane verimiyle sulamalardan önceki IRT ve porometre (P) gözlemlerinden elde edilen ortalama CWSI değerleri arasında doğrusal ilişkiler saptanmıştır. Ayrıca iki yıllık sonuçların birlikte değerlendirilmesi sonucunda 2 yöntem için de ayrı ayrı doğrusal ilişkiler bulunmuştur (Şekil 4.35 ve 4.36).

Şekil 4.35'de görüleceği gibi IRT gözlemlerinden saptanan verimin azalmaya başladığı CWSI eşik değeri (ct) denemenin ilk yılında 0.20, ikinci yılında 0.178 ve iki yıllık sonuçların birlikte değerlendirilmesinden ise 0.19 olarak saptanmıştır.

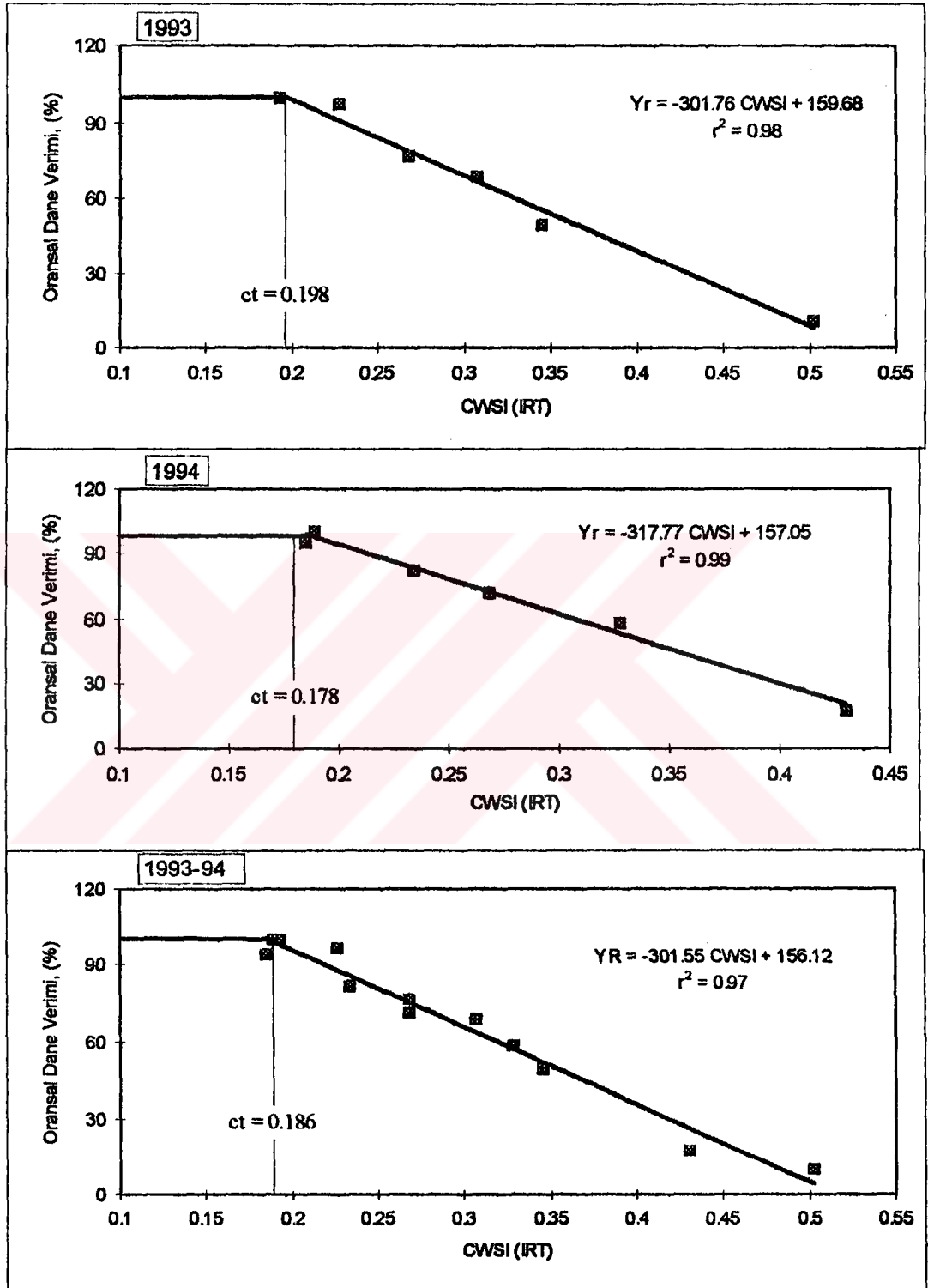
Porometre okumalarından belirlenen, mısır dane veriminin azalmaya başladığı CWSI eşik değeri (ct) (Şekil 4.36) denemenin her iki yılı için de 0.27; 1993 ve 1994 yıllarının birleştirilmiş değerlerinden ise 0.26 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada bulunan eşik değeri sonuçları ile aşağıda verilen araştırmacıların sonuçları arasında benzerlik görülmektedir.

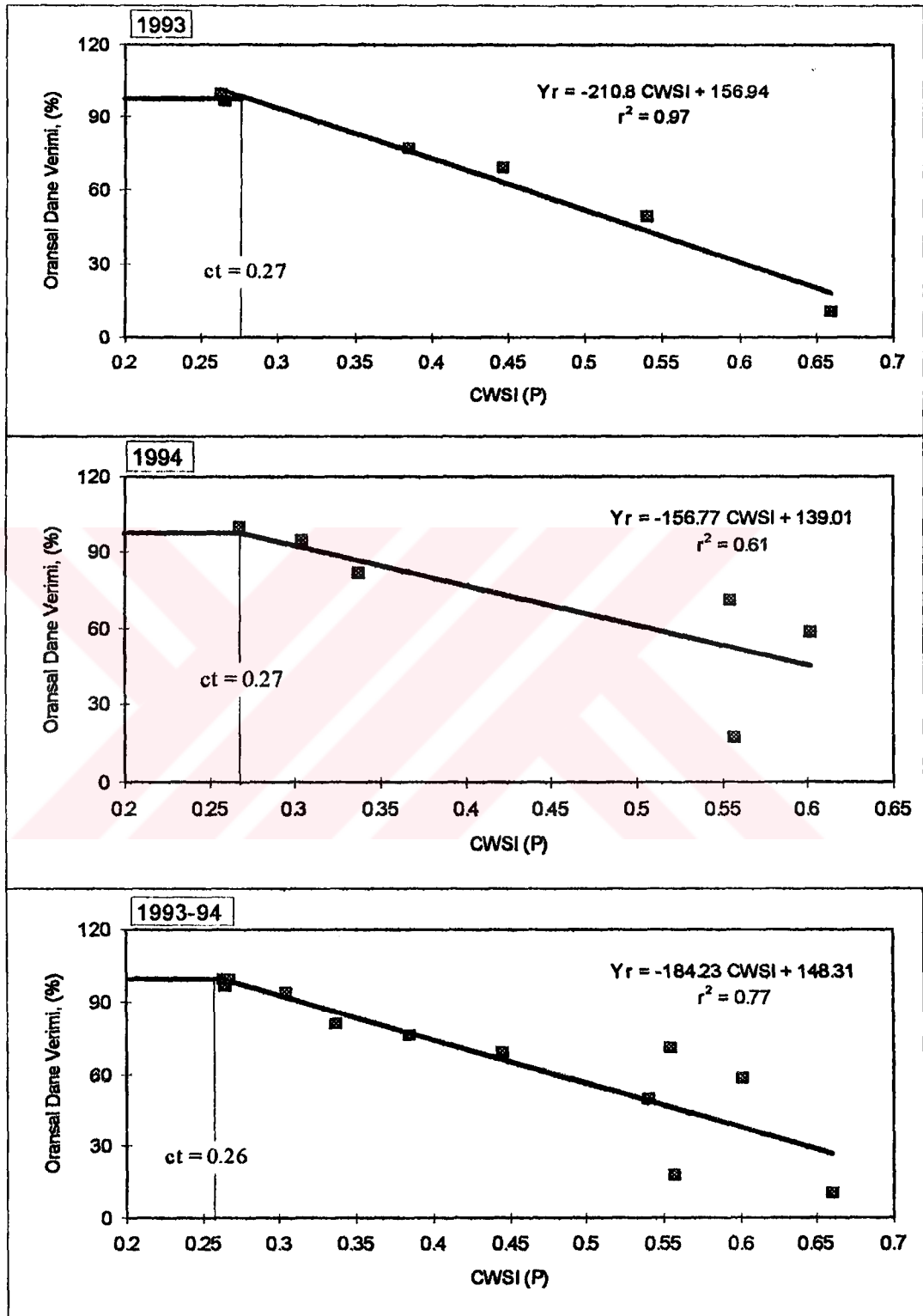
NIELSEN ve GARDNER (1987), CWSI değerinin 0.2 olduğu sulama konusunun fiziksel ve ekonomik yönden mısır bitkisi için en uygun sulama zamanı olduğunu belirtmişlerdir. KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında eşik değerini dane verimi için 0.33, kuru madde için de 0.32 olarak bulmuştur. STEELLE ve Ark. (1994), North Dakota'da mısırın CWSI değeri 0.2 ve 0.4 olduğunda aşırı verim kaybı olmadan su tasarrufu sağlamışlardır. Ayrıca, REGINATO (1983), CWSI değerinin 0.2'ye eşit veya 0.2'den küçük olduğu koşullarda bitkilerde su stresinin etkilerinin çok az ya da hiç görülmediğini belirlemiştir.

CWSI eşik değeri, IRT gözlemlerinde 0.19 ve porometrede ise 0.26 olduğunda Çukurova Bölgesinde birinci ürün olarak yetiştirilen mısır veriminin düşmeye başladığı sınır olarak kabul edilebilir. Bir başka anlatımla CWSI, değinilen eşik değerlerinin üzerine çıktığında mısır dane veriminde düşmelerin beklenebileceği söylenebilir.

Sulama zamanının belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılan CWSI değerleri iklim, toprak, yıl içindeki ekim dönemlerine ve bitkinin gelişme dönemlerine göre değişebilir.



Şekil 4.35. Oransal dane verimi ile IRT yöntemiyle belirlenen CWSI ilişkisi



Şekil 4.36. Oransal dane verimi ile porometre yöntemiyle belirlenen CWSI ilişkisi

4.18. CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Testi

Çukurova koşullarında 1993 ve 1994 yıllarında yürütülen I. ürün mısır denemesinden derlenen toprak ve bitki parametreleri ile iklim istasyonundan alınan iklim verileri kullanılarak CERES-Maize (V2.1) bitki büyüme modeli test edilmiştir.

Önce GENCALC (Genotype Coefficient Calculator) bilgisayar programı kullanılarak TTM-815 mısır çeşidinin genetik katsayıları belirlenmiş ve sonra CERES-Maize bitki büyüme modelinde anılan genetik katsayılar kullanılarak test edilmiştir.

Denemenin her iki yılında da genetik katsayıların aynı olduğu saptanmıştır. Saptanan bu değerler Çizelge 4.14'de verilmiştir. Anılan çizelgede kullanılan P_1 , P_2 , P_5 , G_2 ve G_3 simgelerine ilişkin açıklamalar Materyal-Metod bölümünde verilmiştir.

Çizelge 4.14. TTM-815 mısır çeşidine ilişkin Genetik Katsayılar

Çeşit	Genetik Katsayılar				
	P_1	P_2	P_5	G_2	G_3
TTM-815	230	0.0	770.0	600.0	11.5
1993-1994	230	0.0	770.0	600.0	11.5

GENCALC bilgisayar paket programıyla belirlenen genetik katsayılar (P_1 , P_2 , P_5 , G_2 ve G_3) ile CERES-Maize bitki büyüme modelinde verilen genetik katsayıların benzer olduğu görülmüştür.

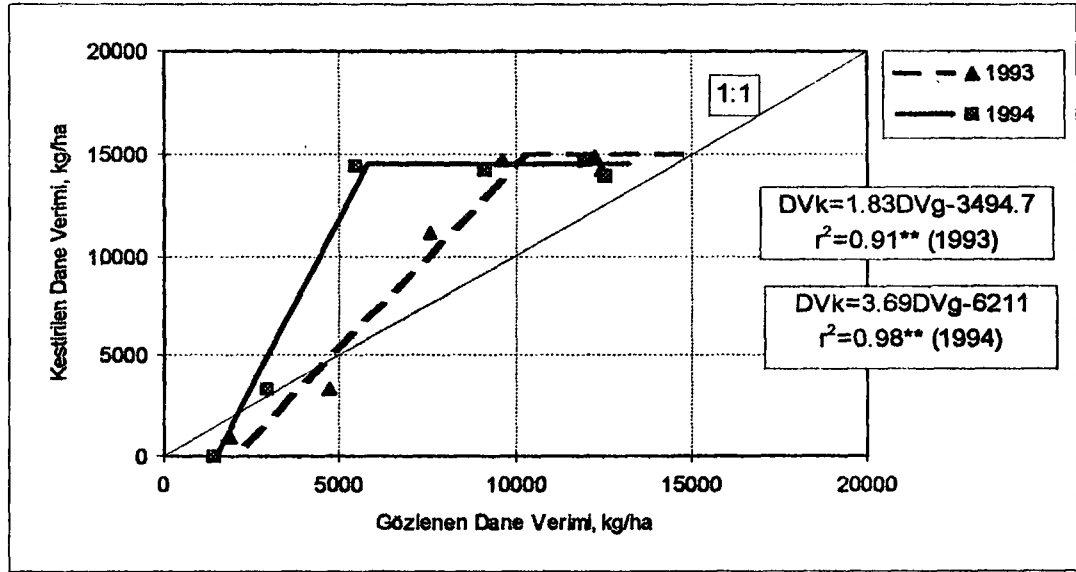
Deneme yıllarında Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi, I_0 konusunda modelle kestirilen dane veriminin gözlenen değerlerden küçük olduğu; I_{40} , I_{60} , I_{80} ve I_{100} konularında ise kestirilen dane verimlerinin gözlenen değerlerden daha büyük olduğu saptanmıştır. I_{20} konusunda ise denemenin ilk yılında gözlenen değer kestirilen değerden daha büyük, ikinci yılında bunun tersi olmuştur. Modelin, iki yıllık ortalama dane verimini I_{100} sulama konusunda %13 ile en düşük; I_{40} konusunda ise %107.2 ile en yüksek bir farkla tahmin ettiği belirlenmiştir. Denemede en yüksek dane verimi I_{100} sulama konusundan elde edilirken, model ise en yüksek dane verimini, her iki deneme yılında da I_{80} konusunda kestirmiştir. Denemenin ikinci yılında I_0 konusuna su uygulanmadığından, model bu konu

Çizelge 4.15. Denemede gözlenen ve CERES-Maize bitki büyüme modeliyle kestirilen değerler

Yıl	1993											
	I ₀		I ₂₀		I ₄₀		I ₆₀		I ₈₀		I ₁₀₀	
Sulama konuları	Kestirilen	Gözlenen	Kestirilen	Gözlenen	Kestirilen	Gözlenen	Kestirilen	Gözlenen	Kestirilen	Gözlenen	Kestirilen	Gözlenen
Verim unsurları	908	1910	3301	4710	11189	7450	14707	9610	14934	12270	14255	12440
Dane verimi kg/ha	0.107	0.162	0.169	0.193	0.260	0.256	0.306	0.301	0.306	0.330	0.306	0.333
Dane ağırlığı g/adet	717	1187	1646	2448	3632	2910	4063	3193	4125	3724	3938	3741
Dane sayısı adet/m ²	108.67	258.00	253.18	375.00	558.73	446.00	625.00	454.00	625.00	490.00	625.00	527.00
LAI	3.43	3.43	4.41	3.54	4.68	3.90	4.68	4.27	4.73	4.88	4.60	5.03
Kuru madde kg/ha	7125	7600	10832	11525	20354	15750	24413	19950	24763	25550	23712	26350
Mısır sapı kg/ha	6357	5680	8043	6860	10899	8390	11985	10390	12144	13330	11667	13950
	1994											
Dane verimi kg/ha	0.000	1460	3256	2910	14457	5470	14258	9120	14718	11980	14028	12530
Dane ağırlığı g/adet	0.000	0.134	0.127	0.167	0.310	0.227	0.311	0.279	0.311	0.311	0.311	0.321
Dane sayısı adet/m ²	145	1083	2172	1742	3938	2412	3875	3266	4000	3856	3813	3900
Dane sayısı adet/koçan	70.34	284.00	350.31	330.00	625.00	375.00	625.00	427.00	625.00	498.00	625.00	509.00
LAI	3.20	3.27	4.73	3.98	5.10	4.08	5.05	4.72	5.15	5.02	5.00	5.35
Kuru madde kg/ha	6197	7200	12008	11600	24686	15800	24326	20300	25096	26500	23941	29000
Mısır sapı kg/ha	6197	5800	9256	8700	12469	10300	12278	11200	12660	14500	12087	16500

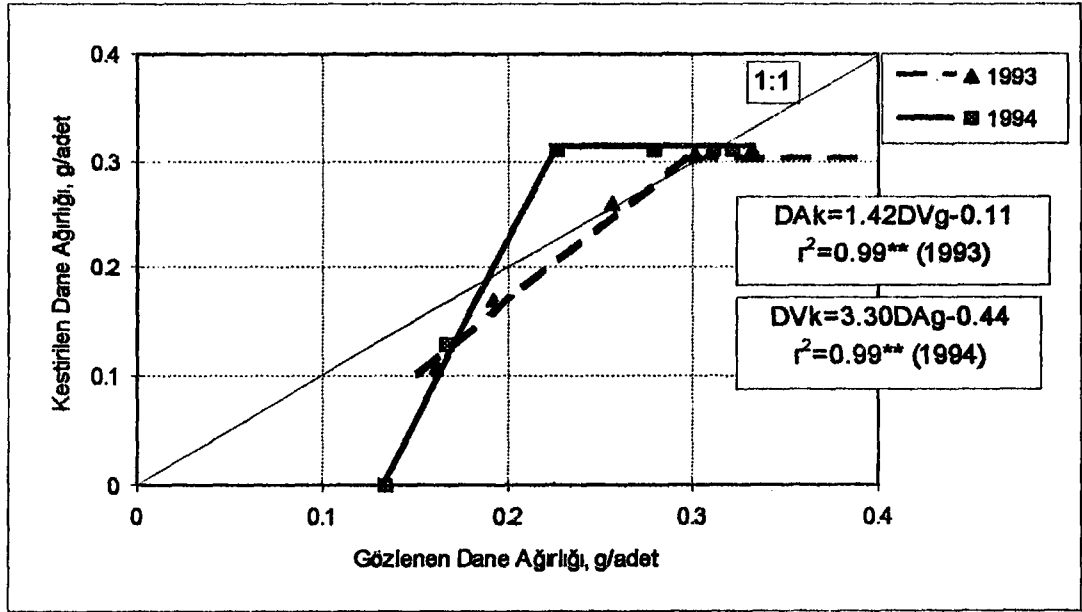
için dane verim kestirimi yapamamıştır. Ancak, 1993 yılında I_0 sulama konusuna yalnızca 102 mm sulama suyu uygulanması durumunda model, bu konu için 90.8 kg/da verim tahmini yapmıştır. Bunun sonucunda, CERES-Maize modelinin sulama suyuna karşı oldukça duyarlı olduğu söylenebilir. KÖKSAL (1995), Çukurova koşullarında yaptığı yaptığı çalışmada benzer sonuçları bulmuştur. Her iki yılda da CERES-Maize bitki büyüme modeli I_{40} sulama konusunda gözlenen verim ile kestirilen verim değerleri arasındaki farkı, diğer konularında saptanan farklılara göre çok daha yüksek sezinlemiştir.

Gözlenen ve kestirilen dane verimlerine ilişkin grafikler Şekil 4.37'de verilmiştir. Anılan şekilden görüldüğü gibi araştırmanın 1. yılında I_{60} sulama konusuna kadar gözlenen değerler arttıkça kestirilen değerler de artmış ve anılan konudan sonra gözlenen değerler arttıkça kestirilen değerlerde fazla bir değişim olmamıştır. Denemenin ikinci yılında ise hem gözlenen hemde kestirilen değerlerdeki paralel artış I_{40} sulama konusuna kadar olmuştur. Anılan konudan sonra gözlenen değerler arttıkça kestirilen dane verimi değerleri de I_{80} sulama konusunda en yüksek değere ulaşmış ve I_{100} konusunda ise bir miktar azalmıştır. Gözlenen ve kestirilen dane verimleri arasında denemenin birinci yılında I_{60} , ikinci yılında ise I_{40} sulama konusuna kadar doğrusal ve anılan konulardan sonra herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Bu ilişkiler geliştirildikleri sınırlar içerisinde geçerlidir).



Şekil 4.37. Sulama konularına ilişkin gözlenen ile kestirilen dane verimleri

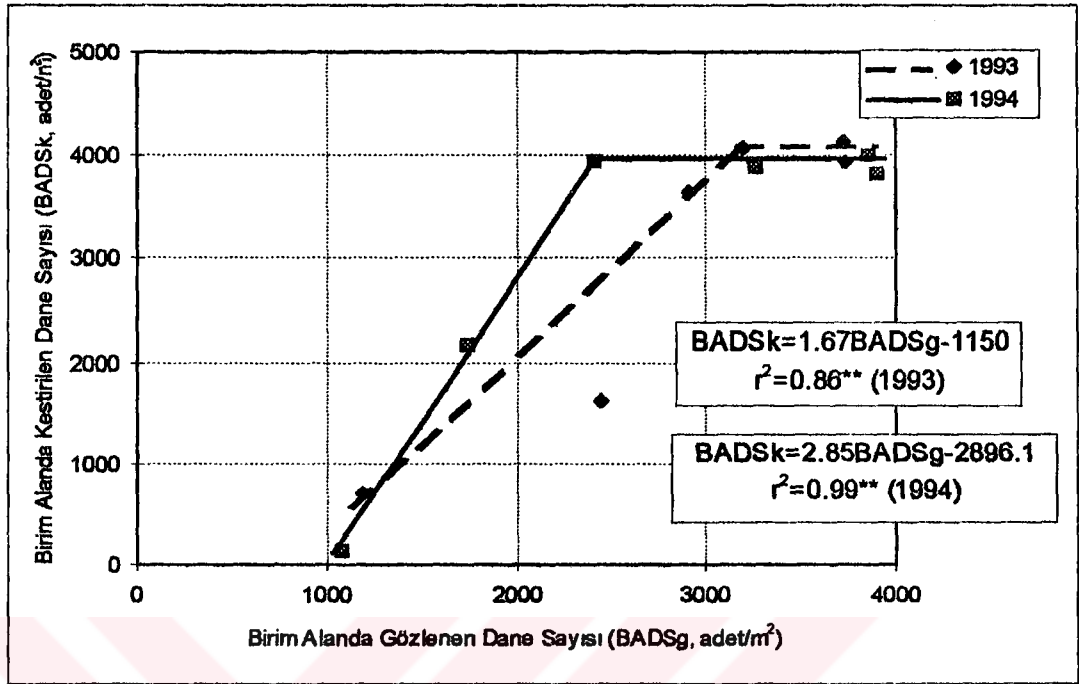
Anılan modelin dane ağırlığı kestirimlerinin, dane verimi kestirimlerine benzer olduğu bulunmuştur. Gözlenen dane ağırlığı, I_0 konusundan I_{100} konusuna doğru gidildikçe artarken, kestirilen dane ağırlığı değerlerinin ise I_{60} konusuna kadar arttığı bundan sonra da I_{30} ve I_{100} sulama konularında sabit kaldığı gözlenmiştir. Modelin, 1993 yılında I_{60} sulama konusunda en yüksek dane ağırlığını 306 mg olarak kestirdiği belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının artmasına karşın dane ağırlığında bir değişme olmamıştır. CERES-Maize modelinin ortalama dane ağırlığını I_0 konusunda % 66.97, diğer konularda ise % 5.19 - % 18.19 arasında değişen farklarla kestirdiği belirlenmiştir. Modelin, denemenin ikinci yılında hiç sulanmayan I_0 konusunda dane ağırlığını sıfır olarak kestirdiği saptanmıştır. Denemenin birinci yılında, 102 mm su uygulanan I_0 konusunda ise dane ağırlığı 107 mg olarak kestirilmiştir. Araştırmanın birinci yılında I_{60} , ikinci yılında ise I_{40} sulama düzeyindeki gözlenen ile kestirilen dane ağırlıkları arasında doğrusal ilişkiler bulunmuştur (Şekil 4.38). Anılan konulardan sonra gözlenen değerlerin artmasına karşın kestirilen değerler sabit kalmıştır.



Şekil 4.38. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen dane ağırlıkları

Birim alanda kestirilen dane sayısının, 1993 yılında I_0 ve I_{20} ; 1994 yılında ise yalnızca I_0 konusunda gözlenen değerlerden küçük olduğu belirlenmiştir. Diğer sulama konularında, birim alanda kestirilen dane sayısının gözlenen dane sayısından büyük olduğu saptanmıştır. Birim alanda en fazla kestirilen dane sayısı denemenin her iki yılında da I_{80} konusunda gözlenmiştir. Tüm sulama konularında gözlenen ile kestirilen değerler arasında, ortalama % 3.7 ile % 63.1 arasında değişen farklılık bulunmuştur. Bu değerlerden ve Çizelge 4.15'den görüldüğü gibi sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça birim alanda kestirilen dane sayısı ile gözlenen dane sayısının birbirine yaklaştığı saptanmıştır. CERES-Maize modeli, 1994 yılında I_0 konusunda dane verimini ve dane ağırlığını sıfır olarak kestirirken, birim alandaki dane sayısını 145 (adet/m²) olarak belirlemiştir.

Denemenin birinci yılında I_{60} ve ikinci yılında ise I_{40} sulama konularına dek birim alanda gözlenen ile kestirilen dane sayıları arasında regresyon analizi yapıldığında



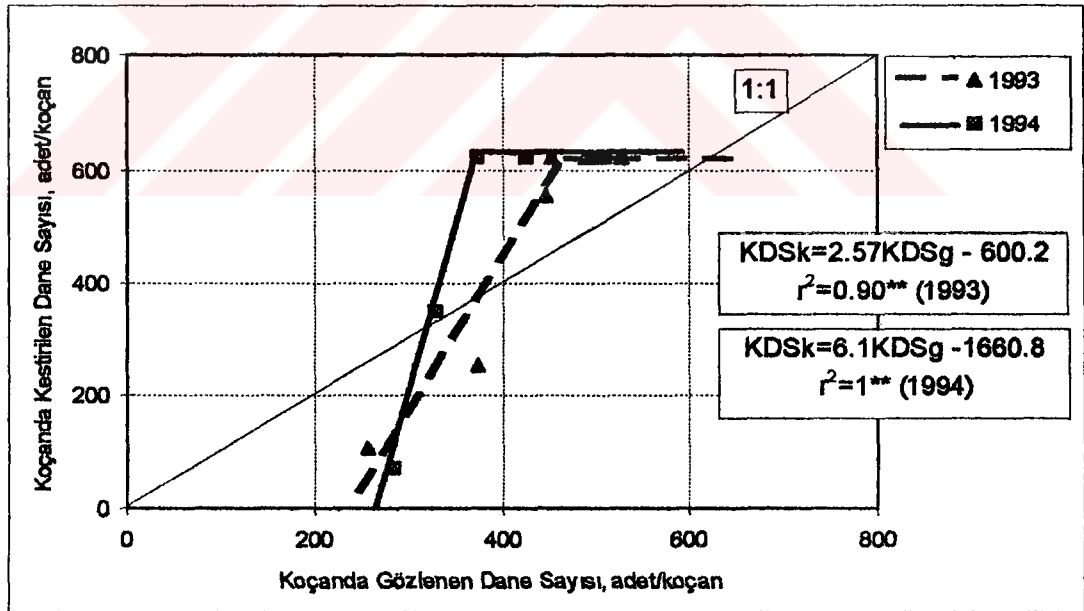
Şekil 4.39. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen birim alandaki dane sayısı

doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4.39). Şekilden görüldüğü gibi gözlenen ile kestirilen değerlerin belirli bir noktaya kadar paralellik göstermekte, o noktadan sonra birim alanda kestirilen dane sayıları yatay eksene paralel olarak dağılmaktadır.

Koçanda gözlenen dane sayısı, denemenin ilk yılında I_0 ve I_{20} ; ikinci yılında ise yalnızca I_0 konusunda kestirilen dane sayısından daha büyük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.15). I_0 sulama konusundan I_{100} sulama konusuna doğru gidildikçe, gözlenen ile kestirilen değerler arasındaki fark azalmıştır. Gözlenen ile kestirilen ortalama değerler arasında su stresinin fazla olduğu konudan az olduğu konuya doğru sırasıyla %66.55, %19.32, %45.97, %42.01, %26.53 ve %20.69 fark bulunmuştur. I_0 konusunda birim alanda gözlenen dane sayısında olduğu gibi denemenin 2. yılında da, dane verimi ve dane ağırlığı sıfır olarak saptanırken koçan başına dane sayısı 70.34 olarak kestirilmiştir. Koçan başına en yüksek dane sayısı, denemenin her iki yılında da I_{60} sulama konusunda kestirilmiş; I_{30} ve I_{100} sulama konularında ise sabit kalmıştır.

Koçan başına gözlenen ile kestirilen dane sayıları dağılımları, birim alandaki gözlenen ile kestirilen dane sayısına benzer olmuştur. Koçanda başına gözlenen ve kestirilen dane sayıları arasında regresyon analizi yapıldığında denemenin birinci yılında I_{60} , ikinci yılında ise I_{40} konularına kadar doğrusal bir ilişki, sözkonusu konulardan sonra herhangi bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 4.40).

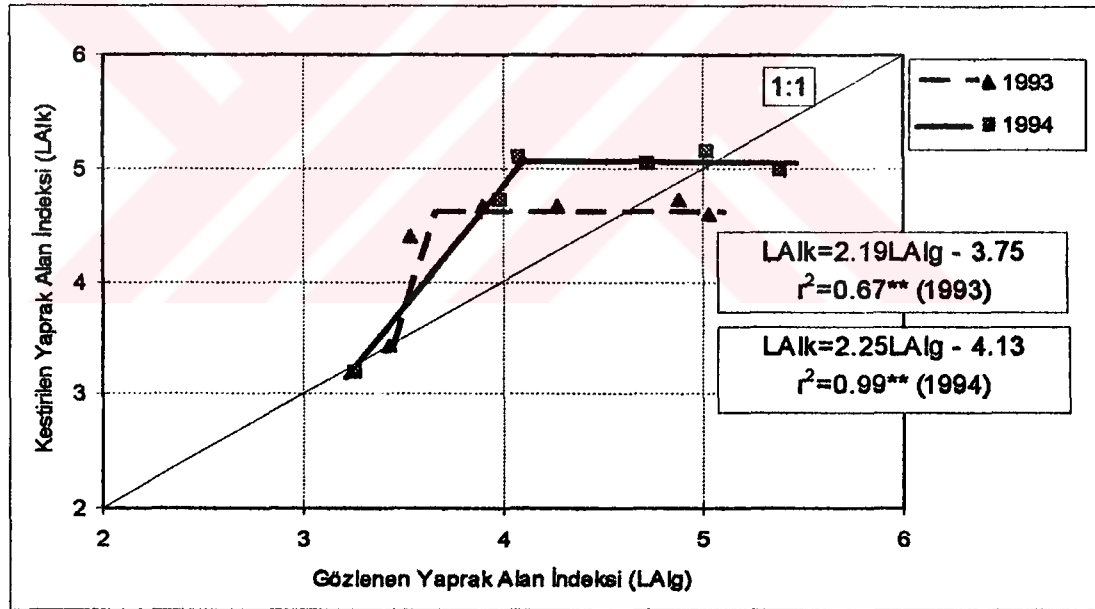
Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi denemenin her iki yılında da ölçülerek belirlenen yaprak alan indeksi (LAI) ile kestirilen LAI değerleri I_0 ve I_{80} konularında yakın; I_{20} , I_{40} , I_{60} konularında kestirilen LAI değeri gözlenen LAI değerlerinden daha büyük ve I_{100} konusunda ise tahmin edilen değerlerin daha küçük olduğu saptanmıştır. CERES-Maize modelinin LAI değerlerini I_0 , I_{20} , I_{40} , I_{60} , I_{80} ve I_{100} sulama konularında sırasıyla %1'1, %21.71, %22.5, %8.3, %2.83 ve %7.55'lik bir ortalama bir farkla kestirdiği saptanmıştır. Modelin I_{20} ve I_{40} sulama konuları dışında diğer sulama konularında LAI değerlerini genelde iyi kestirdiği söylenebilir.



Şekil 4.40. Sulama konularına ilişkin koçanlarda gözlenen ve kestirilen dane sayısı

Gözlenen ile kestirilen LAI arasındaki doğrusal ilişkiler belirlenerek Şekil 4.41'de verilmiştir. Anılan şekilde görüldüğü gibi denemenin birinci ve ikinci yılında I_{40} sulama konusuna dek doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Anılan konulardan sonra gözlenen ile kestirilen LAI arasında bir ilişki bulunamamıştır.

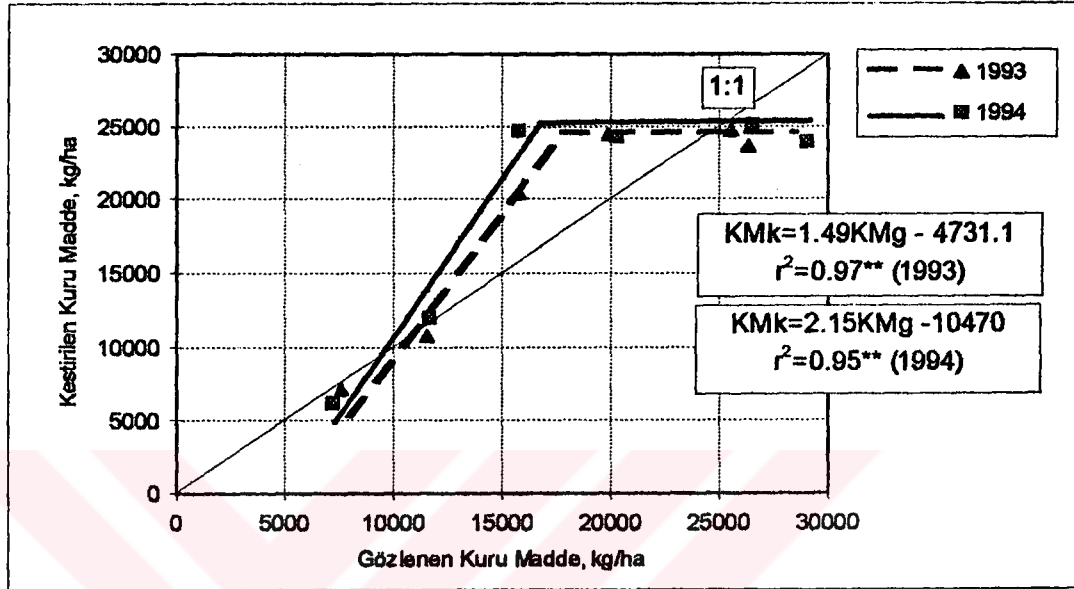
Denemede 1993 ve 1994 yıllarında I_0 , I_{80} ve I_{100} konularında gözlenen kuru madde miktarlarının kestirilen kuru madde miktarlarından daha büyük; I_{40} ve I_{60} sulama konularında ise daha küçük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.15). Denemede 1993 yılında I_{20} konusunda gözlenen kuru maddenin, kestirilen kuru maddeden daha büyük, 1994 yılında ise daha küçük olduğu gözlenmiştir. CERES-Maize modeli kuru madde miktarını, I_{40} ve I_{60} sulama konularında ortalama olarak sırasıyla %42.73 ve %21.18 ile daha yüksek; I_0 , I_{20} , I_{80} ve I_{100} konularında ise ortalama olarak sırasıyla %10.1, %4.76, %4.18 ve %13.73 ile daha düşük olarak saptamıştır.



Şekil 4.41. Sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerleri

Denemede gözlenen ve model ile kestirilen kuru madde miktarları arasında denemenin birinci yılında I_{60} ve ikinci yılında ise I_{40} sulama konusuna dek yapılan

regresyon analizinde doğrusal (Şekil 4.42), anılan konulardan sonra gözlenen ve kestirilen kuru maddeler arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır.



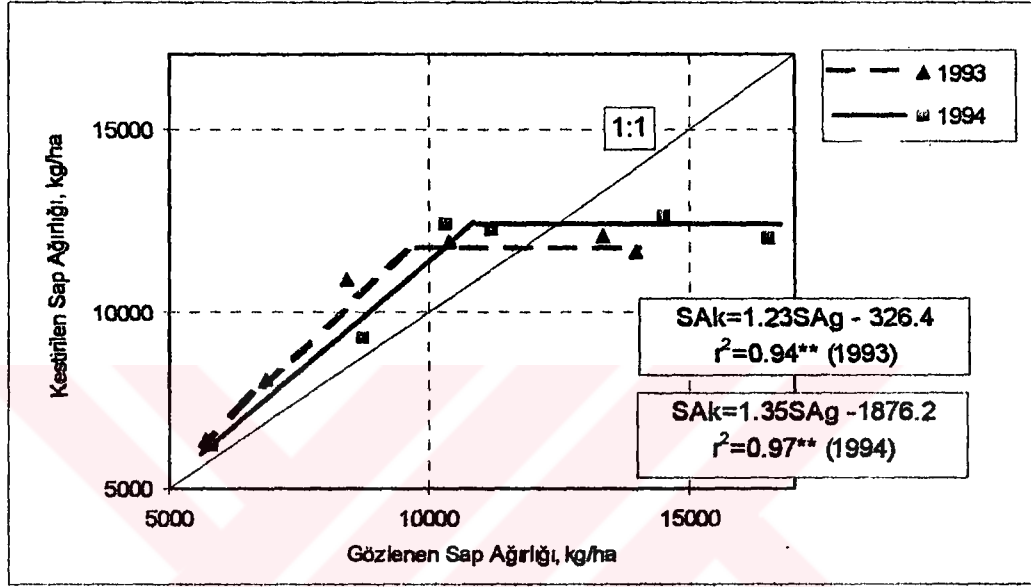
Şekil 4.42. Sulama konularında gözlenen ile kestirilen kuru madde ilişkisi

Çizelge 4.15 incelendiğinde, denemenin her iki yılında da I_0 , I_{20} , I_{40} , ve I_{60} sulama konularında kestirilen sap ağırlığının, gözlenen sap ağırlığından daha küçük; I_{80} ve I_{100} sulama konularında ise gözlenen değerlerin kestirilen değerlerden daha büyük olduğu saptanmıştır. Model sap verimini, I_{40} sulama konusunda ortalama %25'lik bir farkla, diğer sulama konularında ise %12.49'ün altındaki farklarla vermiştir.

Şekil 4.43'de görüldüğü gibi araştırmanın ilk yılında I_{60} ve ikinci yılında ise I_{40} konularına dek gözlenen ile kestirilen sap ağırlıkları arasında doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda belirleme katsayıları sırasıyla 0.95 ve 0.97 olarak bulunmuştur. Anılan konulardan sonra, gözlenen ve kestirilen değerler arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır.

Şekil 4.37'den Şekil 4.43'e kadar olan grafikler incelendiğinde, gözlenen ile kestirilen verim ve verim unsurları arasında denemenin birinci yılında I_{60} ve ikinci yılına ise I_{40} sulama konusuna dek doğrusal ilişkiler bulunmuş ve anılan konuların değerlerinden

sonra herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Ayrıca, gözlenen ve kestirilen verim ve verim unsuru değerlerinin 1:1 doğrusu üzerinde ve çevresinde dağılmadığı belirlenmiş ve modelin, mısırın verim ve verim unsurlarını belirli bir düzeye kadar kestirdiği ve o noktadan sonra kestirim yapmadığı saptanmıştır.



Şekil 4.43. Sulama konularında gözlenen ile kestirilen sap ağırlığı ilişkisi

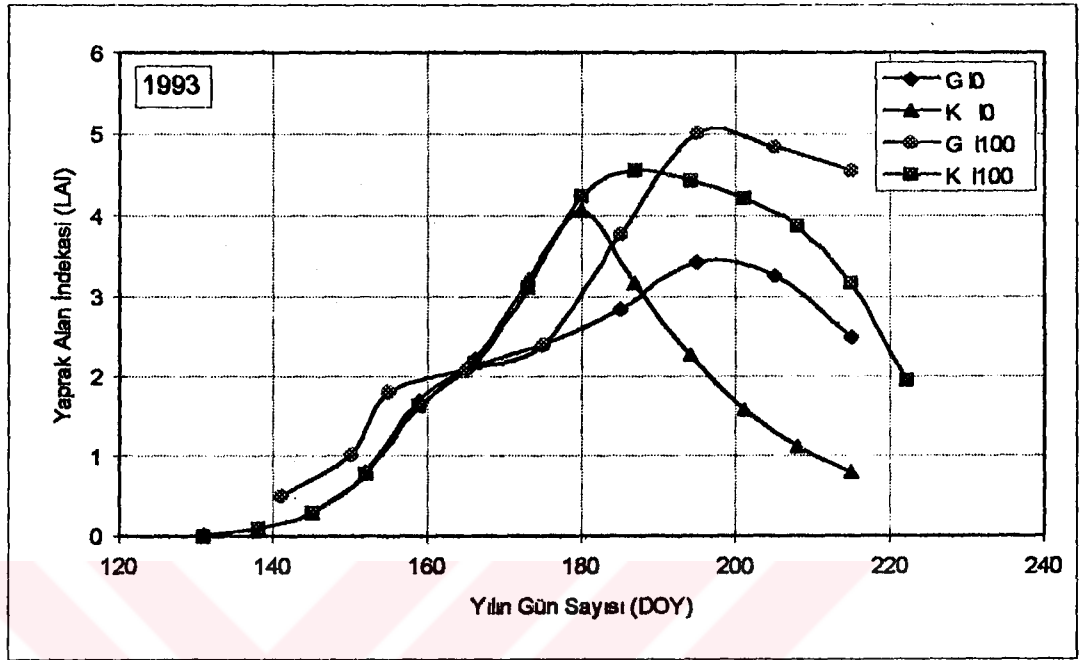
KÖKSAL (1995), Tarsus'ta yürüttüğü II. ürün mısır verilerini kullanarak test ettiği CERES-Maize modelinin yer yer verim ve verim unsurlarını kestirdiğini saptamıştır. Gözlenen ile kestirilen değerler arasında 1:1 doğrusu üzerinde olmasa bile tüm değerler arasında doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Bu çalışmada ise I₄₀ ve I₆₀ sulama düzeylerine dek doğrusal ilişkiler bulunmuş ve anılan sulama düzeyinden sonra herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Ancak, I. ürün olarak ekilen mısırın bazı verim ve verim öğeleri II. ürün olarak ekilen mısırın verim ve verim öğelerinden daha fazla olduğundan, anılan araştırmacının bulduğu en yüksek dane verimi ve kuru madde miktarı bu çalışmada gözlenen I₄₀ ve I₆₀ sulama konularında gözlenen değerlere yaklaşık karşılık gelmektedir.

Deneme yıllarında I₀ ile I₁₀₀ sulama konularının yetişme mevsimindeki yaprak alan indeksi (LAI) gelişimleriyle ve CERES-Maize bitki büyüme modelinin kestirdiği

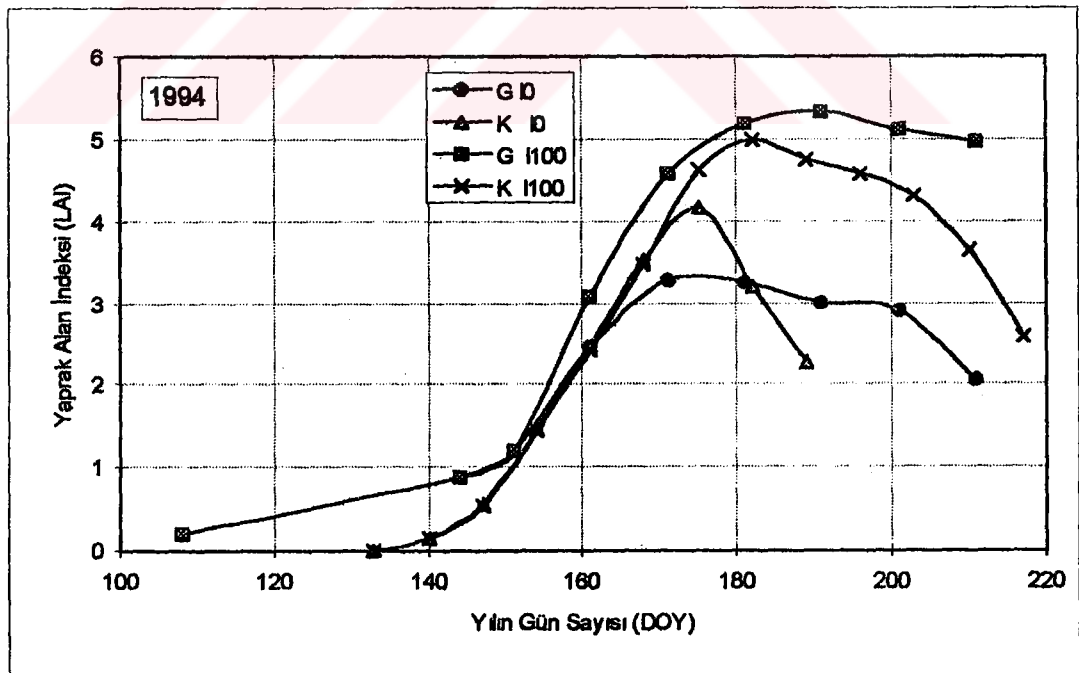
değerlerden çizilen grafikler Şekil 4.44 ve 4.45’de verilmiştir. Denemenin 1. ve 2. yılında gözlenen ile kestirilen LAI benzer eğilim göstermiştir. Model, I_0 sulama konusunda gözlenen değere göre daha erken bir dönemde en yüksek LAI değerini kestirmiştir. Denemenin her iki yılında da gözlenen en yüksek LAI değerlerinin kestirilen en yüksek LAI’den daha küçük olduğu belirlenmiştir. Gözlenen LAI değerleri en yüksek değere ulaştıktan sonra yavaş yavaş azalırken, kestirilen LAI değerlerinde aniden bir düşme gözlenmiştir. Anılan bu düşüşlerin hangi su içeriğinde olduğunu belirlemek için Şekil 4.1’de incelenmiştir. Denemenin birinci yılında 29.6.1993 tarihinde (DOY 180) mevcut nem 400 mm, ikinci yılında ise 24.6.1994 tarihinde (DOY 175) 350 mm civarındadır. Model, iklim, toprak ve bitki faktörlerine bağlı olarak mevcut nem 350-400 mm’nin altına düştüğünde LAI’i aniden azalan oranlarda kestirmektedir. Bu da modelin, toprak su içeriğinin belirli değerlerinin üzerinde kestirim yaptığını göstermektedir. Araştırma yıllarında da I_{100} sulama konusunda gözlenen en yüksek LAI değerlerinin, kestirilen en yüksek LAI değerlerinden daha büyük olduğu saptanmıştır. Model, I_0 sulama konusunda olduğu gibi I_{100} sulama konusunda da en yüksek LAI’ni daha erken bir dönemde kestirmiştir.

Araştırma yıllarında yetiştirme mevsiminde gözlenen ve kestirilen kuru madde değişiminin zamana göre gelişimi Şekil 4.46 ve 4.47’de verilmiştir. Denemenin her iki yılında da gözlenen ile kestirilen kuru madde benzer seyir izlemiştir. Model, I_0 sulama konusuna sulama suyu uygulanmadığından, kestirimi daha önceki tarihte bitirmiştir. Denemenin her iki yılında da I_0 ve I_{100} sulama konularında gözlenen kuru madde, kestirilen kuru maddeden daha fazla çıkmıştır.

Çukurova Bölgesinde I. ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinde gözlenen değerlerden ve anılan bölgenin iklim değerlerinden yararlanılarak test edilen CERES-Maize modelinin (V2.10) anılan bölge ve bitki için verim ve verim unsurlarını doğruya yakın tahmin etmediği belirlenmiştir. CARBERRY ve Ark. (1989), yarı kurak bölgelerde CERES-Maize bitki büyüme modelinin gözlem sonuçlarına yakın değerler kestiremediğini belirtmiştir. Anılan bölgelerde modelin uyumlu sonuçlar tahmin edebilmesi için bitki fenolojisi, yaprak gelişimi, dane gelişimini tanımlayan fonksiyonların



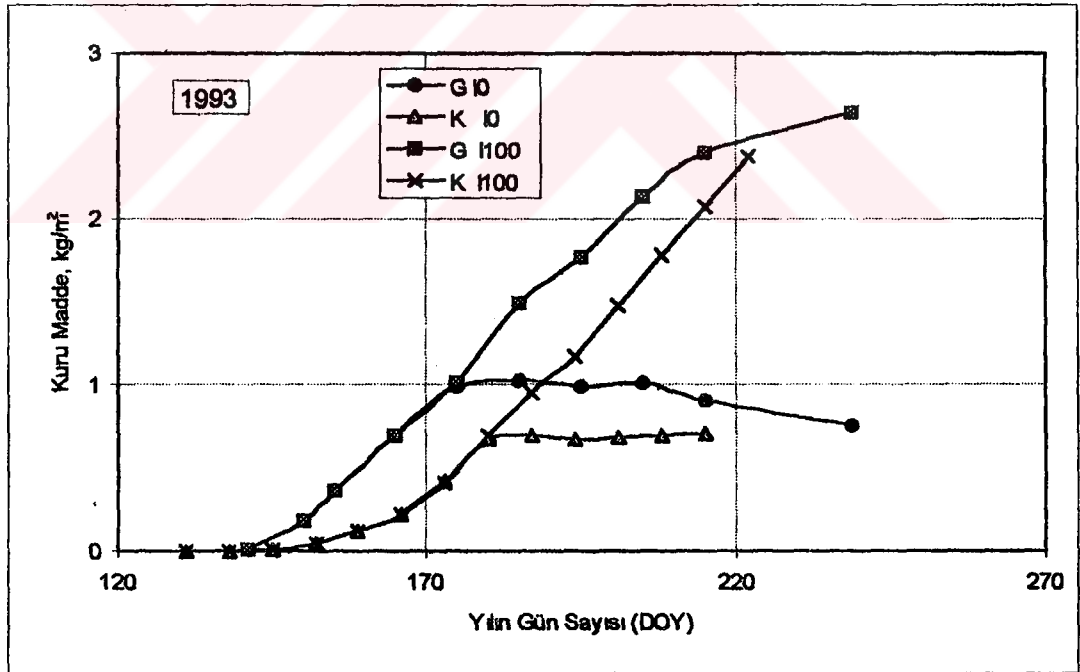
Şekil 4.44. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerlerinin büyüme mevsimi süresince değişimi



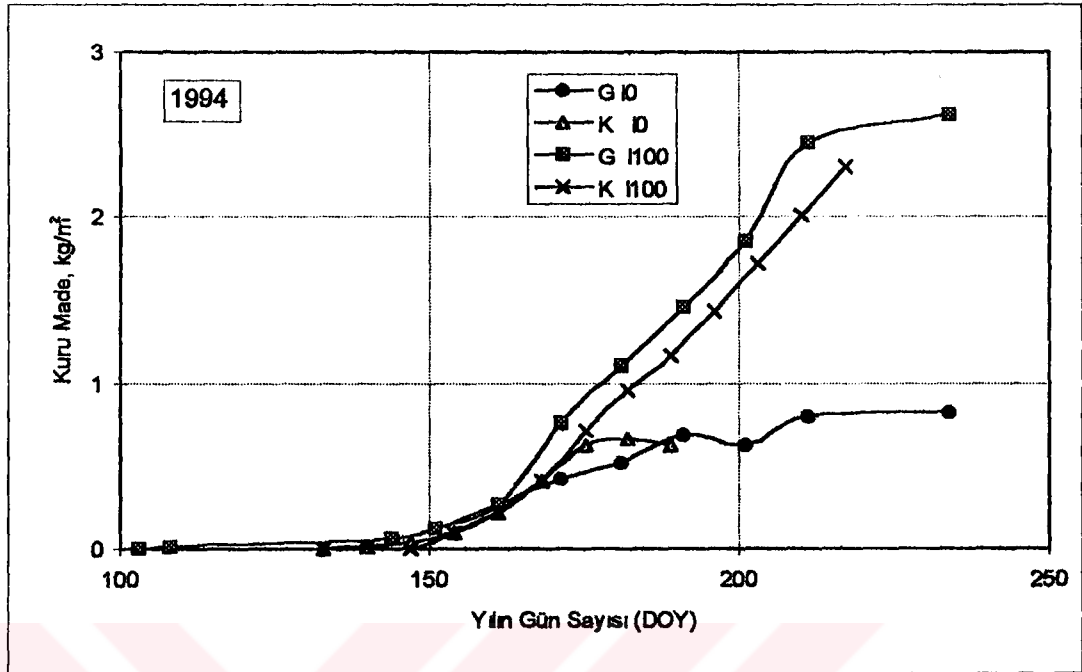
Şekil 4.45. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen LAI değerlerinin büyüme mevsimi süresince değişimi

yöreye uydurulması gerektiğini ifade etmiştir. HODGES ve Ark. (1987), CERES - Maize modelini kalibre etmişler ve %92-101 oranlarında kestirimler yaptığını saptamışlardır. PLANTUREUX ve Ark. (1991), CERES-Maize modelini kalibrasyonunu ve yöreye uygun düzeltmesi yapıldıktan sonra gözlenen değerlere yakın sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. WU ve Ark. (1989), kalibre edilen CERES-Maize modelinin kurak yıllarda gözlenen değerden daha az yağışlı yıllarda ise daha fazla kestirdiğini gözlemişlerdir. LIU ve Ark. (1989), CERES-Maize modelinin mısır dane verimini %90-103.6 oranında gerçeğe yakın tahmin ettiğini bulmuşlardır.

Tüm bu incelemelerden sonra CERES-Modelinin çeşitli toprak ve iklim koşulları altında her zaman ve her yerde gözlenen değerlere yakın sonuçlar vermediği kanısı çıkarılmaktadır. Modelin doğruya yakın sonuçlar verebilmesi için modelde tanımlanan bazı fonksiyonların, test edilen bölgenin iklim, toprak ve bitki özelliklerine göre yeniden düzeltilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.46. Tam sulanan (I_{100}) ve susuz (I_0) konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen kuru madde miktarlarının büyüme mevsimi süresince değişimi



Şekil 4.47. I_0 ve I_{100} sulama konularına ilişkin gözlenen ve kestirilen kuru madde miktarlarının büyüme mevsimi süresince değişimi

4.19. CERES-Maize Modelinin Duyarlılık Analizi

CERES-Maize modelinin duyarlılığı, solma noktası su içeriği ve sıra aralığını %10 arttırarak; tarla kapasitesi su içeriği, toprağın doyum noktası, sulama randımanı ve etkili kök derinliği %10 azaltılarak yapılmış ve elde edilen oransal değerler Çizelge 4.16-4.21'de verilmiştir.

Özellikle suyun kısıntılı olduğu konularda modelin en duyarlı olduğu parametreler tarla kapasitesi, solma noktası su içerikleriyle ve sulama randımanı olarak görülmektedir. Çizelge 4.16 incelendiğinde I_0 konusunda tarla kapasitesi %10 değiştirildiğinde dane veriminde %56'lık, dane ağırlığında ise %49'luk bir değişim olmaktadır. Bu değişim, I_{100} sulama konularına doğru gidildikçe azalmaktadır.

I_0 sulama konusunda solma noktası su içeriği %10 arttırıldığında, dane veriminde %866, dane ağırlığında %26, birim alandaki dane sayısında %63, koçandaki dane sayısında %87, LAI'de %39 ve kuru madde de %35'lik bir değişim olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17). Anılan artış I_{20} ve I_{40} konularında verim ve verim unsurlarının

değişmesine neden olmuştur. Ancak, I_{60} , I_{80} ve I_{100} konularına ilişkin verimlerde ise herhangi bir değişmeye neden olmadığı belirlenmiştir. Buna, Şekil 4.1’de görüldüğü gibi toprak su içeriğinin yetiştirme mevsimi boyunca solma noktasının altına düşmemesi ve solma noktasını %10 azaltmanın sulama suyuna önemli bir etkisinin olmaması neden gösterilebilir.

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi sulama randımanındaki %10’luk bir azalış, dane veriminde en fazla %19’luk bir değişime neden olmuştur. Birim alandaki dane sayısında ve koçandaki dane sayısında ise %14’luk değişime neden olduğu gözlenmiştir.

CERES-Maize bitki büyüme modelinin, tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleriyle sulama randımanına duyarlı olduğu; doyum noktası su içeriğine, sıra aralığına ve etkili kök derinliği parametrelerine ise fazla duyarlı olmadığı söylenebilir. Ayrıca, bir modelin kullanılan parametrelere karşı duyarlı olup olmadığı, o parametrelerin değiştiği varsayılan sınırlar içerisinde denenmelidir. Bunların yanında modelin parametrelere olan duyarlılığını daha açık görebilmek için model optimum koşullarda işletilen konularda değil de kısıntı yapılan konularda da denenmelidir.

Çizelge 4.16. CERES-Maize bitki büyüme modelinin tarla kapasitesi değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Tarla kapasitesi %10 azaltıldığında						
Sulama konuları	I_0	I_{20}	I_{40}	I_{60}	I_{80}	I_{100}
Dane verimi	0.55746	0.09857	0.00098	0.00000	0.00000	0.00000
Dane ağırlığı	0.48611	0.10458	0.00386	0.00000	0.00000	0.00000
Birim alandaki dane sayısı	0.04825	0.00903	0.00275	0.00000	0.00000	0.00000
Koçan başına dane sayısı	0.04924	0.00939	0.00287	0.00000	0.00000	0.00000
LAI	0.01780	0.01848	0.01299	0.01299	0.01285	0.01545
Kuru madde	0.04595	0.02006	0.00792	0.00395	0.00373	0.00432

Çizelge 4.17. CERES Maize bitki büyüme modelinin solma noktası değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Solma noktası %10 arttırıldığında						
Sulama konuları	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
Dane verimi	8.65957	1.93440	0.29054	0.00000	0.00000	0.00000
Dane ağırlığı	0.25882	0.85714	0.04000	0.00000	0.00000	0.00000
Birim alandaki dane sayısı	0.62766	0.57965	0.23790	0.00000	0.00000	0.00000
Koçan başına dane sayısı	0.8723	0.57872	0.23805	0.00000	0.00000	0.00000
LAI	0.39431	0.26361	0.13869	0.13592	0.13702	0.14428
Kuru madde	0.35328	0.34911	0.19280	0.02969	0.02943	0.0303

Çizelge 4.18. CERES-Maize bitki büyüme modelinin sulama randımanı değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Sulama randımanı % 10 azaltıldığında						
Sulama konuları	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
Dane verimi	0.19474	0.42060	0.39444	0.01962	0.00000	0.00000
Dane ağırlığı	0.04902	0.11921	0.08787	0.02000	0.00000	0.00000
Birim alandaki dane sayısı	0.13810	0.26227	0.27977	0.00000	0.00000	0.00000
Koçan başına dane sayısı	0.13814	0.26192	0.27970	0.00000	0.00000	0.00000
LAI	0.09585	0.08088	0.00429	0.00213	0.00000	0.00217
Kuru madde	0.09296	0.15210	0.21032	0.01076	0.00036	0.00038

Çizelge 4.19. CERES-Maize bitki büyüme modelinin doyunluk noktası değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Doyunluk noktası %10 azaltıldığında						
Sulama konuları	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
Dane verimi	0.00548	0.00091	0.00170	0.00000	0.00000	0.00000
Dane ağırlığı	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Birim alandaki dane sayısı	0.00555	0.00423	0.00137	0.00000	0.00000	0.00000
Koçan başına dane sayısı	0.00504	0.00437	0.00145	0.00000	0.00000	0.00000
LAI	0.00291	0.00000	0.00213	0.00213	0.00000	0.00217
Kuru madde	0.00266	0.00166	0.00137	0.00037	0.00036	0.00038

Çizelge 4.20. CERES-Maize bitki büyüme modelinin sıra aralığı değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Sıra aralığı %10 arttırıldığında						
Sulama konuları	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
Dane verimi	0.05318	0.00000	0.00383	0.00000	0.00000	0.0000
Dane ağırlığı	0.04464	0.00183	0.00945	0.00000	0.00000	0.0000
Birim alandaki dane sayısı	0.00967	0.00150	0.00925	0.00000	0.00000	0.0000
Koçan başına dane sayısı	0.00930	0.00000	0.00000	0.00000	0.00212	0.00000
LAI	0.00000	0.00083	0.00365	0.00016	0.00016	0.00013
Kuru madde	0.00308	0.00083	0.00365	0.00016	0.00016	0.00013

Çizelge 4.21. CERES Maize bitki büyüme modelinin etkili kök derinliği değişimine olan duyarlılığı (verim ve verim unsurları için)

Etkili kök derinliği %10 azaltıldığında						
Sulama konuları	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
Dane verimi	0.02575	0.02066	0.00232	0.00000	0.00000	0.000
Dane ağırlığı	0.00000	0.02424	0.00383	0.00000	0.00000	0.000
Birim alandaki dane sayısı	0.02449	0.01141	0.00137	0.00000	0.00000	0.000
Koçan başına dane sayısı	0.02459	0.01163	0.00139	0.00000	0.00000	0.000
LAI	0.00291	0.00226	0.00213	0.00213	0.00000	0.00217
Kuru madde	0.00628	0.00250	0.00250	0.00037	0.00036	0.00038

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini belirlemek, CERES-Maize bitki büyüme modelini test etmek, IRT ve porometre ölçümlerinden yararlanarak bitki su stresi indeksini belirlemek ve buna bağlı olarak sulama programlarını hazırlamak, su kısıntısının verim ve verim unsurları ile kök dağılımına etkilerini saptamak amacıyla Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 1993 ve 1994 yıllarında yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Denemenin ilk yılında sulamalara, ekimden 50 gün, ikinci yılında ise 40 gün sonra başlamıştır. Sulama konularına her 10 günde bir 17 ile 147 mm arasında değişen oranlarda su uygulanmıştır. Sapa kalkma, çiçeklenme ve dane dolum dönemlerinin her birinde ikişer kez olmak üzere araştırmanın birinci yılında toplam 6, ikinci yılında ise 7 sulama yapılmıştır. Araştırma yıllarında konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarı 102-823 mm arasında değişmiştir. Deneme konularından saptanan mevsimlik su tüketiminin 343 ile 1052 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Günlük su tüketimi, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında 8.02-13.20 mm ile en yüksek değere ulaşmıştır. Nisan ve Mayıs aylarındaki günlük su tüketiminin 1.75 ile 4.74 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanan kıyas bitki su tüketimi denemenin ilk yılında 690.1 mm, ikinci yılında ise 734.8 mm olarak saptanmıştır.

Araştırma yıllarında mısır dane veriminin, su kısıntısının yapılmadığı I_{100} sulama konusunda 1001.5 ile 1003.4 kg/da , %20 oranında su kısıntısı yapılan konuda (I_{80}) ise 946.7 ile 769.0 kg/da, kısıntısının %100 yapıldığı I_0 konusunda 105.0-177.4 kg/da arasında değiştiği bulunmuştur. Sonuç olarak su kısıntısı arttıkça dane verimi azalmıştır.

Denemenin her iki yılında da dane verimi ile uygulanan sulama suyu ve su tüketim miktarları arasında sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Araştırmanın ilk ve ikinci yılında dane verimi ile sulama suyu arasında sırasıyla $Y = -0.00191 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2=0.98^{**}$), $Y = -0.0012 I^2 + 1.9 I + 222.49$

($r^2=0.97^{**}$); dane verimi ile su tüketimi arasında da sırasıyla $Y= 1.623 ET - 500.45$ ($r^2=0.88^{**}$) ve $Y= 1.042 ET - 14.10$ ($r^2=0.88^{**}$) şeklinde eşitlikler belirlenmiştir.

Denemenin yürütüldüğü yıllarda verim etmeninin (ky) 1.08 ile 1.61 arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki yılın birleştirilmiş değerlerinden belirlenen verim etmeni ise 1.23 olarak bulunmuştur.

Sulama konularına göre belirlenen sulama suyu kullanım etkenliği (IWUE), 1.0 ile 2.43 kg/da-mm arasında değişmiştir. En yüksek IWUE, I_{20} sulama konusunda saptanmıştır. Su kullanım etkenliği (WUE) değerleri bakımından I_0 konusu dışında, diğer sulama konuları arasında fazla bir farklılık bulunamamıştır. WUE, I_0 konusunda 0.22-0.52 kg/da-mm, diğer konularda ise 0.88-1.25 kg/da-mm arasında değişmiştir.

Sulama konularında bitki su stresi arttıkça dane ağırlığı, LAI, kuru madde miktarı, bitki boyu, yaprak sayısı, koçan boyu, koçan çapı, koçan başına dane sayısı, bitki başına koçan sayısı, bitki başına dane sayısı ile verimi ve birim alandaki dane sayısı azalmıştır. Bitki boyu ile LAI değerlerinin I ve ET'la ayrı ayrı aralarında denemenin birinci yılında doğrusal, ikinci yılında ise 2. dereceden ilişkiler olduğu bulunmuştur. Dane ağırlığı ve kuru madde miktarlarının I ve ET'la aralarında ayrı ayrı her iki yılda da sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal eşitlikler olduğu saptanmıştır.

Sulama konularından elde edilen dane ağırlığı 134.41-332.76 mg arasında değişmiştir. En düşük dane ağırlığı I_0 , en yüksek dane ağırlığı ise I_{100} konusundan belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça daneler küçülerek ağırlıkları azalmıştır.

Hasat indeksi (HI), tüm sulama konularında 0.20-0.48 arasında değişmiştir. En yüksek HI, I_{60} ve I_{80} sulama konularında belirlenmiştir.

LAI, bitki tepe püskülü çıkardıktan yaklaşık 10-14 gün sonra 5.03-5.35 arasında değişen oranlarla en yüksek değere ulaşmıştır. Anılan dönemden sonra yaprak kurumaları nedeniyle LAI azalmış, son sulamada I_0 sulama konusunda 2.05-2.49; I_{100} konusunda ise 4.60-4.96 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Örtü yüzdesi, tüm sulama konularında ekimden yaklaşık 55-58 gün sonra % 100'e erişmiştir.

Toprak üstü kuru madde miktarı susuz konuda $0.72-0.76 \text{ kg/m}^2$ elde edilmiş, uygulanan sulama suyu miktarı I_{100} sulama düzeyine dek kuru madde miktarını da arttırmış ve I_{100} sulama konusunda $2.64-2.90 \text{ kg/m}^2$ arasında değiştiği gözlenmiştir.

Koçan çapı, su stresi arttıkça azalmış ve deneme konularına uygulanan su stresi düzeyine göre 3.48 ile 4.91 cm arasında değişmiştir.

Koçan boyu, I_0 konusunda 11.6-12.55 cm, I_{100} konusunda ise 18.1-20.81 cm arasında değişmiştir. Koçan boyunun kısa kalması yalnız başına bir etmen olmasa bile verimi düşürmüştür.

Bitki boyu susuz konularda daha kısa, sulanan konularda ise daha uzun olmuştur. Su stresinin fazla olduğu I_0 konusunda bitki boyunun 135.5-200 cm; su stresinin olmadığı I_{100} konusunda ise 239.3-262.0 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bitki boyu, bitki tepe püskülü çıkardıktan yaklaşık 10-15 gün sonra en yüksek değere ulaşmıştır.

Koçan başına verim, 41.11 ile 175.23 g/koçan arasında değişmiştir. Koçan verimi, su stresinin etkisiyle koçandaki dane sayısı ile dane ağırlığına bağlı olarak değişmiştir.

Koçandaki dane sayısı, I_0 konusunda 258.35-284.36 adet/koçan ile en az, I_{100} konusunda ise 509.29-527.39 adet/koçan ile en yüksektir. Diğer sulama konularındaki koçan başına dane sayısı anılan sınırlar içerisinde kalmıştır.

Araştırma konularında belirlenen bitki başına koçan sayısı 0.66-1.04 arasında değişmiştir. Bitkiler, su stresinin fazla olduğu konularda %63-66 arasında koçan bağlayabilmekte, tam su uygulanan konularda ise bu değer %104'e kadar çıkmaktadır.

Bitki başına en yüksek dane verimi ile dane sayısının I_{100} konusunda (sırasıyla 163.86-179.98 g/bitki ve 509.3-544.4 adet/bitki) en yüksek, I_0 konusunda ise (sırasıyla 20.65-25.8 g/bitki, 155.3- 161.7 adet/bitki) en düşük olduğu saptanmıştır.

Sulama konularında birim alandaki dane sayısı 1083.4 ile 3900.2 adet/ m^2 arasında değişmiştir.

Kök yoğunluğunun, bitki sıra üstünde ve sıra arasında aynı katmanlarda eşdeğer olduğu gözlenmiştir. Kök yoğunluğunun, hemen bitkinin altındaki ilk katmanda en fazla ve derinlere inildikçe azaldığı belirlenmiştir. 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 görülmüştür. Su stresi azaldıkça anılan katmanda kök ağırlık yüzdesinin arttığı belirlenmiştir. Bunun yanında kök ağırlık yüzdesinin, su stresinin fazla olduğu konularda, bitki kök bölgesinin alt katmanlarında daha fazla olduğu saptanmıştır. Bitkinin gereksinim duyduğu besin maddesinin ve suyun %80-85'inin alındığı derinlik olarak tanımlanan etkili kök derinliği 100 cm olarak bulunmuştur.

Araştırmanın ilk yılında CWSI için geliştirilen alt sınır (LL) eşitliği, $T_c - T_a = 2.90 - 2.66$ VPD; ikinci yılında ise $T_c - T_a = 2.411 - 2.045$ VDP şeklinde belirlenmiştir. Üst sınır değerleri (UL) ise denemenin 1. ve 2. yılında sırasıyla 4.25 °C ve 3.5 °C olarak saptanmıştır. Araştırma yıllarında sulamadan önce konularda infrared termometre gözlemlerinden belirlenen ortalama CWSI değerleri 0.189-0.502; porometre gözlemleri ise 0.263-0.660 arasında değişmiştir. Sulama konularında, yetişme mevsimi boyunca infrared termometre ve porometre gözlemlerinden belirlenen ortalama CWSI değerleri sırasıyla 0.092-0.393 ve 0.231-0.732 arasında değiştiği saptanmıştır. Mısır dane veriminin azalmaya başladığı infrared termometre ve porometre gözlemlerinden belirlenen eşik CWSI değeri, çalışmanın ilk yılında sırasıyla 0.20 ve 0.27, ikinci yılında sırasıyla 0.18 ve 0.27 ve iki yıllık birleştirilmiş değerlerden ise sırasıyla 0.19 ve 0.26 olarak bulunmuştur.

Günlük CWSI, sabah saatlerinde düşük, öğle saatlerinde en yüksek ve akşam saatlerinde ise yeniden azalmıştır. Öğle saatlerinde sulu ile susuz konular arasındaki CWSI farkı hemen hemen en fazla olmaktadır.

Birleştirilmiş oransal dane verimi ile infrared termometre ve porometre gözlemlerinden belirlenen CWSI sonuçları arasında önemli doğrusal ilişkiler

belirlenmiştir. Bu ilişkiler sırasıyla $Y_r = 156.12 - 301.55 \text{ CWSI}$ ($r^2 = 0.97^{**}$) ve $Y_r = 148.31 - 184.23 \text{ CWSI}$ ($r^2 = 0.77^{**}$) şeklindedir.

CERES-Maize bitki büyüme modeli denemeden derlenen veriler kullanılarak test edilmiştir. TTM-815 mısır çeşidinin genetik katsayıları $P_1(230)$, $P_2(0.0)$, $P_5(770)$, $G_2(600)$ ve $G_3(11.5)$, GENCALC bilgisayar programı ile belirlenmiştir. Belirlenen bu genetik katsayılar CERES-Maize bitki büyüme modelinde kullanılmıştır. Kestirilen ile gözlenen değerler arasında I_{40} ve I_{60} sulama düzeylerine kadar bir paralellik bulunmaktadır. Bu paralellikte 1:1 doğrusu üzerinde değildir. Diğer bir deyişle, konulara göre ya gözlenen verim ve verim unsurları, ya da kestirilen değerler büyüktür. Anılan konulardan sonra gözlenen verim ve verim unsurları artmasına karşın kestirilen değerler aşağı yukarı sabit kalmıştır. Bu da, CERES-Maize modelinin belirli bir toprak su içeriği düzeyine dek kestirme özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

CERES-Maize modelinin hangi parametrelere karşı duyarlı olduğunu saptamak amacıyla yapılan duyarlılık analizinde; modelin tarla kapasitesi ile solma noktası su içeriğine ve sulama randımanına karşı duyarlı olduğu; etkili kök derinliğine, toprağın doygunluk noktasına ve sıra aralığına karşı duyarlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yukarıda verilen araştırma sonuçlarına göre öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Su kısıntısı, tüm gelişme dönemlerine eşdeğer olarak dağıtıldığında ve 120 cm'lik profil derinliğindeki mevcut suyu tarla kapasitesine tamamlayacak miktardan %20 kısıntı yapıldığında dane veriminde % 4.4'lük bir azalma olmaktadır. Bu nedenle suyun yetersiz olduğu koşullarda önemli bir verim kaybına neden olmadan sulama suyundan % 20'lik bir kısıntı yapılabilir. Ayrıca sulama suyundan %20'lik kısıntı yapıldığı koşullarda ekimden sonra uygulanacak azot miktarında da %20'lik bir azaltmaya gidilebilir. Sulama suyundan daha fazla kısıntı yapılması durumunda verimde önemli azalmalar meydana gelmektedir.

Su stresine duyarlı olan ve hızlı gelişen mısır bitkisinin sulanmasına 6-7 yapraklı dönemde başlanmalı, sapa kalkma, çiçeklenme ve dane dolun dönemlerinde de mutlaka

sulamalar yapılmalıdır. Çukurova koşullarında her sulamada 100 ile 150 mm arasında değişmek koşuluyla ortalama 5-6 kez sulama uygulanabilir.

Su kısıntısının tüm yetiştirme mevsimine eşdeğer olarak dağıtıldığı koşullarda, sulama planlaması açısından önemli olan ve yetiştirme mevsimindeki su eksikliğinin bitki verimine etki derecesinin bir ölçüsü olan verim etmeninin (ky) 1.23 değerinin kullanılması önerilebilir.

Çukurovada yetiştirilen mısır bitkisinin etkili kök derinliği 100 cm olarak belirlendiğinden, denemenin yürütüldüğü mutlu serisinde yetiştirilecek mısır bitkisi için ıslatma derinliği de 100 cm alınabilir.

Infrared termometre ve porometre gözlemlerinden belirlenen bitki su stresi indeksi (CWSI), mısır bitkisinin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak anılan yöntem ne kadar su uygulanacağı konusunda herhangi bir fikir vermez. Anılan sulama zamanını belirten veya diğer bir deyişle verimin azalmaya başladığı eşik CWSI değeri infrared termometre için 0.20, porometrede ise 0.26 olarak alınabilir.

Ancak infrared termometreyle sıra bitkilerinin taç sıcaklığı ölçümleri örtü yüzdesi %80-90'a ulaştıktan sonra yapılmalıdır. Porometre yönteminde ise noktasal ölçümler yapıldığından gözlem yapılan araziye temsil edebilecek sayıda okumalar alınmalıdır.

CERES-Maize bitki büyüme modelinin (V2.0) yöreye uyumluluğu test edilmelidir. Anılan test sonucunda sözkonusu model, gözlenen verim ve verim unsularına yakın değerler kestiremiyorsa denemenin yürütüldüğü toprak, iklim ve bitki koşullarında verim ve verim unsurlarını kestiren ve fizyolojik temellere dayanan fonksiyon katsayılarının değiştirilmesi gerekmektedir. Ancak model bu düzeltmelerden sonra çeşitli kestirimlerde kullanılabilir.

Genetik katsayılar modellerde önemli bir etmendir. Bu nedenle bitkinin genetik katsayıları saptandıktan sonra o bitki CERES-Maize modelinde kullanılabilir.

Benzer konuda yapılacak araştırmalarda aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlar;

- Parsellerden derine sızma miktarı ve yanal su hareketi belirlenmelidir.
- Su stresi, mısır kök dağılımına önemli etkide bulunduğundan kök gelişiminin tamamlandığı çiçeklenme döneminde veya daha sonraki dönemde maksimum kök derinliği, profil açılarak belirlenebilir.
- Mısır bitkisinin gelişme dönemlerine bağlı olarak fiziksel özellikleri değiştiğinden vejetatif ve püskül çıkarma dönemlerinde su stresinin olmadığı alt sınırların ayrı ayrı belirlenmesi önerilebilir. Ayrıca, mısır tepe püskülünün taç sıcaklığına ve okuma yönünün infrared termometre gözlemlerine etkisi araştırılabilir.



ÖZET

Su kaynağının sınırlı ya da maliyetinin yüksek olduğu durumlarda, normal sulama yerine birim sudan en fazla yararlanmak için sulama planlayıcılarına ve üreticilere karar vermede yardımcı olabilmek amacıyla mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini belirlemek, CERES-Maize bitki büyüme modelini test etmek, mısırın CWSI'e göre sulama programını hazırlamak, su kısıntısının kök dağılımına, verim ve verim unsurlarına etkisini saptamak üzere bir çalışma yürütülmüştür.

Denizden yüksekliği ortalama 20 m olan, 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer alan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında killi olan Mulu serisinde, 1993 ve 1994 yıllarında tesadüf blokları deneme deseninde 4 yinelemeli olarak yürütülen denemede, TTM-815 mısır çeşidi kullanılmıştır.

Denemede sulama konuları, toprak profilinin 120 cm derinliğinden her 10 günde bir tüketilen su miktarının belirli yüzdelerinin uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Profilde eksik suyun tamamının uygulandığı konu "tanık " konu olarak belirlenmiştir. Diğer konulara, tanık konuya uygulanan suyun %80, %60, %40, %20 ve %0'ı uygulanmıştır. Mısır bitkisi, denemenin birinci yılında 6, ikinci yılında ise 7 kez sulanmıştır.

Ekimle birlikte deneme parsellerine 20-20-0 gübresinden dekara 40 kg (8 kg saf azot ve 8 kg saf P₂O₅) uygulanmıştır. Mısırın gereksinim duyduğu azotun geriye kalan bölümü parsellere üre formunda, birinci ve ikinci sulamada, sulama suyu ile orantılı olarak dekara 0 -12.5 kg arasında değişen miktarlarda verilmiştir. Denemenin her iki yılında da I₀ ve I₁₀₀ sulama konularına dekara toplam sırasıyla 8 kg ve 19.5 kg saf azot uygulanmıştır. Diğer konulara uygulanan saf azot miktarları, sulama suyuna orantılı olarak bu değerler arasında değişmiştir.

Araştırma sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Araştırma yıllarında deneme konularına her sulamada 17-147 mm arasında değişen oranlarda su verilerek toplam 102-823 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimi de 343-1052 mm arasında değişmiştir.

Araştırma yıllarında sulama konularındaki su stresine bağlı olarak 105.0 ile 1003.5 kg/da arasında değişen miktarlarda dane verimi alınmıştır. Aynı zamanda uygulanan su kısıntısının düzeyine göre verim unsurlarında da azalmalar görülmüştür.

Dane verimi (Y, kg/da) ile sulama suyu (I, mm) ve su tüketim (ET,mm) miktarları arasında denemenin birinci yılında sırasıyla $Y = -0.00191 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2=0.98^{**}$) ve $Y = 1.623 ET - 500.45$ ($r^2=0.88^{**}$); ikinci yılında da sırasıyla $Y = -0.0012 I^2 + 1.9 I - 222.49$ ($r^2 = 0.97^{**}$) ve $Y = 1.042 ET - 14.10$ ($r^2=0.88^{**}$); şeklinde eşitlikler belirlenmiştir. Ayrıca, teksel dane ağırlığı ile sulama suyu ve su tüketim miktarları arasında 2. dereceden ilişkiler olduğu bulunmuştur. Bunların yanında bitki boyu ve LAI değerlerinin sulama suyu ile su tüketim miktarları arasında denemenin birinci yılında doğrusal, ikinci yılında ise 2. dereceden ilişkiler saptanmıştır.

Verim tepki etmeni (k_y) 1.08-1.61 arasında değişmiştir.

Birim suya karşılık en fazla verim I_{20} sulama konusundan elde edilmiştir. Anılan konudan sonra uygulanan her birim su, sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) düşürmüştür. IWUE, 1.0 ile 2.43 kg/da-mm arasında değişmiştir. Toplam su kullanım randıman (WUE) değerleri, I_0 ve I_{20} sulama konuları dışındaki tüm konularda benzer olmuş ve en küçük değer 0.22 kg/da-mm, en büyük değer ise 1.25 kg/da-mm olarak saptanmıştır.

Hasat indeks (HI), I_{60} ve I_{80} sulama konularında 0.48 değeri ile en yüksek olmuş ve uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yeniden azalmıştır.

Deneme konularına uygulanan su stresi arttıkça verim unsurları da azalmıştır. Bunlara göre sulama konularından elde edilen dane ağırlığı, 134.41-332.76 mg; en yüksek yaprak alan indeksi (LAI) değerleri, 5.03-5.35; kuru madde miktarı 0.72-2.90 kg/m²; koçan çapı, 3.48 ile 4.91 cm; koçan boyu, 11.6-20.81 cm; bitki boyu 135.5-262.0

cm; koçan başına verim, 41.11 ile 175.23 g/koçan; koçandaki dane sayısı, 258.35-527.39 adet/koçan; bitki başına koçan sayısı, 0.66-1.04 koçan/bitki; bitki başına dane verimi, 20.65-179.98 g/bitki; bitki başına dane sayısı, 155.3-544.4 adet/bitki ve birim alandaki dane sayısı, 1083.4 ile 3900.2 adet/m² arasında değişmiştir.

Bitki su stresi arttıkça, mısır köklerinin daha derinlere gittiği ve o katmanlardaki kök ağırlık yüzdesini arttırdığı belirlenmiştir. Genelde bitki köklerinin yoğun olarak bulunduğu katmanın 0-40 cm olduğu saptanmıştır. Etkili kök derinliği ise 100 cm olarak belirlenmiştir.

İki yılın birleştirilmiş oransal dane verimleriyle (Y, kg/da) infrared termometre ve prometre gözlemlerinden belirlenen sulamadan önceki ortalama bitki su stresi indeksi (CWSI) (IRT) değerleri arasında sırasıyla $Y_r = 156.12 - 301.55 \text{ CWSI}$ ($r^2=0.97^{**}$) ve $Y_r = 148.31 - 184.23 \text{ CWSI}$ ($r^2=0.77^{**}$) şeklinde doğrusal eşitlikler belirlenmiştir.

Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisi için infrared termometre (IRT) ve porometre ölçümlerinden yararlanılarak elde edilen değerlerden hesaplanan bitki su stresi indeksi (CWSI) 0.19 ve 0.26 eşik değerine ulaştığında mısırın sulanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu koşullarda sulanan mısırdaki verim kaybı olmayacağı belirlenmiştir.

CERES-Maize bitki büyüme modeli Çukurova iklim koşullarında farklı toprak su içeriklerinde test edilmiştir. Anılan test sonucunda, kullanılan çeşidin belirlenen genetik katsayıları modelde kullanılsa bile, belirli su uygulamalarından sonra gözlenen ile kestirilen değerlerin çok farklı olduğu bulunmuştur. Modelin yörede kullanılabilirliğinin testinden, yalnızca genetik katsayıların belirlenmesinin yeterli olmadığı, aynı zamanda verim unsurlarını kestiren ilişkilerin yöreye uygun olarak düzeltilmesi gerektiği de anlaşılmıştır.

CERES-Maize bitki büyüme modelinin sulama randımanına, tarla kapasitesi ile solma noktası su içeriğine duyarlı olduğu bulunmuştur.

SUMMARY

This study was conducted to determine yield-water relationships, that helps the irrigation planners and producers to gain the most benefits per unit applied water instead of full irrigation application, under the limited water supplies and high cost of water situation; and to test and validate the CERES-Maize growth model; to develop an irrigation scheduling program using the crop water stress index (CWSI); and to evaluate effect of the deficit irrigation on root redistribution, yield and yield components of maize.

This experiment was conducted at the Research Field Agricultural Structures and Irrigation Department (36° 59' N lat.; 35° 18' E log; 20 m MSL) during 1993 and 1994. The soil of this site is classified as clayly Mutlu soil series. The experimental design was a complete randomized block with four replications. TTM-815 corn cultivar was used in this experiment.

In this research, irrigation treatments were created by applying proportional amounts to full replenishment of soil water use from a soil 120 cm depth every ten days. A " control " treatment, designated to receive 100 % soil water depletion (I_{100}) every ten days basis was used to guide irrigation applications. The other treatments received 80, 60, 40, 20 and 0 percent of the amount applied to the control treatment. A total of 6 and 7 irrigation were applied in the first and the second year of the research, respectively.

Preplant fertilizer (20-20-0, 40 kg/da) was applied at a rate of 8 kg pure nitrogen and 8 kg pure phosphorous per decare. Remaining nitrogen requirement was applied to the irrigation treatments in the urea form. During 1993 and 1994, the irrigation treatments received fertilizer in proportion to the irrigation water applied to the treatments. In both experimental of years, pure nitrogen application to the I_0 and I_{100} irrigation treatment were 8 kg and 19.5 kg per decare, respectively.

Conclusions drawn from this study were given below:

Irrigation water depths ranging from 17 to 147 mm per irrigation was applied to the treatments, which received total amount of irrigation water ranging from 102 to 823 mm, and seasonal total water use was found to range from 343 to 1052 mm.

In both experimental years, grain yield ranged from 105.0 to 1003.5 kg/da with respect to the irrigation treatments, and yield components decreased according to the created water deficit levels.

Significant relationships were determined between grain yield (Y, kg/da) versus both irrigation water (I, mm) and water consumption (ET, mm) as given $Y = -0.00191 I^2 + 2.9 I - 139.34$ ($r^2 = 0.98^{**}$) and $Y = 1.623 ET - 500.45$ ($r^2 = 0.88^{**}$) in the first year, respectively, and $Y = -0.0012 I^2 + 1.9 I + 222.49$ ($r^2=0.97^{**}$) and $Y = 1.042 ET - 14.10$ ($r^2=0.88^{**}$) in the second year, respectively.

Significant second order relationships were found between kernel mass versus both seasonal irrigation water and water use. In the second year, however, second order relationships were determined among plant height, leaf area index both the total irrigation water and seasonal water use.

Yield response factor (ky) was estimated as 1.08-1.61.

The highest grain yield response per unit applied water was obtained from I₂₀ treatment. In other treatments, as the amount of water applied increased, irrigation water use efficiency (IWUE) decreased. IWUE values ranged from 1.0 to 1.243 kg/da-mm. Total water use efficiency (WUE) values of all treatments, except I₀ and I₂₀, were similar. WUE values varied from 0.22 kg/da-mm to 2.43 kg/da-mm, respectively.

As the amount of irrigation water applied increased, harvest index (HI) also increased up to 0.48 (in the I₆₀ and I₈₀ treatments). However, as the applied irrigation water still increased, harvest index decreased.

As the crop water stress increased, yield components decreased. Kernel mass and the highest leaf area index (LAI), radii of ear, length of ear, plant height, kernel mass per ear, number of kernel per ear, number of ear per plant, kernel mass per plant, number of kernel per plant and number of kernel per unit area ranged as 134.41-332.76 mg; 5.03-5.35; 0.72-2.90 kg/m²; 3.48-4.91 cm; 11.6-20.81 cm; 135.5-262.0 cm; 41.11-175.23 g/ear; 258.35-527.39 no/ear; 0.66-1.04 ear/plant; 20.65-179.98 g/plant; 155.3-544.4 no/plant and 1083.4-3900.2 no/m², respectively.

As the crop water stress index (CWSI) increased, rooting depth of maize was found to be deeper in the soil profile, percentage of root mass also increased. The root mass percentage was generally confined to the upper 40 cm of the soil profile. On the other hand, effective and maximum rooting depths was determined as 100.

Linear relationships between crop water stress index (CWSI) (IRT) and rational grain yield (Y , kg/da) were found using the all two years infrared thermometer and porometer observation and as given $Y = 156.12 - 301.55 \text{ CWSI}$ ($r^2 = 0.97^*$) and $Y = 148.31 - 184.23 \text{ CWSI}$ ($r^2 = 0.77^{**}$), respectively.

An irrigation scheduling program was prepared using data of infrared thermometer and porometer for the first crop maize grown under Çukurova conditions. When crop water stress index reached to a value of 0.19 and 0.26 for infrared thermometer and porometer, respectively. It was time to irrigate the first crop maize.

Consequently, the CERES-Maize growth model was tested at different soil moisture contents. As a result of this test, even the genetic coefficients of the variety planted were used in the model, difference between the measured and observed data was very high following a known applied irrigation water. The tests revealed that it was not only enough to determine genetic coefficients, but also it was required to modify the relationships, which estimate yield and yield components to be corrected according to the region where experiment was conducted.

CERES-Maize growth model was found to be sensitive at soil water contents of permanent wilting point, field capacity, and irrigation efficiency.

KAYNAKLAR

- ABDUL-JABBAR, A.S., SAMMIS, T.W., LUGG, D.G., KALLSEN, C.E., SMEAL, D., 1983. Water Use by Alfalfa, Maize and Barley as Influenced by Available Soil Water. *Agricultural Water Management*, 6: 351-363.
- AKÇİN, A., SADE, B., TAMKOÇ, A., TOPAL, A., 1993. Konya Ekolojik Şartlarında Farklı Bitki Sıklığı ve Azotlu Gübre Uygulamalarının TTM-813 Melez Mısır Çeşidinde (*Zea. Mays L. Indentata*) Dane Verimi, Verim Unsurları ve Bazı Morfolojik Özelliklere Etkisi. *Doğa-Tr.J. of Agricultural and Forestry* 17: 281-294.
- ALESSI, J., POWER, J.F., 1975. Effect of Plant Spacing on Phenological Development of Early and Midseason Corn Hybrids in Semiarid Region. *Crop. Sci.* 15: 179-182.
- ALGOZIN, K.A., BRALTS, V.F., RITCHIE, J.T., 1988. Irrigation Strategy Selection Based on Crop Yield, Water and Energy Use Relationships: A Michigan Example. *Journal of Soil and Water Conservation*. 43(5): 428-431.
- ALGOZIN, K.A., RITCHE, J.T., BRALTS, V.F., 1987. Irrigation Strategy Selection Based on Economic Efficiency Criteria. *ASAE Paper No: 87-2563*, 30 PP.
- ALLMARAS, R.R., NELSON, W.W., VOORHEES, W.B., 1975. Soybean and Corn Rooting in Southwestern Minnesota. I. Water Uptake Sink. *Soil. Sci. Am. Proc.* 39: 764-771.
- ANDERSON, E.L., 1987. Corn Root Growth and Distribution as Influenced by Tillage and Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*. Vol. 79: 544-549.
- ANONYMOUS, 1986a. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). *IBSNAT Technical Report 5*.
- ANONYMOUS, 1986b. Delta Logger Use Manual I. Delta-T Devices Ltd. Cambridge, England, (120) S.
- ANONYMOUS, 1986c. Ele International Agronomics Catalogue. Agronomics Division, Eastman Way, Hemel Hempstead, Hertfordshire HPI 7HB, England, (246) S.
- ANONYMOUS, 1992. Areameter-User Manual-Delta-T Devise Ltd. England. 139 P.
- ANONYMOUS, 1994. Maise Erfdgreich Angebaut. BASF.
- ANONYMOUS, 1995. 1994 Yılı Çalışma Raporu. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı İl Müdürlüğü Bitki Koruma Şube Müdürlüğü, Adana

- AYDIN, H., 1991. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Değişik Azot Dozları ve Sıra Arası Mesafelerinin Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- BARRETT, J.W.H., SKOGERBOE, G.V., 1978. Effect of Irrigation Regime on Maize Yields. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 104. No. IR2, PP: 179-193.
- BARLOW, E.W.R., BOERSMA, L., YOUNG, J.L., 1976. Root Temperature and Soil Water Potential Effects on Growth and Soluble Carbohydrate Concentration of Corn Seedling. Crop Sci. 16: 59-62.
- BAŞTUĞ, R., 1987. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi). Ç.Ü. Fen. Bil. Enst., ADANA.
- BAYRAK, F., 1979. Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Samsun Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:15. Rapor Yayın No:13. SAMSUN. 30 S.
- BEADLE, C.L., 1985. Plant Growth Analysis. Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis. Edited by J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long and J. M. O. Scurlock. Chapter 2, P: 20-25. Pergoman Press. Oxford, England.
- BEK, Y., EFE, E., 1988. Araştırma Deneme Metotları I. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları, No: 71, 385 S.
- BELL, J.P., McCULLOCH, L., 1993. Soil Moisture Content. Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology Technical Reports Series No:91. International Atomic Energy Agency, VIENNA.
- BEYCE, Ö., MADANOĞLU, K., AYLAK, Ç., 1972. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Sulanabilir Mahsüllerin Su İstatistikleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Gn. Yayın No: 15, Teknik Yayın No: 12. (213 S.)
- BİÇER, Y., 1987. Çukurova Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Mısır Tarımında Toprak İşleme Tekniği. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No. 138. Rapor Serisi No.79.
- BLAD, B.L., 1982. Atmospheric Demand for Water. Crop-Water Relations. Edited by I.D. Teare and M. M. Reet, JOHN WILEY and SONS. New York.
- BOTNER, D., SAKAMOTO, C., 1991. Using GOES Insolation in the CERES-Maize Model. Field-Crops-Abstracts 044-05381.

- BOUYOUCOS, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.* 43, 434-448.
- BOWEN, W.T., JONES, C.W., CARSKY, R.J., OUINTANA, J.O., 1993. Evaluation of the Nitrogen Submodel of CERES-Maize Following Legume Green Manure Incorporation. *Agron. J.* 85: 153-159.
- BÖHM, W., 1979. *Methods of Studying Root Systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York.
- BRAUNWORTH, W.S., MACK Jr. and HARRY J. 1989b. Crop-Water Production Functions for Sweet Corn *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(2): 210-215.
- BRAUNWORTH, W.S., MACK, H.J., 1987a. Evaluation of Irrigation Scheduling Methods for Sweet Corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (1): 29-32.
- BRAUNWORTH, W.S., MACK, H.J., 1989a. The Possible Use of Crop Water Stress Index as an Indicator of Evapotranspiration Deficits and Yield Reduction in Sweet Corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(4): 542-546.
- BRAUNWORTH, W.S., MACK, H.R., 1987b. Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Sweet Corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (1): 32-35.
- BREMNER, J.M., 1965. Total Nitrogen (C.A. BLACK et al., edit) *Methods of Soil Analysis, Part: 2. Agronomy Series No: 9, ASA Inc., Rubl., Madison, Wisc., USA.* 1171-1175.
- BUCKS, D.A., NAKAYAMA, F.S., FRENCH, O.F., LEGARD, W.W., ALEXANDER, W.L., 1985. Irrigated Guayula-Evapotranspiration and Plant Water Stress. *Agricultural Water Management*, 10: 61-79.
- BURMAN, R.D., NIXON, P.R., WRIGHT, J.L., PRUITT, W.O., 1980. Water Requirements. In Jensen, M.E (Ed.), *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*, Amer. Soc. Agric. Eng. Monograph 3, pp. 189-232.
- CALDWELL, D.S., SPURGEON, W.E., MANGES, H.L., 1994. Frequency of Irrigation for Subsurface Drip-Irrigated Corn. *TRANSACTIONS of the ASAE*. Vol. 37(4): 1099-1103.
- CALLE, J.L., MANGES, H.L., BARNES, P.L., 1992. Scheduling Irrigation of Corn with Infrared Thermometry. *ASAE*. Paper No. MC: 92-102.
- CARBERRY, P.S., MUCHOW, R.C., Mc COWN, R.L., 1989. Testing the CERES-Maize Simulation Model in a Semi-arid Tropical Environment. *Field-Crops-Res.* 20(4): 297-315.

- CARNEIRO, C., DE JONG, E., 1985. In Situ Determination of the Slope the Calibration Curve of a Neutron Probe Using a Volumetric Technique. *Soil Science*, Vol.139. No.3: 250-254.
- CHANGE, R.V., BHASTAR, C.V.S., RAGHAVENDRA, A.S., DAS, V.S.R., 1984. Photosynthesis of Wheat Cultivators in Relation to Photosynthetic Unit and Stomatal Conductance. *Photosynthetika* 19(2): 226-230.
- CHILDS, W.S., GILLEY, J.R., SPLINTER, W.E., 1977. A Simplified Model of Corn Growth Under Moisture Stress. *TRANSACTION of the ASAE*. 20(5): 858-872.
- CLAWSON, K.L., JACKSON, R.D., PINTER, JR., P.J., 1989. Evaluating Plant Water Stress With Canopy Temperature Differences. *Agron. J.* 81:858-863.
- CLAWSON, K.L., BLAD, B.L., 1982. Infrared Thermometry for Scheduling Irrigation of Corn. *Agronomy Journal* 74: 311-316.
- CLEMENCE, B.ST.E., MALLET, J.B., 1988. Typifying Late-Season Weather for Maize Yield Prediction. *South African Journal of Plant and Soil*. 5(1): 46-47.
- COHEN, Y., HUCK, M.G., HESKETH, J.D., FREDERICK, J.R., 1990. Sap Flow in the Stem of Water Stressed Soybean and Maize Plants. *Irrig. Sci.* 11: 45-50.
- COMERMA, J., GUENNI, N., MEDINA, G., 1985. Validation of the Water Balance of the CERES-Maize Model in the Maracay Area Aragua State, Venezuela. *Agronomia-Tropical*. 35(4-6): 115-132.
- COSCULLUELA, F., FACI, J.M., 1992. Development of Water Production Function of Corn (*Zea Mays L.*) by the Use of a Line-Source Sprinkler. *Invest. Agr: Prod. Prot. Veg.* Vol. 7(2): 169-194.
- CURRY, R.B., PEART, R.M., JONES, J.W., BOOTE, K.J., ALLEN, L.H., 1988. Simulation as a Tool for Analyzing Crop Response to Climate Change. *ASAE*. No: 88-7512 29 PP.
- ÇEVİK, B., KANBER, R., KÖKSAL, H., 1989. Comparison of two Different Methods for Field Calibration of Neutron Moisture-Meter. Final Report, No: 4147/RI/RB. Dep. of Irr. and Drain., Fac. of Agric, Univ. of Çukurova, 65 S. ADANA.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1969. *Toprak Bilgisi*. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları: 10, Ankara, 230 S.
- DALE, R.F., COELHO, D.T., GALLO, K.P., 1980. Prediction of Daily Green Leaf Area Index for Corn. *Agron. J.* 72: 999-1005.

- DELOUGHERY, R.L., CROOKSTON, R.K., 1979. Harvest Index of Corn. Affected by Population Density, Maturity Rating, and Environment. *Agron. J.* 72: 577-580.
- DERVİŞ, Ö., 1986. Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Mısırın (NK-PX610'nun) Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Rapor No:106. Rapor Serisi No:56. TARSUS.
- DİE., 1994. Tarım İstatistikleri Özeti 1992, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayın No: 1665. Ankara.
- DİE., 1995. Tarımsal Yapı ve Üretim 1993, Yayın No: 1727. Ankara.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H., 1979. Yield Response to Water. United Nations FAO. Pub. 33, ROME, (193) S.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. Food and Agriculture Organization the United Nations, ROMA. İtaly, 144 P.
- DOSS, B.D., 1974. Comparison of Fag Irrigation with Surface Irrigation in Corn Production. *Agronomy Journal*, Vol. 66. January-February. P: 105-106.
- DWYER, L.M., STEWART, D.W., 1985. Water Extraction Pattern and Development of Plant Water Deficits in Corn. *Can. J. Plant Sci.* 65: 921-933.
- ECK, H.V., 1986. Effects of Water Deficits on Yield, Yield Components, and Water Use Efficiency of Irrigated Corn. *Agron. J.* 78: 1035-1040.
- EGHBALL, B., MARANVILLE, J.W., 1993. Root Development and Nitrogen Influx of Corn Genotypes Grown Under Combined Drought and Nitrogen Stresses. *Agron. J.* 85: 147-152.
- EHRLER, W.L., 1973. Cotton Leaf Temperatures as Related to Soil Water Depletion and Meteorological Factors. *Agronomy Journal*, Vol. 65: 404-409.
- EIK, K., HANWAY, J.J., 1966. Leaf Area in Relation to Yield of Corn Grain. *Agron. J.* 58: 16-18.
- ENTENMANN, T.A., ALLISON, B.E., PLOEG, R.R., VAN-DER-PLOEG, R.R., 1989. *Mitteilungen-der Deutschen-bodenkundlichen-Gesellschaft.* 59: 1, 129-132.
- ERNEST, L.P., WEISS, A., 1990. Evaluating CERES-Maize for Reduction in Plant Population or Leaf Area During the Growing Season. *Agricultural System* 33: 199-213.

- FANGMEIER, D.D., GAROT, D.J., HUSMAN, S.H., 1988. Water Stress Effect on Trickle Irrigated Cotton. Paper No: 88-2065, Am. Soc. Agric. Eng.
- FAPOHUNDA, H. O., AINA, P.O., HOSSAIN, M.M., 1984. Water Use-Yield Relations for Cowpea and Maize. Agric. Water Manage., 9: 219-224.
- FOLLETT, R.F., ALLMARAS, R.R., REICHMAN, G.A., 1974. Distribution of Corn Roots in a Sandy Soil with a Declining Water Table. Agron. J. 66: 288-292.
- FRENKEL, H., MANTELL, A., VINTEN, A., MEIRI, A., 1990. Double Line-Source Sprinkler System for Determining the Separate and Interactive Effects of Water and Salinity Forage Corn. Irrig. Sci. 11: 227-231.
- GARDNER, B.R., BLAD, B.L., MAURER, R.E., WATTS, D.G., 1981a. Relationship Between Crop Temperature and the Physiological and Phenological Development of Differentially Irrigated Corn. Agron. J. Vol. 73: 743-748.
- GARDNER, B.L., BLAD, B.L., WATTS, D.G., 1981b. Plant and Air Temperatures in Differentially- Irrigated Corn. Agric. Meteorol., 25:207-217.
- GEISER, K.M., SLACK, D.C., ALLRED, E.R., STANGE, K.W., 1982. Irrigation Scheduling Using Crop Canopy-Air Temperature Difference. ASAE. Paper No: 80-2568. ASAE. St. Joseph. MI. Vol. 25(3): 689-694.
- GENUCHTEN, M.T. van., HOFFMAN, G.J., 1984. Analysis of Crop Salt Tolerance Data. Soil Salinity Under Irrigation. Ed. I. Shainberg, J. Shalhevet. Springer-Verlag, Germany. 349 S.
- GRANT, R.F., JACKSON, B.S, KINIRY, J.R, ARKIN, G.F., 1989. Water Deficit Timing Effects on Yield Components in Maize. Agron. J. 81: 61-65.
- GUITJENS, J.C., 1982. Models of Alfalfa Yield and Evapotranspiration. ASCE, Vol. 108, No. IR3, p 212-222.
- GÜNBATILI, F., 1979. Tokat-Kazova Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Tokat Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:33. Rapor Yayın No:21. TOKAT. 44 S.
- GÜNGÖR, H., ÖĞRETİR, K., 1980. Eskişehir Koşullarında Lizimetrelerde Yetiştirilen Şekerpancarı, Buğday, Mısır ve Patatesin Su Tüketimleri. Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 156. ESKİŞEHİR (54) S.
- HANKS, R.J., 1983. Yield and Water-Use Relationships: An Overview. (TAYLOR, H.M ve Ark., editor). Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Amer. Soc. Agron. Inc: 393-411.

- HANKS, R.J., ASHCROFT, G.L., RASMUSSEN, V.P., WILSON, G.D., 1978. Corn Production as Influenced by Irrigation and Salinity-Utah Studies. *Irri. Sci.* 1, 47-59.
- HANKS, R.J., KELLER, J., RASMUSSEN, V.P., WILSON, G.D., 1976. Line Source Sprinkler for Continuous Variable Irrigation Crop Production Studies. *Soil Sci. Am. J.*, Vol. 40: 426-429.
- HANKS, R.J., SULLIVAN, T.E., HUNSAKER, V.E., 1977. Corn and Alfalfa Production as Influenced by Irrigation and Salinity. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* Vol: 41, No: 3, P: 606-610.
- HARDER, H.J., CARLSON, R.E., SHAW, R.H., 1982. Yield, Yield Components, and Nutrient Content of Corn Grain as Influenced by Post-Silking Moisture Stress. *Agron. J.* Vol. 74: 275-278.
- HEAD, G.C., 1966. Estimation Seasonal Changes in the Quantity of White Unsuberized Root on Fruit Trees. *J. Hortic. Sci.* 41: 197-206.
- HELWEG, O.J. 1991. Functions of Crop Yield from Applied Water. *Agron. J.* 83: 769-773.
- HIZALAN, E., ÜNAL, H., 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayınları: 278. A.Ü. Basımevi, Ankara. 885 S.
- HODGES, T., BOTNER, D., SAKAMOTO, L., HAYS-HAUNG, J., 1987. Using the CERES-Maize Model to Estimate Production for the U.S. Cornbelt. *Agricultural and Forest Meteorology* 40(4): 293-303.
- HODGES, T., EVANS, D.W., 1990. Light Interception Model for Estimating the Effects of Row Spacing on Plant Competition in Maize. *Journal of Production Agriculture.* 3(2): 190-195.
- HORST, G.L., O'TOOLE, J.C., FAVER, K.L., 1989. Seasonal and Species Variation in Baseline Functions for Determining Crop Water Stress Indices in Turfgrass. *Crop Sci.* 29: 1227-1232.
- HOWELL, T.A., COPELAND, K.S., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A., 1989. Sprinkler Irrigation Management for Corn-Southern Great Plains. *Trans. of the ASAE.* 32(1): 147-154.
- HOWELL, T.A., CUENCA, H.A., SOLOMON, K.H., 1990. Crop Yield Response. "Management of Farm Irrigation Systems Edited by J. Hoffman and Ark. " ASAE Monograph Chap S. USA.

- HOWELL, T.A., MUSICK, J.T., 1984. Relationship of Dry Matter Production of Field Crops to Water Consumption. Proc. Int. Con. on Crop Water Requirements, Paris. 11-14. September 1985.
- HOWELL, T.A., MUSICK, J.T., TOLK, J.A., 1986a. Canopy Temperature of Irrigated Winter Wheat. Vol. 29(6): 1692-1699.
- HOWELL, T.A., YAZAR, A., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A., COPELAND, K.S., 1992. LEPA Irrigation of Corn and Sorghum. Center Pivot Field at USDA-ARS, Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, TX.
- HOWELL, T.A., YAZAR, A., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A., COPELAND, K.S., 1994. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. ASAE Paper No: 94-2098.
- HUNT, L.A., PARARAJA SINGHAM, S., JONES, J.W., HOOGENBOOM, G., IMAMURA, D.T., OGASHI, R.M., 1993. SOFTWARE GENCALC: Software to Facilitate the Use of Crop Models for Analyzing Field Experiments. Agron. J. 85: 1090-1094.
- HUNT, L.A., PARARAJASINGHAM, S., 1993. GENCAL Genotype Coefficient Calculator User's Guide Version 2.0 Department of Crop Science Publication No. LAH-O1-93. Crop Simulation Series No.1. (43) S.
- IDSO, S.B., 1982. Non-Water-Stressed Baselines: A Key to Measuring and Interpreting Plant Water Stress. Agric. Meteorol., 27: 59-70.
- IDSO, S.B., EHRLER, W.L., 1976. Estimating Soil Moisture in the Root Zone of Crops: A Technique Adaptable to Remote Sensing. Geophys. Res. Lett., 3, 23-25.
- IDSO, S.B., JACKSON, R.D., PINTER, P.J., REGINATO, R.J., HATFIELD, J.L., 1981a. Normalizing the Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability. Agricultural Meteorology, 24: 45-55.
- IDSO, S.B., REGINATO, R.J., FARAH, S.M., 1982. Soil-and Atmosphere-Induced Plant Water Stress in Cotton as Inferred from Foliage Temperatures. Water Resources Research, Vol.18 No.4 Pages: 1143-1148.
- IDSO, S.B., REGINATO, R.J., REICOSKY, D.C., HATFIELD, J.L., 1981b. Determining Soil-Induced Plant Water Potential Depressions in Alfalfa by Means of Infrared Thermometry. Agron. J., 73: 826-830.
- ISFAN, D., 1984. Corn Yield Variation as Related to Soil Water Fluctuation and Nitrogen Fertilizer. I. Soil Water-Yield Relationships. Commun. In Soil Sci. Plant Anal., 15(10): 1147-1161.

- JACKSON, R.D., 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. Advances in Irrigation. Edited by Daniel Hillel. Academic Press 1: 43-85. New York. London.
- JACKSON, R.D., IDSO, S.B., REGINATO, R.J., PINTER, JR., P.J., 1981. Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator. Water Resources Research. Vol.17, No:4. Pages: 1133-1138.
- JACKSON, R.D., KUSTAS, W.P., CHOUDHURY, B.J., 1988. A Reexamination of the Crop Water Stress Index. Irrig Sci. 9: 309-317.
- JAMES, D.W., HANKS, R.J., JURINAK, J.J., 1982. Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons, Inc. USA. (235) S.
- JONES, J.W., RITCHIE, J.T., 1990. Crop Growth Models. Management of Farm Irrigation Systems. Edited by G. J. HOFFMAN, T.A. HOWELL, K.H. SOLOMON. ASAE.
- KANBER, R., 1977. Çukurova Koşullarında Bazı Toprak Serilerinin Değişik Kullanılabilir Nem Düzeylerinde Yapılan Sulamaların Pamuğun Verim ve Su Tüketimine Etkileri Üzerinde bir Lizimetre Araştırması. Tarsus Bölge TOPRAKSU Araştırma Ens. Müd. Yayınları. Genel Yayın No: 85, Rapor Yayın No: 35.
- KANBER, R., YAZAR, A., EYLEN, M., 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. 77 S.
- KANBER, R., BAŞTUĞ, R., KÖKSAL, H., BAYTORUN, N., 1990b. Yields and Comperative Performance of Different Crop Production Functions of Cotton As Influenced by Deficit Irrigation. Doğa Tr. J. of Agriculture and Forestry 14: 533-547.
- KANBER, R., YAZAR, A., KÖKSAL, H., OĞUZER, V., 1991. Grapefruit Irrigation Sheduling Using Class A Pan Evapotranspiration Data. Doğa-Tr. J. of Agriculture and Forestry 15: 930-943.
- KANBER, R., KÖKSAL, H., GÜNGÖR, H., ÖNDER, S., ÜNLÜ, M., ÖĞRETİR, K., 1993. Su Tüketiminde Tasarruf Sağlayan Yöntem ve Teknikler, (editör S. ŞENER), Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No:76, TARSUS.
- KANBER, R., KIRDA, C., 1994. Evaluation of Deficit Irrigation Programmes of Cotton, Maize, Wheat and Soybean. International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region. Volume V. Istituto Agronomico Mediterraneo Valenzano Bari Italy. 4-8 September 1994. P:117-133.

- KANBER, R., YAZAR, A., ÖZEKİCİ, B., DİKER, K., SEZEN, S.M., ÜNLÜ, M., 1994. Bitki Üretim Fonksiyonlarının Eldesinde Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sistemlerinin Kullanılması. Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 9, (1): 134-148.
- KIRTOK, Y., 1986. TAB-406 Sıcak İklim Tahılları. Ç.Ü. Ziraat Fak. Ders Notu Yayınları No:19. Adana.
- KROGMAN, K.K., MACDONALD, M.R., HOBBS, E.H., 1980. Response of Silage and Grain Corn to Irrigation and Fertilizer. Can. J. Plant Sci. 60: 445-451.
- KÖKSAL, H., 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Doktora Tezi. 199 S.
- KÖY HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1985. Çukurova da Buğdaydan Sonra İkinci Ürün Mısır Tarımı. Köy Hiz. Gn. Müd. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 126, Çiftçi Bülteni Seri No: 11, ANKARA. 6 S.
- KÜN, E., 1985. Sıcak İklim Tahılları. A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, No. 953, Ankara.
- LAHROUNI, A., LEDENT, J.F., 1989. Growth of Maize in Belgium and Temperature. Simulation Study of Weather Variables Revue-de-I Agriculture 42(2): 193-206.
- LAHROUNI, A., LEDENT, J.F., 1990. Effect of Temperature and Solar Radiation on Maize Yield in Belgium: A Simulation Study. Revue-de-1, Agriculture. 43(3): 361-375.
- LARSON, W.E., HANWAY, J.J., 1977. Corn and Corn Improvement. Corn Production Editor. G. F. Sprague, American Society of Agronomy. Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- LIU, W.T.H., BOTNER, D.M., SAKAMOTO, C.M., 1989. Application of CERES-Maize Model to Yield Prediction of a Brazilian Maize Hybrid. Agricultural and Forest Meteorology. 45(3-4): 299-312.
- LORENS, G.F., BENNETT, J.M., LOGGALE, L.B., 1987. Differences in Drought Resistance Between two Corn Hybrids. II. Component Analysis and Growth Rates. Agron. J. 79: 808-813.
- MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance - Current Assessment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE 103: 115-134.
- MACKAY, A.D., BARBER, S.A., 1985. Soil Moisture Effects on Root Growth and Phosphorus Uptake by Corn. Agron. J. 77:519-523.

- MAYAKI, W.W., STONE, L.R., TEARE, I.D., 1976. Irrigated and Nonirrigated Soybean, Corn, and Grain Sorghum Root System. *Agron. J.* 77: 519-523.
- MONTEITH, J.L., 1973. Principles of Environmental Physics, Amer. Elsevier Pub. Comp. New York, 147 PP.
- MUSICK, L.T., DUSEK, D.A. 1980. Irrigated Corn Yield Response to Water. *TRANSACTION of the ASAE.* Vol: 23 No:1, P: 92-103.
- NEWMAN, E.I., 1966. A Method of Estimating the Total Length of Root in a Sample. *J. Appl. Ecol.* 3: 139-145.
- NIELSEN, D.C., GARDNER, B.R., 1987. Scheduling Irrigations for Corn with the Crop Water Stress Index (CWSI). *Applied Agricultural Research* Vol. 2, No.5, pp. 295-300.
- NOVAK, W., 1987. Estimation of Soil-Water Extraction Patterns by Roots. *Agri. Water. Man.* 12:271-278.
- OKMAN, C., 1969. Ankara Şartlarında Şekerpancarının Su İstihlakinin Tayini Üzerinde Bir Araştırma Ank. Üni. Zir. Fak. Kültürteknik Bölümü (Doktora) ANKARA, 80-85.
- O'TOOLE, J.C., HATFIELD, J.L., 1983. Effect of Wind on the Crop Water Stress Index Derived by Infrared Thermometry. *Agron. J.* Vol. 75: 811-817.
- O'TOOLE, J.C., REAL, J.G., 1986. Estimation of Aerodynamic and Crop Resistances from Canopy Temperature. *Agron. J.* 78:305-310.
- OYLUKAN, Ş., GÜNGÖR, H., 1975. Orta Anadoluda Mısır Su Tüketimi. Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No:129. Rapor Seri No:88. ESKİŞEHİR. 43 S.
- ÖZBEK, H., DİNÇ, U., KAPUR, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Ç.Ü. Ziraat Fak, Yay. 73, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler 8, Adana, 149 S.
- ÖĞRETİR, K., 1993. Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. ADANA (83)S.
- ÖNDER, S., 1994. Çukurova Koşullarında Fasıhalı (Surge) ve Sürekli Karık Sulama Yöntemlerinin Karşılaştırılması. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. ADANA. (273) S.

- PETERSEN, R.G., CALVIN, L.D., 1965. Sampling Methods of Soil Analysis (C.A. Black et. al. edit.), Part I, Agronomy Series No:9, Am. Soc. of Agr. Inc. Pub., Madison Wisconsin, USA, P: 54-72.
- PINTER, P.J., REGINATO, R.J., 1982. A Thermal Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations. TRANSACTIONS of the ASAE. Vol. 25(6): 1651-1655.
- PIPER, E., WEISS, A., 1989. Extending CERES-Maize to Handle Abiotic and Biotic Stresses. 19 th. Conference on Biometeorology and Aerobiology. March 7-10, Charleston, South Carolina, USA. 52-53 S.
- PLANTUREUX, S., GIRARDIN, P., FOUQUET, D., CHAPOT, J., 1991. Evaluation and Sensitivity Analysis of the CERES-Maize Model in North-Eastern France. Agronomie, 11(1): 1-8.
- REDDY, M.D., KRISHNAMURTHI, I., REDDY, K.A., VENKATACHARI, A., 1982. Consumptive Use and Daily Evapotranspiration of Corn Under Different Levels of Nitrogen and Moisture Regimes. Plant Soil 56: 143-147.
- REGINATO, R.J., 1983. Field Quantification of Crop Water Stress. Trans. Amer. Soc. of Agr. Engrs. 26(3): 772-781.
- REGINATO, R.J., HOWE, J., 1985. Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. Journal of and Drainage Engineering ASCE, Vol. 111, No. 2, p:125-133, Paper No:19798
- RETTA, A., HANKS, R.J., 1980. Corn and Alfalfa Production as Influenced by Limited Irrigation. Irrig. Sci. 1: 135-147.
- RETTA, A., VANDERLIP, R.L., HIGGINS, R.A., MOSHIER, L.J., FEYERHERM, A.M., 1991. Suitability of Corn Growth Models for Incorporation of Weed and Insect Stresses. Agronomy Journal. 83: 757-765.
- RHOADS, F.M., BENNETT, J.M., 1990. Corn in irrigation of Agricultural Crops. (A. Stewart ve D.R. Nielsen) ASAE Agronomy Monograph No: 30: 569-596. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA. 569-596.
- RITCHIE, J.T., 1985. A User-Orientated Model of the Soil Water Balance in Wheat. Models in Wheat Agronomy. Wheat Growth and Modelling. Edit. W. Day, R.K. Arkins, Vol. 86(27): 293-307.
- ROBERTSON, W.R., HAMMOND, L.C., JOHNSON, J.T., BOOTE, K.J., 1980. Effects of Plant-Water Stress on Root Distribution of Corn, Soybeans and Peanuts in Sandy Soil. Agron. J. 72:548-550.

- ROSENZWEIG, C., 1989. Climate Change and CO₂ Effects on Wheat and Corn in the Great. Ninth Conference on Agricultural and Forestry Meteorology and the Ninth Conference on Biometeorology and Aerobiology, March 7-10, Charleston, South Carolina. J26-J29.
- RUSSO, D., BAKKER, D., 1987. Crop-Water Production Functions for Sweet Corn and Cotton Irrigated with Saline Waters. *Soil. Sci. Am. J.*, Vol. 51, P: 1554-1562.
- SAINI, G.R., CHOW, T.L., 1982. Effect of Compact Subsoil and Water Stress on Root and Shoot Activity of Corn (*Zea Mays L.*) and Alfalfa (*Medicago Sativa L.*) in a Growth Chamber. *Plant Soil* 66: 291-298.
- SAMMIS, T.W., 1981. Yield of Alfalfa and Cotton as Influenced by Irrigation. *Irr. Agron. J.* 73(2): 323-329.
- SAMMIS, T.W., SMEAL, D., WILLIAMS, S., 1988. Predicting Corn Yield Under Limited Irrigation Using Plant Height. *Trans. of the ASAE.* 3(13): 830-838.
- SCHUURMAN, J.J., GOEDEWAAGEN, M.A.J., 1971. Methods for the Examination of Root Systems and Roots. Wageningen. Pudoc Ind Ed., 1971.
- SEZEN, S.M., 1993. Çukurova Koşullarında Buğdayda Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve CERES-Wheat Bitki Büyüme Modelinin Test Edilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana. 106 S.
- SHARP, R.E., DAVIES, W.J., 1979. Solute Regulation and Growth by Roots and Shoots of Water Stressed Maize Plants. *Planta* 147: 43-49.
- SHARP, R.E., DAVIES, W.J., 1985. Root Growth and Water Uptake by Maize Plants in Drying Soils. *J. Exp. Bot.* 36: 1441-1456.
- SLACK, D.C., T.F. SCHERER, L.J. CLARK, F.FOX., 1989. Theoretical Basis for Crop Water Stress Index Unstressed Baseline Variability. *Amer. Soc. Agr. Eng.*, Paper No: 89-2085.
- SMITH, M., 1984. Irrigation Scheduling and Water Distribution. *Crop Water Requirements International Conference.* P: 498-514.
- SNYDER, R. L., STEDUTO, P. 1994. IAMETO. Reference ET Calculator. CHEAM-IAM-BARI Valenzano (Bari), Italy.
- STEELE, D.D., STEGMAN, E.C., GREGOR, B.L., 1994. Field Comparison of Irrigation Scheduling Methods for Corn. *TRANSACTIONS of the ASAE.* Vol. 37(4): 1197-1203.

- STEGMAN, B.A., HANKS, R.J., MUSICK, J.T., WATTS, D.G., 1981. Irrigation Water Management-Adequate or Limited Water Irrigation Challenges at the 80'S (Proceedings of the ASAE Second National Irrigation Symposium, Oct. 20-23, 1980 Univ. of Nebraska, Lincoln, Nebraska). Pub. ASAE, St. Joseph, MICHIGAN, 154-165.
- STEGMAN, E.C. 1982. Corn Grain Yield as Influenced by Timing of Evapotranspiration Deficits. *Irrig. Sci.* 3: 75-87.
- STEGMAN, E.C., 1984. Efficient Water Scheduling Regimes for Corn Production. International Conference. Crop Water Requirement, 11-14 Sept. Paris. 1985. P: 635-647.
- STEGMAN, E.C., 1986. Efficient Irrigation Timing Methods for Corn Production. *TRANSACTIONS of the ASAE.* Vol.29(1): 203-210.
- STEINMETZ, S., LAGOUARDE, J.P., DELECOLLE, R., GUERIF, M., SEGUIN, B., 1989. Evapotranspiration and Water Stress Using Thermal Infrared Measurement. A General Review and a Case Study on Winter Durum Wheat in Southern France. *Physiology-Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments* Edited by E ACEVEDO ve At. al. Inra Editions. Route de St. Cyr. 78026 Versailles Cedex, France.
- STEWART, J.I., MISRA, R.D., PRUITT, W.O., HAGAN, R.M., 1975. Irrigating Corn and Grain Sorghum with a Deficient Water Supply. *TRANSACTIONS of the ASAE.* Vol. 18(2): 270-280.
- STOCKLE, C.O., DUGAS, W.A., 1989. Limitations of Infrared Thermometry for Irrigation Scheduling. ASAE paper No:89-2643.
- STOCKLE, C.O., DUGAS, W.A., 1992. Evaluating Canopy Temperature-Based Indices for Irrigation Scheduling. *Irrig. Sci.* 13:31-37.
- STOCKLE, C.O., JAMES, L.G., BASSETT, D.L. SAXTON, K.E., 1991. Effect of Evapotranspiration Underprediction on Irrigation Scheduling and Yield of Corn: A Simulation Study. *Agriculture Water Management*, 19: 167-179.
- STUTLER, R.K., JAMES, D.W., FULLERTON, T.M., WELLS, R.F., SHIPE, E.R., 1981. Corn Yield Functions of Irrigation and Nitrogen in Central America. *Irrig. Sci.* 2: 79-88.
- SZEICZ, G., LONG, I.F., 1969. Surface Resistance of Crop Canopies. *Water Resources Research.* 5(3): 622-633.

- TANRIVERDİ, B., 1993. Çukurova Koşullarında Mısır Bitkisine Uygulanan Farklı Azot ve Potasyum Miktarlarının Verim ve Verim Ögelerine Etkileri. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- THOM, A.S., OLIVER, H.R., 1977. On Penman's Equations for Estimating Regional Evaporation. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 103: 345-357.
- TİGEM, 1994. Mısır Tohumculuğu. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- TUCEL, H.M., 1994. Orta Anadolu Koşullarında FAO Su Tüketim Modellerinin İrdelenmesi Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- TÜZÜNER, A., 1981. Alçı Blokları, Tansiyometre ve Nötronmetrenin Sulama Zamanın Belirlenmesinde Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel Yayın No: 97. Teknik Yayın No:52. ANKARA. 44 S.
- UL, M.A., 1990. Menemen Ovası Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı. Doktora Tezi, İzmir. 115 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. Atatürk Üni. Zir. Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. 24-26 Haziran, ERZURUM.
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook No: 60. USDA. (160) S.
- UPENDRA, S., SINGH, U., 1986. A Crop Growth Model for Predicting Corn (Zea Mays L.) Performance in the Tropics. Vol. 46(7)-2135 B.
- USDA-SCS, 1967. Irrigation Water Requirements. Technical Release No: 21. 83 S.
- UZUNOĞLU, S., 1991. Ankara Yöresinde Hibrit Mısırın Su Tüketimi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:172. Rapor Seri No:R.64, ANKARA. 26 S.

- ÜLGER, A.C., TANSI, V., SAĞLAMTİMUR, T., BAYTEKİN, H., KILINÇ, M., 1992. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Ana Ürün veya İkinci Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır ve Sorgum Tür ve Çeşitlerinin Saptanması. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Ana Ürün veya İkinci Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitlerinin Saptanması. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 40, GAP Yayınları No: 67, Adana.
- ÜLGER, A.C., GENÇ, I., ARIOĞLU, H., 1993. Farklı Azot Dozlarında ve "Mixtalol" Bitki Büyüme Düzenleyicisinin Mısır Bitkisinde Dane Verimi ve Diğer Bazı Bitkisel Özelliklere Etkisi. Ç.Ü.Z.F. Dergisi 8 (4): 63-78.
- VOS, R.N., MALLETT, J.B., 1987. Preliminary Evaluation of Two Maize (*Zea Mays* L.) Growth-Simulation Models. South-African Journal of Plant and Soil 4(3): 131-136.
- WAGGER, M.G., CASSEL, D.K., 1993. Corn Yield and Water Use Efficiency as Affected by Tillage and Irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 229-239.
- WALDREN, R.P., 1982. Corn. Crop-Water Relations. Edited by I.D. Teare and M.M. Reet JOHN WILEY and SONS. New York.
- WANJURA, D.F., HATFIELD, J.L., UPCHURCH, D.R., 1990. Crop Water Stress Index Relationships with Crop Productivity. Irrig. Sci. 11: 93-99.
- WENDA, W.I., HANKS, R.S., 1981. Corn Yield and Evapotranspiration Under Simulated Drought Conditions. Irrig. Sci. 2: 193-204.
- WIEGAND, L.L., NIXON, P.R., JACKSON, R.D., 1983. Drought Detection and Quantification by Reflectance and Thermal Responses. Agric. Water. Man. 7:303-321.
- WILHELM, W.W., MIELKE, L.N., GILLEY, J.R., 1985. Tillage and Low-Pressure Center-Pivot Irrigation Effects on Corn Yield. Agron. J. Vol. 77: 258-263.
- WU, Y., SAKAMOTO, C.M., BOTNER, D.M., 1989. On the Application of the CERES-Maize Model to the North China Plain Agricultural and Forest Meteorology. 49(1): 9-22.
- YARON, D., 1971. Estimation and Use of Water Production Functions In Crops J. of The Irr. Drain. Div. Proc. of the ASCE 291-302 S.
- YAZAR, A., 1990. Utilization of Infrared Thermometry Technique for Assessing Crop Water Stress and Irrigation Scheduling for Soybean. Doğa Tr.d. of Agriculture and Forestry. 14:517-533.

- YAZAR, A., 1991. Field Verification of the Soybean Crop Growth Simulation Model "Soygro" Under Çukurova Conditions. *Doğa-Tr.J of Agric. and Forestry*. 15: 166-180.
- YAZAR, A., 1993. Infrared Termometre ile Bitki Su Stresinin Ölçülmesi. S. Şener Edit. *Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Genel Müdürlüğü. Yayın No:76. TARSUS.*
- YAZAR, A., ÇEVİK, B., TEKİNEL, O., TÜLÜCÜ, K., BAŞTUĞ, R., KANBER, R., 1990. Çukurova Koşullarında Yağmurlama Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Soyada Evapotranspirasyon-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi. *Doğa. Tr. J. of Agriculture and Forestry* 14: 181-203.
- YILDIRIM, O., KODAL, S., SELENAY, M.F., YILDIRIM, E., 1995. Kısıntılı Sulamanın Verime Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. S. 347-365. Kemer-Antalya.
- YILDIZ, G., GENÇ, I., 1990. Bazı Hibrid Mısır Çeşitlerinin Çukurova Koşullarında Uyum Yetenekleri Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 4 (3): 35-51.
- YURTSEVER, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 121. Teknik Yayın No:156. ANKARA. 623 S.
- YÜCEL, C., 1993. Çukurova Koşullarında Yetiştirilen Melez Mısır (Zea May L.) Çeşitlerinde Bazı Kök Özellikleri ile Dane Verimi ve Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Saptanması. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı (Y. Lisans Tezi). (67). S.
- ZIPOLI, G., 1990. Remote Sensing for Scheduling Irrigation: Review of Thermal Infrared Approach. *Acta Horticulture Volume I (1-442): 281-288.*
- ZUNIGA, E.M., 1989. Crop Model Evaluation of Precipitation, Planting Date, and Nitrogen Application Interaction Effect on Corn Yields in Central America. *Dissertation-Abstracts-International, B. Sciences and Engineering*. 49: 11, 4616B.

TEŞEKKÜR

Araştırma konusunun seçiminde ve yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen ve çalışmanın her aşamasında büyük desteğini gördüğüm sayın hocam Prof. Dr. Attila YAZAR'a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Araştırma sırasında değerli bilgilerine başvurduğum sayın Prof. Dr. Rıza KANBER'e ve diğer bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

— Çalışmanın başından sonuna kadar yardım ve desteklerini esirgemeyen eşim Zir. Yük. Müh. Serpil GENÇOĞLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca emeği geçen bölüm personeline de teşekkür ederim.



ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Adana'nın Kadirli İlçesinin Armağanlı Köyünde doğdum. İlkokulu Armağanlı Köyünde, Orta ve Liseyi Kadirli'de tamamladım. 1983 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümüne girdim ve 1987 yılında aynı bölümden mezun oldum. 1988 yılında Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünün açmış olduğu Yüksek Lisans sınavı kazanarak Kültürteknik Anabilim Dalında eğitime başladım. 1989 yılında Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünün açtığı Araştırma Görevlisi sınavını kazanarak anılan anabilim dalında göreve başladım. Aynı zamanda yürüttüğüm yüksek lisans tezimi 1991 yılının Eylül ayında tamamladım. Yüksek Lisans eğitimimi tamamladıktan sonra Araştırma Görevliliğinden ayrılmak zorunda kaldım. 1991 yılının Ekim ayında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesinin açtığı Araştırma Görevlisi sınavını kazanarak Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde göreve başladım. Aynı zamanda 1992 yılının Şubat ayında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Doktora başladım. Halen aynı Üniversitede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım. Evliyim. 1993 yılında askerlik görevimi tamamladım.



Ek Çizelge 1a. I_0 konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_0)	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10.0	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0.0	-	424	373	51	319
04.7.1993	3.Sul	373	0.0	-	373	317	56	370
14.7.1993	4.Sul	317	0.0	-	317	279	38	426
24.7.1993	5.Sul	279	0.0	-	279	268	11	464
03.8.1993	6.Sul	268	0.0	-	268	267	1	475
17.8.1993	Hasat	267						476

Ek Çizelge 1b. I_{20} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_{20})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71.0	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10.0	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0.0	29	453	421	32	319
04.7.1993	3.Sul	421	0.0	24	445	367	78	351
14.7.1993	4.Sul	367	0.0	27	394	344	50	429
24.7.1993	5.Sul	344	0.0	24	367	318	49	479
03.8.1993	6.Sul	318	0.0	26	344	314	30	529
17.8.1993	Hasat	314						559

Ek Çizelge 1c. I_{40} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_{40})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10.0	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0.0	59	483	424	59	319
04.7.1993	3.Sul	424	0.0	48	472	390	82	378
14.7.1993	4.Sul	390	0.0	53	443	376	67	460
24.7.1993	5.Sul	376	0.0	48	423	347	77	527
03.8.1993	6.Sul	347	0.0	53	399	331	69	604
27.8.1993	Hasat	331						672

Ek Çizelge 1d. I_{60} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışlımlı evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_{60})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışlımlı Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71.0	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0	88	512	448	64	319
04.7.1993	3.Sul	448	0	71	519	422	97	383
14.7.1993	4.Sul	422	0	80	502	427	74	480
24.7.1993	5.Sul	427	0	71	499	413	86	555
03.8.1993	6.Sul	413	0	79	492	369	124	640
27.8.1993	Hasat	369						764

Ek Çizelge 1e. I_{80} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışlımlı evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_{80})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışlımlı Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71.0	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0	118	542	455	86	319
04.7.1993	3.Sul	455	0	95	550	443	107	405
14.7.1993	4.Sul	443	0	106	550	446	103	512
24.7.1993	5.Sul	446	0	95	542	437	105	616
03.8.1993	6.Sul	437	0	105	542	400	143	720
27.8.1993	Hasat	400						863

Ek Çizelge 1f. I_{100} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışlımlı evapotranspirasyon (1993)

Tarih	Sulama (I_{100})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışlımlı Et (mm)
26.4.1993.	Ekim	460	100.0	-	560	470	90	0
15.5.1993		470	71.0	-	541	469	72	90
14.6.1993	1.Sul	469	10	102	581	424	157	162
24.6.1993	2.Sul	424	0	147	571	452	119	319
04.7.1993	3.Sul	452	0	119	571	439	133	438
14.7.1993	4.Sul	439	0	133	571	452	119	570
24.7.1993	5.Sul	452	0	119	571	439	132	689
03.8.1993	6.Sul	439	0	132	571	394	177	822
27.8.1993	Hasat	394						999

Ek Çizelge 2a. I_0 konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1994)

Tarih	Sulama (I_0)	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	542	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	0	460	387	73	84
10.6.1994	2.Sul	387	20	0	407	353	54	157
20.6.1994	3.Sul	353	0	0	353	295	58	210
30.6.1994	4.Sul	295	0	0	295	265	30	268
10.7.1994	5.Sul	265	21	0	286	273	13	298
20.7.1994	6.Sul	273	0	0	273	266	7	311
30.7.1994	7.Sul.	266	17	0	283	258	25	318
14.8.1994	Hasat	258						343

Ek Çizelge 2b. I_{20} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon(1994)

Tarih	Sulama (I_{20})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	542	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	23	482	408	74	84
10.6.1994	2.Sul	408	20	21	448	392	56	158
20.6.1994	3.Sul	392	0	17	409	314	95	214
30.6.1994	4.Sul	314	0	29	342	307	36	310
10.7.1994	5.Sul	307	21	26	353	344	9	345
20.7.1994	6.Sul	344	0	23	367	296	70	355
30.7.1994	7.Sul.	296	17	28	341	300	40	425
14.8.1994	Hasat	300						465

Ek Çizelge 2c. I_{40} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1994)

Tarih	Sulama (I_{40})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	542	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	45	505	425	80	84
10.6.1994	2.Sul	425	20	41	486	416	70	164
20.6.1994	3.Sul	416	0	34	450	343	106	234
30.6.1994	4.Sul	343	0	58	401	341	60	340
10.7.1994	5.Sul	341	21	51	413	355	58	400
20.7.1994	6.Sul	355	0	45	400	326	74	458
30.7.1994	7.Sul.	326	17	55	398	309	89	532
22.8.1994	Hasat	309						621

Ek Çizelge 2d. I_{60} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1994)

Tarih	Sulama (I_{60})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	542	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	68	527	449	78	84
10.6.1994	2.Sul	449	20	62	531	454	76	162
20.6.1994	3.Sul	454	0	50	505	381	123	238
30.6.1994	4.Sul	381	0	86	468	391	76	362
10.7.1994	5.Sul	391	21	77	489	431	58	438
20.7.1994	6.Sul	431	0	68	499	376	123	496
30.7.1994	7.Sul.	376	17	83	476	348	128	619
22.8.1994	Hasat	348						747

Ek Çizelge 2e. I_{80} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1994)

Tarih	Sulama (I_{80})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	542	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	90	550	437	112	84
10.6.1994	2.Sul	437	20	83	540	456	84	196
20.6.1994	3.Sul	456	0	67	523	390	133	280
30.6.1994	4.Sul	390	0	115	505	393	113	413
10.7.1994	5.Sul	393	21	102	516	436	80	525
20.7.1994	6.Sul	436	0	90	526	380	146	606
30.7.1994	7.Sul.	380	17	110	507	328	180	752
22.8.1994	Hasat	328						931

Ek Çizelge 2f. I_{100} konusuna ilişkin sulama tarihleri ve yığışimli evapotranspirasyon (1994)

Tarih	Sulama (I_{100})	Başlangıç Nemi (mm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Toplam Nem (mm)	Dönem Sonu Nemi (mm)	Dönem Sonu Et (mm)	Yığışimli Et (mm)
13.4.1994	Ekim	451	92	0	543	459	84	0
31.5.1994	1.Sul	459	1	113	573	469	104	84
10.6.1994	2.Sul	469	20	103	592	488	104	188
20.6.1994	3.Sul	488	0	84	572	427	145	292
30.6.1994	4.Sul	427	0	144	571	443	128	437
10.7.1994	5.Sul	443	21	128	592	459	133	565
20.7.1994	6.Sul	459	0	113	572	433	139	698
30.7.1994	7.Sul.	433	17	138	588	373	215	837
22.8.1994	Hasat	373						1052

Ek Çizelge 3. Yetiştirme mevsimi boyunca kuru madde gelişimi (kg/m², 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0	0	0	0
21.5.1993	141	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
30.5.1993	150	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186
04.6.1993	155	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359	0.359
14.6.1993	165	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
24.6.1993	175	0.995	1.018	1.067	1.105	1.087	1.016
04.7.1993	185	1.023	1.078	1.173	1.330	1.498	1.490
14.7.1993	195	0.988	1.164	1.324	1.460	1.708	1.771
24.7.1993	205	1.018	1.239	1.423	1.670	2.083	2.123
03.8.1993	215	0.902	1.297	1.526	1.919	2.317	2.399
27.8.1993	239	0.76	1.1525	1.575	1.990	2.555	2.635

Ek Çizelge 4. Yetiştirme mevsimi boyunca kuru madde gelişimi (kg/m², 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
24.5.1994	144	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
31.5.1994	151	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
10.6.1994	161	0.26	0.27	0.32	0.31	0.34	0.26
20.6.1994	171	0.42	0.66	0.61	0.70	0.76	0.74
30.6.1994	181	0.52	0.88	0.91	0.90	1.06	1.11
10.7.1994	191	0.59	0.95	1.15	1.16	1.51	1.48
20.7.1994	201	0.68	1.12	1.30	1.65	1.87	1.90
30.7.1994	211	0.86	1.35	1.65	1.93	2.23	2.52
22.8.1994	234	0.72	1.16	1.58	2.03	2.65	2.90

Ek Çizelge 5. Yetiştirme mevsimi boyunca sap ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0	0	0	0
21.5.1993	141	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
30.5.1993	150	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
04.6.1993	155	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
14.6.1993	165	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520	0.520
24.6.1993	175	0.751	0.778	0.818	0.835	0.825	0.760
04.7.1993	185	0.785	0.818	0.893	1.040	1.160	1.154
14.7.1993	195	0.720	0.866	0.974	1.116	1.299	1.360
24.7.1993	205	0.730	0.832	0.974	1.109	1.332	1.305
03.8.1993	215	0.661	0.764	0.870	1.040	1.217	1.240
27.8.1993	239	0.493	0.580	0.684	0.829	1.055	1.102

Ek Çizelge 6. Yetiştirme mevsimi boyunca sap ağırlığı gelişimi (kg/m^2 , 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
24.5.1994	144	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
31.5.1994	151	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
10.6.1994	161	0.14	0.14	0.16	0.17	0.17	0.13
20.6.1994	171	0.24	0.41	0.37	0.44	0.48	0.48
30.6.1994	181	0.33	0.61	0.64	0.62	0.76	0.80
10.7.1994	191	0.38	0.68	0.84	0.85	1.08	1.10
20.7.1994	201	0.39	0.68	0.87	0.97	1.14	1.17
30.7.1994	211	0.46	0.76	0.85	1.00	1.11	1.30
22.8.1994	234	0.36	0.63	0.74	0.83	1.06	1.25

Ek Çizelge 7. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak ağırlığı gelişimi (kg/m², 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0	0	0	0
21.5.1993	141	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
30.5.1993	150	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
04.6.1993	155	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119
14.6.1993	165	0.185	0.185	0.185	0.185	0.185	0.185
24.6.1993	175	0.244	0.240	0.249	0.270	0.262	0.256
04.7.1993	185	0.238	0.260	0.280	0.290	0.338	0.336
14.7.1993	195	0.233	0.253	0.289	0.310	0.356	0.369
24.7.1993	205	0.207	0.242	0.270	0.300	0.360	0.367
03.8.1993	215	0.114	0.190	0.224	0.269	0.353	0.353
27.8.1993	239	0.075	0.106	0.155	0.210	0.278	0.293

Ek Çizelge 8. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak ağırlığı gelişimi (kg/m², 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
24.5.1994	144	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
31.5.1994	151	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
10.6.1994	161	0.13	0.13	0.16	0.15	0.16	0.13
20.6.1994	171	0.18	0.25	0.24	0.26	0.28	0.27
30.6.1994	181	0.19	0.27	0.27	0.28	0.30	0.31
10.7.1994	191	0.21	0.26	0.29	0.29	0.35	0.34
20.7.1994	201	0.23	0.28	0.29	0.30	0.35	0.35
30.7.1994	211	0.22	0.27	0.28	0.31	0.37	0.37
22.8.1994	234	0.22	0.24	0.29	0.29	0.39	0.40

Ek Çizelge 9. Yetiştirme mevsimi boyunca dane ağırlığı gelişimi (kg/m², 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0	0	0	0
21.5.1993	141	0	0	0	0	0	0
30.5.1993	150	0	0	0	0	0	0
04.6.1993	155	0	0	0	0	0	0
14.6.1993	165	0	0	0	0	0	0
24.6.1993	175	0	0	0	0	0	0
04.7.1993	185	0	0	0	0	0	0
14.7.1993	195	0.035	0.045	0.061	0.034	0.053	0.042
24.7.1993	205	0.081	0.165	0.179	0.261	0.391	0.451
03.8.1993	215	0.127	0.343	0.432	0.610	0.747	0.806
27.8.1993	239	0.192	0.467	0.736	0.960	1.222	1.245

Ek Çizelge 10. Yetiştirme mevsimi boyunca dane ağırlığı gelişimi (kg/m², 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	0	0	0	0	0	0
24.5.1994	144	0	0	0	0	0	0
31.5.1994	151	0	0	0	0	0	0
10.6.1994	161	0	0	0	0	0	0
20.6.1994	171	0	0	0	0	0	0
30.6.1994	181	0	0	0	0	0	0
10.7.1994	191	0.00	0.01	0.02	0.02	0.08	0.04
20.7.1994	201	0.07	0.16	0.14	0.38	0.38	0.37
30.7.1994	211	0.18	0.32	0.52	0.61	0.75	0.86
22.8.1994	234	0.14	0.29	0.55	0.91	1.20	1.25

Ek Çizelge 11. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak alan indeksi gelişimi (LAI, 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0	0	0	0
21.5.1993	141	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
30.5.1993	150	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
04.6.1993	155	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
14.6.1993	165	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
24.6.1993	175	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39	2.39
04.7.1993	185	2.85	3.33	3.17	3.40	3.90	3.76
14.7.1993	195	3.43	3.54	3.90	4.27	4.88	5.03
24.7.1993	205	3.25	3.69	3.98	4.23	4.80	4.84
03.8.1993	215	2.49	2.86	3.42	3.66	4.52	4.60

Ek Çizelge 12. Yetiştirme mevsimi boyunca yaprak alan indeksi gelişimi (LAI, 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
24.5.1994	144	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
31.5.1994	151	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
10.6.1994	161	2.48	2.53	2.97	2.61	3.22	3.08
20.6.1994	171	3.27	3.65	3.78	4.16	4.46	4.57
30.6.1994	181	3.26	3.98	4.08	4.62	5.02	5.18
10.7.1994	191	3.01	3.95	4.24	4.72	4.98	5.35
20.7.1994	201	2.92	3.29	4.26	4.59	4.97	5.13
30.7.1994	211	2.05	2.91	3.76	4.56	4.73	4.96

Ek Çizelge 15. Yetiştirme mevsimi boyunca bitki boy gelişimi (cm, 1993)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
26.4.1993	116	0	0	0		0	0
21.5.1993	141	12	12	12	12	12	12
30.5.1993	150	26	26	26	26	26	26
04.6.1993	155	39	39	39	39	39	39
14.6.1993	165	56	56	56	56	56	56
20.6.1993	171	110	110	110	110	110	110
24.6.1993	175	152	152	152	152	152	152
04.7.1993	185	190	215	214	223	228	215
14.7.1993	195	190	212	232	229	246	257
24.7.1993	205	203	218	232	244	251	257
03.8.1993	215	200	218	232	242	253	262

Ek Çizelge 16. Yetiştirme mevsimi boyunca bitki boy gelişimi (cm, 1994)

Tarih	DOY	Sulama Konuları					
		I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
13.4.1994	103	0	0	0	0	0	0
18.5.1994	138	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
24.5.1994	144	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
31.5.1994	151	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8
10.6.1994	161	78.9	80.4	96.0	91.9	92.7	82.8
20.6.1994	171	121.1	153.9	186.8	189.3	193.8	175.3
30.6.1994	181	131.0	175.3	213.8	223.8	232.5	215.0
10.7.1994	191	133.5	188.7	224.9	236.2	239.0	241.5
20.7.1994	201	134.4	188.7	222.2	228.8	238.8	239.7
30.7.1994	211	135.5	188.9	221.8	228.8	240.1	239.3

Ek Çizelge 17a. I₂₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1993, cm)

I ₂₀	Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	2068	878	282	404	494	628
10-20	833	614	590	377	660	316
20-30	515	219	250	308	314	341
30-40	296	326	342	228	368	122
40-50	319	364	247	101	383	270
50-60	271	255	251	243	281	207
60-70	222	192	262	233	334	213
70-80	308	232	377	117	152	201
80-90	211	155	352	198	274	115

Ek Çizelge 17b. I₄₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1993, cm)

I ₄₀	Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	758	958	921	559	597	1100
10-20	1028	885	659	480	893	431
20-30	510	344	298	377	490	453
30-40	429	492	413	369	301	342
40-50	264	278	238	526	316	221
50-60	257	185	170	195	218	187
60-70	236	103	212	201	178	57
70-80	242	144	173	318	206	179
80-90	202	211	236	114	81	74

Ek Çizelge 17c. I₁₀₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunlukları (1993, cm)

I ₁₀₀ Derinlik(cm)	Sıra Üstü Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
	8	0	8	16	24	32
0-10	1822	236	777	931	573	198
10-20	1067	899	610	484	575	252
20-30	493	729	290	243	438	330
30-40	280	529	289	142	90	284
40-50	175	294	212	131	25	184
50-60	124	250	68	315	144	78
60-70	155	127	355	93	24	42
70-80	193	141	360	75	92	38
80-90	95	107	110	111	132	9

Ek Çizelge 18a. I₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₀ Derinlik(cm)	Sıra Üstü Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
	8	0	8	16	24	32
0-10	900	1300	779	375	223	268
10-20	827	626	451	265	521	246
20-30	609	321	297	226	258	226
30-40	233	276	375	291	233	348
40-50	347	289	318	256	289	309
50-60	334	326	367	234	316	315
60-70	490	408	610	571	486	408
70-80	460	487	358	478	358	358
80-90	320	416	266	392	297	349
90-100	425	298	97	365	131	462
100-110	348		278	224	178	
110-120					284	

Ek Çizelge 18b. I₂₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₂₀	Sıra Üstü	Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)				
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	0	1671	0	1671	0	1671
10-20	737	1200	561	441	546	384
20-30	353	940	718	226	241	338
30-40	678	307	371	348	156	220
40-50	432	289	289	384	289	295
50-60	316	298	349	383	376	298
60-70	408	610	610	610	408	318
70-80	535	603	440	358	489	358
80-90	309	831	357	462	341	301
90-100	434	600	309	388	439	321
100-110	309	535		416	227	315
110-120		250				

Ek Çizelge 18c. I₄₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₄₀	Sıra Üstü	Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)				
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	484	1000	960	143	383	532
10-20	400	800	600	854	784	246
20-30	226	580	239	226	156	226
30-40	303	247	233	282	182	288
40-50	406	289	369	296	276	289
50-60	413	413	277	325	323	426
60-70	429	408	408	594	610	771
70-80	358	245	442	619	419	535
80-90	442	196	309	290	377	346
90-100	323	181	352	397	309	391
100-110	428	238	153	309	154	3
110-120						

Ek Çizelge 18d. I₆₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₆₀	Sıra Üstü Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	210	700	573	67	297	229
10-20	704	246	375	246	684	605
20-30	648	685	473	99	338	525
30-40	263	500	351	239	233	371
40-50	393	289	272	150	289	320
50-60	298	404	271	297	160	298
60-70	390	363	260	347	216	408
70-80	251	192	254	149	233	512
80-90	207	232	226	104	170	104
90-100	125	93	200	133	43	54
100-110				243		
110-120						

Ek Çizelge 18e. I₈₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₈₀	Sıra Üstü Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	700	1000	251	216	174	67
10-20	600	750	582	356	352	359
20-30	500	500	226	300	226	259
30-40	233	249	196	85	332	133
40-50	308	289	211	156	88	139
50-60	411	157	168	148	161	83
60-70	169	149	143	88		
70-80	118	136	120			
80-90	108	93				
90-100	122					
100-110						
110-120						

Ek Çizelge 18f. I₁₀₀ sulama konusundan elde edilen kök uzunluğu (1994, cm)

I ₁₀₀	Sıra Üstü Mısır Sırasından Olan Yatay Uzaklık (cm)					
	8	0	8	16	24	32
Derinlik(cm)	8	0	8	16	24	32
0-10	222	1000	401	400	81	254
10-20	290	800	380	500	207	246
20-30	280	786	350	553	191	192
30-40	112	233	348	338	76	276
40-50	347	227	399	288	233	231
50-60	106	355	192	182	51	307
60-70	39	202	235	151	120	222
70-80	106	179	188	109	116	143
80-90	176	85	154	65	93	87
90-100	104	108			153	71
100-110	154	46			91	
110-120	68					

Ek Çizelge 19. Mısır bitkisinin kök ağırlık yüzdesi (1993)

Derinlik (cm)	Sulama Konuları		
	I ₂₀	I ₄₀	I ₁₀₀
0-10	58	51	39
10-20	12	16	27
20-30	7	9	15
30-40	5	7	8
40-50	4	5	3
50-60	4	3	2
60-70	3	3	2
70-80	4	4	2
80-90	4	2	1

Ek Çizelge 20. Kök ağırlık yüzdeleri (1994)

Derinlik (cm)	Sulama Konuları					
	I ₀	I ₂₀	I ₄₀	I ₆₀	I ₈₀	I ₁₀₀
0-10	56.9	50.6	58.4	71.7	77.6	75.6
10-20	9.2	9.7	14.7	6.0	9.8	11.1
20-30	4.9	6.0	3.3	4.9	5.8	3.9
30-40	4.3	4.3	3.0	5.3	2.1	2.2
40-50	3.6	3.3	3.0	2.9	1.7	2.2
50-60	3.6	3.3	3.3	2.3	1.5	1.5
60-70	4.1	3.5	3.5	2.1	0.5	0.9
70-80	4.0	3.8	3.3	1.8	0.4	0.9
80-90	3.8	4.1	2.8	1.3	0.3	0.8
90-100	3.3	4.4	2.8	1.4	0.2	0.5
100-110	1.9	2.8	1.9	0.3	0.0	0.4
110-120	0.5	4.3	0.0	0.0	0.0	0.1

Ek Çizelge 21. Evapotranspirasyon yüzdesi (1993)

Derinlik	Sulama Konuları		
	l ₂₀	l ₄₀	l ₁₀₀
0-20	32.55	22.62	27.24
20-40	18.91	19.49	24.38
40-60	16.96	21.10	18.60
60-80	16.15	21.34	17.89
80-90	15.44	15.45	11.90

Ek Çizelge 22. Evapotranspirasyon yüzdesi (1994)

Derinlik	Sulama Konuları					
	l ₀	l ₂₀	l ₄₀	l ₆₀	l ₈₀	l ₁₀₀
0-20	31.66	28.96	26.15	24.53	23.95	23.83
20-40	14.64	16.64	15.43	16.59	16.82	17.33
40-60	12.77	13.05	13.79	14.40	14.73	14.55
60-80	12.25	13.24	14.59	15.71	15.46	15.40
80-100	13.80	14.37	15.01	14.80	14.78	14.49
100-120	14.88	13.74	15.05	13.96	14.27	14.40

Ek 23. Porometre okumalarını yaprak direncine ve iletkenliğe çeviren Qbasic bilgisayar program Listesi

DEFDBL A-Z

DIM PR(6) ' Porometre okumaları

DIM PRC(6)

DIM TEMP(6), COUNT(6), DELTA(6), OLCDEG(6), DELTEMP(2)

DIM TDIFF(2), TAKT(2), KORREK(2), WERT(2), DEGER(2), CORRES(2),

PORDAT(2)

CLS

Don:

INPUT "Tekerrür sayısını giriniz : "; Tekerrür

IF Tekerrür = 0 THEN END

INPUT "Veri dosyasının adını giriniz (.DAT): "; Dosya\$

lp = LEN(Dosya\$)

IF lp > 8 THEN

Dosya\$ = MID\$(Dosya\$, 1, 8)

lp = INSTR(Dosya\$, CHR\$(32))

IF lp = 0 THEN lp = INSTR(Dosya\$, CHR\$(0))

IF lp = 0 THEN lp = 8 ELSE lp = lp - 1

END IF

Dosya1\$ = MID\$(Dosya\$, 1, lp) + ".DAT"

Dosya2\$ = MID\$(Dosya\$, 1, lp) + ".OUT"

OPEN "I", #1, Dosya1\$

OPEN "O", #2, Dosya2\$

```

FOR II = 1 TO Tekerrür
  PRINT #2, STRING$(80, "-")
  INPUT #1, Z$
  INPUT #1, TARIH$, RH, SAAT$
  INPUT #1, Z$
  FOR I = 1 TO 6
    INPUT #1, PR(I), TEMP(I), DELTA(I), COUNT(I)
  NEXT
  FOR I = 1 TO 6
    X = 1.1219 + (-.0061428571# * TEMP(I))
    PRC(I) = PR(I) * X
  NEXT
  SELECT CASE RH
    CASE 20: A = .075
    CASE 30: A = .085
    CASE 40: A = .1
    CASE 50: A = .12
    CASE 60: A = .15
    CASE 70: A = .2
    CASE ELSE
  END SELECT
  FOR I = 1 TO 6
    OLCDEG(I) = COUNT(I) - (COUNT(I) * DELTA(I) * A)
  NEXT
  TOPLAM1 = 0
  FOR I = 1 TO 6
    TOPLAM1 = TOPLAM1 + (OLCDEG(I) * PRC(I))
  NEXT
  TOPPRC = 0
  FOR I = 1 TO 6
    TOPPRC = TOPPRC + PRC(I)
  NEXT
  PRCAVG = TOPPRC / 6
  B = 0
  FOR I = 1 TO 6
    B = B + OLCDEG(I)
  NEXT
  TOPLAM2 = B * PRCAVG
  TOPLAM3 = 0
  FOR I = 1 TO 6
    TOPLAM3 = TOPLAM3 + (OLCDEG(I) ^ 2)
  NEXT
  C = 0
  FOR I = 1 TO 6
    C = C + OLCDEG(I)
  NEXT

```

```

D = C / 6
TOPLAM4 = D * C
EGIM = (TOPLAM1 - TOPLAM2) / (TOPLAM3 - TOPLAM4)
INTERCEPT = PRCAVG - EGIM * D
PRINT #2, "DÜZ.SAYIM "; TAB(20); "DÜZ.DİRENÇ  "
FOR 1 = 1 TO 6
  PRINT #2, USING "#####.    ####.#####"; OLCDEG(1); PRC(1)
NEXT
WERT1 = 0
FOR 1 = 1 TO 6
  WERT1 = WERT1 + (OLCDEG(1) - D) * (PRC(1) - PRCAVG)
NEXT
WERT2 = 0
FOR 1 = 1 TO 6
  WERT2 = WERT2 + (OLCDEG(1) - D) ^ 2
NEXT
WERT3 = 0
FOR 1 = 1 TO 6
  WERT3 = WERT3 + (PRC(1) - PRCAVG) ^ 2
NEXT
WERT5 = SQR(WERT2 * WERT3)
REGRES = WERT1 / WERT5
PRINT #2, USING " r = ##.###"; REGRES
TEMPGES = 0
FOR 1 = 1 TO 6
  TEMPGES = TEMPGES + TEMP(1)
NEXT
TCAL = TEMPGES / 6
PRINT #2, "TARİH      SAAT PARSEL BITKİ   YAPRAK   DİRENÇ
İLETKENLİK"
INPUT #1, Z$: lp = 0
DO
  FOR 1 = 1 TO 2
    INPUT #1, PARSEL$, BITKİ$, YAPRAK$, TDIFF(1), TAKT(1), PORDAT(1)
    IF VAL(PARSEL$) = 999 THEN lp = 1: EXIT FOR
    DELTEMP(1) = TAKT(1) - TCAL
    KORREK(1) = DELTEMP(1) * .04
    WERT(1) = PORDAT(1) + (KORREK(1) * PORDAT(1))
    DEGER(1) = WERT(1) - (WERT(1) * TDIFF(1) * A)
    CORRES(1) = INTERCEPT + (EGIM * DEGER(1))
  NEXT
  IF lp THEN EXIT DO
  TOTRES = (CORRES(1) * CORRES(2)) / (CORRES(1) + CORRES(2))
  STOLEI = 1 / TOTRES
  PRINT #2, USING "\      \ \ \ \ \ \ \ \ \ "; TARIH$, SAAT$,
PARSEL$, BITKİ$, YAPRAK$;

```

```
PRINT #2, USING "#####.###"; TOTRES; STOLEI  
LOOP  
PRINT #2, STRING$(80, "-")  
NEXT  
CLOSE  
GOTO Don
```

