

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Alper BAYDAR**

**SEYHAN OVASI KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN PAMUK  
BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SEYHAN OVASI KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN PAMUK  
BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**Alper BAYDAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

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

Prof. Dr. Rıza KANBER  
DANIŞMAN

Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ  
ÜYE

Doç. Dr. Özgül GÖRMÜŞ  
ÜYE

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

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**  
**Proje No: ZF2008YL26**

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEYHAN OVASI KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN  
PAMUK BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Alper BAYDAR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman :Prof. Dr. Rıza KANBER

Yıl: 2010, Sayfa: 57

Jüri :Prof. Dr. Rıza KANBER

:Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ

:Doç. Dr. Özgül GÖRMÜŞ

Bu çalışma, Seyhan Ovası koşullarında iklim değişikliklerinin pamuk bitkisi üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve geleceğe yönelik eylem planlarının belirlenmesi amacıyla 2010 yılında yapılmıştır.

Çalışmada pamuk bitkisinin, günümüz koşullarında su ve diğer gelişim etmenlerine karşı gösterdiği tepkinin eldesi ve gelecekteki iklim koşullarında meydana gelmesi olası tepkilerinin kestirimi için Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında, 2005-2008 yılları arasında yürütülen DIMAS projesinin 2006 yılı sonuçlarından yararlanılmıştır.

Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Model sonuçları kullanılarak gelecek koşullardaki iklim belirlenmiş ve Dssat versiyon 4.0.2 paket programı içerisinde bulunan Cropgro bitki simülasyon modeli gelecek yıllar için koşullar pamuk bitkisinin iklim değişikliklerine karşı tepkisi kestirilmiştir.

2070-2079 yılları arasında artan sıcaklıklar ve CO<sub>2</sub> miktarlarına bağlı olarak pamuk bitkisinin verimi %5 azalarak 3.578 kg/ha olacağı sonucuna varılmıştır. Biyokütlenin %8'lik bir artış ile 13.979 kg/ha olacağı sonucuna varılmıştır. Gelecek koşullarda hasat indeksinin %15 azalacağı belirlenmiştir. Cropgro bitki benzeşim modelinin pamuk bitkisinde Seyhan Ovası koşullarında yaprak alan indeksinin kestiriminde uygun bir model olmadığı belirlenmiştir. İklim değişikliklerine bağlı olarak pamuk bitkisinin boyunda %27 artış olacaktır. 2070-2079 yılları arasında pamuk bitkisinin su tüketiminde ilk çiçek açışından hasata kadar %5 önem düzeyinde farklılık görülmemiştir. 2070-2079 yılları arasında Aşağı Seyhan Ovası'nın sulanabilir pamuk alanlarında büyüme periyodlarında azalmalar olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki Benzeşim Modeli, Pamuk, İklim değişikliği, Cropgro, Terch-Rams Modeli

## ABSTRACT

### MSc THESIS

# CLIMATE CHANGE EFFECTS ON COTTON PRODUCTION UNDER THE CONDITION OF SEYHAN PLAIN

Alper BAYDAR

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

Supervisor :Prof. Dr. Rıza KANBER

Year: 2010, Pages: 57

Jury :Prof. Dr. Rıza KANBER

:Assoc. Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ

:Assoc. Prof. Dr. Özgül GÖRMÜŞ

This study was carried out to analyse probable effects of climatic changes on cotton production and determine activity reports in the future under Seyhan Plain conditions in 2010.

In this study, 2006 year activity reports of DIMAS Project which has been applied on Research Field of the Agricultural Structures and Irrigation Department used to determine reaction of cotton crop to water and other development factors at present and estimate reactions in the future.

Terch-Rams regional climate model results used to determine future climate and Cropgro crop simulation model ran within Dssat 4.0.2 in the future conditions and impacts of climatic changes on cotton crop has been estimated.

Depends of the CO<sub>2</sub> enrichment and temperature rising cotton yield has estimated %5 decreased and obtained 3.578 kg/ha. Biomass was obtained 13.979 kg/ha with increase of %8. Biomass decreased with temperature rising but increased with CO<sub>2</sub> enrichment. Harvest index increased about %15. It was obtained that Cropgro Model is not suitable model for estimating leaf area index in Lower Seyhan Plain conditions. Plant height increased %27. In 2070-2079 years there will be no significantly ( $p<0.05$ ) changes in cotton evapotranspiration between first flowering to harvest. In 2070-2079 years depends of the climate change effects on cotton growth period will be shorten according to present days in Lower Seyhan Plain conditions.

**Key Words:** Crop Simulation Model, Cotton, Climate Change, Cropgro, Terch-Rams Model

## **TEŞEKKÜR**

Araştırma konunun belirlenmesinden tezimin bitimine kadar her aşamada yardım ve desteklerini esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Rıza KANBER, Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ ve Doç. Dr. Özgöl GÖRMÜŞ' e katkılarından dolayı teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Model çalıőmalarımnda yön veren ve çalıőmalarımı her zaman destekleyen sayın Prof. Gerrit HOOGENBOOM ve Cheryl PORTER'a teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmamın her aşamasında bana yardım ve destek veren Arő. Gör. Dr. Burçak KAPUR, Arő. Gör. Mete ÖZFİDANER ve Arő. Gör. Servet TEKİN'e teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalıőmamın her aşamasında maddi ve manevi yanımda olan babam Orhan BAYDAR ve annem Fatoő BAYDAR ile niőanlım Tuğçe TAŐPOLATOĐLU' na sabır ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1.GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Bitki Benzeşim Modelleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. Olası CO <sub>2</sub> Miktarı ve Sıcaklık Artışının Bitkinin Verim, Büyüme ve Gelişimine Etkileri.....	11
2.3. Olası CO <sub>2</sub> Miktarı ve Sıcaklık Artışının Bitki Fizyolojisine Etkileri.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Bitki Benzeşim Modelleri.....	17
3.2.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli.....	18
3.2.2.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Girdi ve Çıktı Parametreleri.....	18
3.2.2.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Yapısal Durumu ve İşleyişi.....	19
3.2.3. Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi.....	22
3.2.3.1. Pseud Warming Yöntemi.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Günümüz Koşullarında Koşulması.....	25
4.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Doğrulanması.....	25
4.3. Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi Sonuçları.....	32

4.4. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Gelecek Yıllarda Koşulması.....	33
4.5. İklim Değişikliklerinin Pamuk Bitkisinin Büyümesi ve Gelişmesi	
Üzerindeki Olası Etkileri.....	35
4.5.1. Biyokütle ile Verim Üzerindeki Olası Etkiler .....	35
4.5.2. Hasat İndeksi, Yaprak Alan İndeksi ve Bitki Boyu	
Üzerindeki Olası Etkiler.....	38
4.5.3. Bitki Su Tüketimi Üzerindeki Olası Etkiler .....	41
4.5.4. Bitki Büyüme Periyodu Üzerindeki Olası Etkiler .....	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	47
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ .....	57

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 3.1. Projenin Yürütüldüğü Deneme Alanı Topraklarının Kimi Fiziksel Özellikleri .....	16
Çizelge 3.2. Projenin Yürütüldüğü Deneme Alanı Topraklarının Kimi Kimyasal Özellikleri .....	16
Çizelge 3.3. Projenin Yürütüldüğü 2006 Yılı Büyüme Dönemindeki İklim Verileri.....	17
Çizelge 3.4. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Girdi Parametreleri .....	18
Çizelge 3.5. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Çıktı Parametreleri.....	19
Çizelge 4.1. Projenin Yürütüldüğü 2006 Yılı Aylık Ortalama İklim Verileri .....	25
Çizelge 4.2. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Boyuna İlişkin t-testi Sonucu .....	27
Çizelge 4.3. Ölçülen ve Kestirilen Biyokütleyle İlişkin t-testi Sonucu .....	28
Çizelge 4.4. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Su Tüketimine İlişkin t-testi Sonucu.....	29
Çizelge 4.5. Modelin Doğrulanması Sonucu II Konusundaki Verim (kg/ha) ve Hasat İndeksi.....	29
Çizelge 4.6. Ölçülen ve Kestirilen Yaprak Alan İndeksine (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> ) İlişkin t-testi Sonucu.....	32
Çizelge 4.7. Terch-Rams Modeli 1994-2003 ve 2070-2079 Yılları Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri ve Farkları.....	32
Çizelge 4.8. Terch-Rams Modeli 1994-2003 ve 2070-2079 Yılları Arası Aylık Ortalama Yağış (mm/gün) Değerleri ve Farkları.....	33
Çizelge 4.9. Terch-Rams Modeli Kullanılarak Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Ortalama Maksimum ve Minimum Sıcaklık (°C) Sonuçları.....	34
Çizelge 4.10. Terch-Rams Modeli Kullanılarak Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Ortalama Yağış (mm/gün) Sonuçları .....	35
Çizelge 4.11. Gelecek Yıllarda II Konusundaki Verim (kg/ha) .....	37
Çizelge 4.12. Gelecek Yıllarda II Konusundaki Hasat İndeksi .....	38
Çizelge 4.13. Ölçülen ve Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Bitki Su Tüketimine İlişkin z-testi Sonucu.....	42

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 3.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Akış Şeması.....	15
Şekil 3.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Hesaplama Evreleri.....	21
Şekil 4.1. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Bitki Boyu (cm).....	26
Şekil 4.2. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Biyokütle (kg/ha).....	27
Şekil 4.3. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Bitki Su Tüketimi (mm/gün).....	28
Şekil 4.4. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Yaprak Alan İndeksi (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> ).....	30
Şekil 4.5. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Doğrulanması Genel Görünüm.....	31
Şekil 4.6. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Biyokütle (kg/ha).....	36
Şekil 4.7. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Yaprak Alan İndeksi (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> ).....	38
Şekil 4.8. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Bitki Boyu (cm).....	40
Şekil 4.9. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Bitki Su Tüketimi (mm/gün).....	41
Şekil 4.10. Günümüz ve Gelecek Yıllarda Bitki Büyüme Dönemleri.....	43
Şekil 4.11. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Gelecek Yıllarda Koşulması Genel Görünüm.....	45

## 1. GİRİŞ

Günümüzde bütün iklim bilimciler tarafından, dünya iklim sisteminde bir değişimin olduğu kabul edilmektedir. İklim değişikliği, en başta fosil yakıt kullanımı, sanayileşme, enerji üretimi, ormansızlaşma ve diğer insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıkmış olup ekonomik büyüme ve nüfus artışı bu süreci daha da hızlandırmıştır. Genel bir yaklaşımla iklim değişikliği, nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997).

Küresel yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma son yıllarda daha da belirginleşmiş, ortalama hava sıcaklıkları geçen yüzyılda 0.4°C ile 0.8°C arasında artmıştır. Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak; hidrolojik döngünün değişmesi, su kaynaklarının hacminde ve kalitesinde azalma, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, kuraklık ve seller, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması sonucunda ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin olması beklenmektedir (İDEAÇG, 2006).

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelmektedir. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) ve troposfer ile stratosferde bulunan ozon (O<sub>3</sub>) gazlarıdır.

Küresel ısınmanın en önemli nedeni CO<sub>2</sub> emisyonudur. CO<sub>2</sub> birikimleri, 1750 yılından beri yaklaşık % 30 oranında artmıştır. Endüstriyel dönemden önce yaklaşık 280 ppm, 1999'da 370 ppm olan CO<sub>2</sub> birikiminin 21. yüzyılın sonuna kadar 700 ppm'e ulaşacağı öngörülmektedir. Mevcut atmosferik CO<sub>2</sub>'nin artmasına CO<sub>2</sub>'nin antropojenik emisyonları neden olmuş ve bu emisyonların yaklaşık %75'i fosil yakıtların yakılması sonucunda ortaya çıkmıştır (IPCC, 1996).

Üç tarafından denizlerle çevrili olan, parçalanmış bir topografyaya sahip, Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkilenecektir. Örneğin sıcaklık artışından daha çok çölleşme tehdidi altındaki kurak ve yarı kurak bölgelerle yeterli suya sahip olmayan Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri gibi yarı nemli bölgeler etkilenecektir (Öztürk, 2002).

Meydana gelecek iklim değişiklikleri tarımsal faaliyetlerde, hayvan ve bitkilerin doğal yaşam alanlarında değişikliklere yol açacak ayrıca su kaynakları açısından da önemli sorunlara neden olacaktır. Yeni iklim değişiklikleri, çiftçilerin ürettikleri ürünleri değiştirmeye zorlayacak, ekim ve dikim tarihlerinde ve ürün türlerinde önemli değişiklikler olması beklenmektedir. İklimde meydana gelen değişme, sulanan ve sulanmayan alanlarda özellikle pamuk, buğday, mısır, soya fasulyesi gibi daha birçok ürünün üretiminde verim düşüklüğü ortaya çıkabilecektir.

Artan CO<sub>2</sub>'den dolayı iklim parametrelerinin değişeceği açıkça belirtilmektedir. Gelecekte belirgin şekilde oluşacağı varsayılan bu parametrelerdeki değişimlerin, küresel anlamda tekstil, beslenme ve besleme sanayisinde, film malzemesi yapımına ve harp sanayisine kadar elliden fazla sanayi kolunun hammaddesini olan, pamuk bitkisinin gelişimine ve ürün miktarlarına etki edeceği düşünülmektedir.

Pamuk bitkisi, yaygın ve zorunlu kullanım alanıyla insanlık açısından, yarattığı katma değer ve istihdam olanaklarıyla da üretici ülkeler açısından büyük ekonomik öneme sahiptir. Artan nüfus, doğal elyafa olan ilginin giderek artması ve yaşam standardının yükselmesi, pamuk bitkisine olan talebi de artırmaktadır. Buna karşın, sınırlı sayıda ülkenin ekolojisi pamuk tarımına el verdiğinden, Dünya üretiminin yaklaşık % 80'i, Türkiye'nin de içinde olduğu sekiz ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Günümüzde Türkiye, pamuk ekim alanı yönünden Dünya'da yedinci; birim alandan elde edilen lif pamuk verimi yönünden dördüncü; pamuk üretim miktarı yönünden altıncı; pamuk tüketimi yönünden beşinci; pamuk ithalat yönünden dördüncü ülke konumundadır. Türkiye'de pamuk üretimi, genelde, Ege, Antalya, Çukurova ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde yoğunlaşmıştır. Pamuk

ekim alanlarının, özellikle 1960'lı yıllardan sonra, Çukurova bölgesinde sürekli bir düşüş gösterdiği bilinmektedir (Anonim, 2001).

İklim değişmelerinin en önemli sonuçlarından birisi, belki de en önemlisi, su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileridir. Sıcaklık, yağış ve bitki su tüketimi gibi, sulama açısından önemli sayılan öğeler değişmekte ve bunlar su kaynaklarını olumsuz yönden etkilemektedirler (Soykan, 1995).

TÜBİTAK ile RIHN (Research Institute for Humanity and Nature) arasında 2002-2007 yılları arasında yürütülen Kurak Alanlarda İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Sistemlerine Etkisi (ICCAP, 2007) projesi sonuçlarına göre iklim değişikliklerinin, Seyhan Havzası su kaynaklarında bir azalmaya neden olacağı, bitkilerin su gereksinimlerinde artış meydana gelebileceği ve gelecekte sulama yöntemlerinin büyük önem kazanacağı belirlenmiştir.

Kullanılan materyal ve etkilendiği faktörlerden dolayı çok kompleks modeller gerektiren tarım sektörü, benzeşim yöntemlerinin uygulanması açısından ideal bir alan teşkil etmektedir (Sezgin, 1999).

Bitki benzeşim modelleri, iklim ve toprak koşulları ile bitki fizyolojisine ilişkin dinamik olayları matematiksel ilişkilerden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin tahmininde kullanılan yaklaşımlardır. Olası seçeneklerin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılan modeller, belirli varsayımlara dayanmaktadır (Hoogenboom ve ark. 1991).

Yapılan birçok çalışmada, küresel iklim benzeşim modellerinin sonuçları pamuk modellerinde kullanılıp, geleceğe yönelik olası üretim miktarları yaklaşık olarak değerlendirilmiştir. Buna karşın, küresel modellere göre doğruluğu çok daha yüksek olan dinamik atmosferik bölgesel iklim modellerinin sonuçlarının kullanıldığı ve olası olumsuz koşullara karşı adaptasyon seçeneklerinin belirlendiği araştırmalar yeterli düzeyde değildir.

Bu çalışmada amaç; Aşağı Seyhan Ovasında gelecek yıllarda olası iklim değişikliğinin etkilerinin pamuk bitkisinin verimine, fizyolojik özelliklerine, sulamasına ve artan CO<sub>2</sub> ile sıcaklığın meydana getirebileceği olumlu veya olumsuz etkilerin belirlenmesi olup, üretim ile ilgili geleceğe yönelik planların yapılmasıdır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Uzun yıllardır buğday, pamuk ve mısır gibi bitkiler başta olmak üzere farklı bitki türleri için benzeşim modelleri geliştirilmektedir. İklim değişikliklerinin pamuk bitkisinin sulanmasına, verimine, büyüme periyotlarına ve diğer fizyolojik özelliklerine olacak olumlu veya olumsuz etkileri benzeşim modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Ülkemizde iklim değişikliği ile sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artışının stratejik bir öneme sahip olan pamuk bitkisi üzerindeki etkileri bitki benzeşim modelleri ile yeterince incelenmemiştir.

### 2.1. Bitki Benzeşim Modelleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Şen ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada bölgesel iklim modeli RegCM3 kullanarak Doğu Akdeniz Bölge'sinde yer alan Seyhan Havzası'nda 2071- 2100 yılları arasındaki olası maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile yıllık toplam yağış ve bunlara bağlı olarak tarımsal su gereksinimi tahmin etmişlerdir. RegCM3 modeli 1961- 1990 yılları arası referans verileriyle ve küresel iklim modeli olan HadCM3H'nin A2 senaryosu ve gelecek 2071-2100 dönemi için çalıştırılmıştır. Öngörülen iklim bilgileri doğrultusunda bölgedeki su kaynakları ve kullanımındaki değişimi kestirmede önemli iki faktör olan Etkin (efektif) Yağış (PE) ve Referans Evapotranspirasyon (ET<sub>o</sub>) değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Seyhan Havzası'nda etkin yağışlarda ve dolayısıyla su kaynaklarında azalma buna karşın bitki su gereksiniminde artış olacağı kestirilmiştir.

Demir ve ark. (2008), Türkiye'de iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesine yönelik araştırmalara katkı sağlamak üzere, Türkiye ve bölgeleri için gelecek iklim öngörülerinin elde edilmesi amacıyla, çalışmalarında İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Bölgesel İklim Modeli, PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) seçmişlerdir. Çalışmada, geçmiş benzeşimler için Avrupa Orta Vadeli Tahminler Merkezi (ECMWF)'inin reanaliz veri seti (ERA40) ve gelecek benzeşimler için Hadley Merkezi'nin Atmosferik Genel Dolaşım Modeli olan

HadAMP3'ün A2 senaryosu çıktıları kullanılmıştır. Geçmiş 30 yıllık çalışmaların sonuçları, küresel kara gözlem ağından elde edilen  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$  grid çözünürlüğüne sahip CRU (Climate Research Unit) gözlem verisi ile karşılaştırılarak doğrulama yapılmıştır. 2071-2080 dönemi maksimum, minimum, ortalama yüzey sıcaklık değerlerinin ve yağış miktarının, 1961-1990 dönemi ortalamalarına göre yıllık ve mevsimlik değişimleri değerlendirilmiştir.. Ortalama sıcaklıklarda Türkiye genelinde 2071-2080 yılları için  $4-5^{\circ}\text{C}$  artış öngörülmüştür. Aynı dönemde, ortalama maksimum sıcaklık artış oranı, Türkiye'nin doğusunda  $5-6^{\circ}\text{C}$ , diğer alanlarda ise  $4 - 5^{\circ}\text{C}$  olarak belirlemişlerdir. Sıcaklıkların mevsimlik değerlendirmelerinde, en yüksek artışların yaz mevsiminde olduğunu, yıllık toplam yağış miktarında ise, Türkiye genelinde azalma eğilimi olduğunu açıklamışlardır. Özellikle kış mevsiminde, Toros Dağları boyunca yağışlarda belirgin düşüşler dikkati çekmekte ve bununla birlikte, Akdeniz kıyı şeridinde ve Doğu Karadeniz'de yer yer yağışlarda artışların olduğu açıklanmıştır.

Clouse (2006), Texas'ta yüksek ovalarda Gossyp, Cottons ve Cotton 2K bitki benzeşim modellerini suyun bitki-toprak-su arasındaki hareketinin belirlemedeki kabiliyetlerini karşılaştırmak amacıyla yaptığı çalışmada, Cotton 2K modelinin su ile verim arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde diğer modellere göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir ve Gediz Havzaları . Ayrıca, Cotton 2K bitki benzeşim modelini Texas'ın yüksek ovalarında ve çevresinde kullanılabilecek en uygun bitki benzeşi modeli olarak belirlemiştir.

Garcia ve ark. (2005), DSSAT'ı Gürcistan'ın Güneybatı Bölgesi'nde 2001 - 2004 ekim sezonunda mısır, pamuk ve yerfıstığı bitkileri için sulama zamanının benzeştirilmesinde kullanmışlardır. Gözlenen sonuçları Tarımsal Suların Pompalanması adlı proje verileri ile karşılaştırmışlardır. Gözlenen ve benzeştirilen sulama zamanlarının analizi ve karşılaştırılması sonucu DSSAT bitki benzeşim modellerinin bu bölgede ve çiftliklerde sulama zamanının belirlenmesinde ve bitkilerin gereksinim duyduğu aylık sulama suyu miktarlarının kestirimine elverişli olduğu öngörülmüştür.

Doğan ve ark. (2008), Harran ovasında sulamaya başlanması, küresel ısınma etkilerinin belirginleşmesi şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak maksimum, minimum sıcaklıklarda ve CO<sub>2</sub> oranlarında meydana gelebilecek olası artışların nohut bitkisinde verim, biyokütle ve su tüketimine olan etkilerinin araştırılmasını DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) benzeşim modeli kullanılarak yapmışlardır. Maksimum ve minimum sıcaklıklarda öngörülen sıcaklık artışları 0-6°C arasında ve CO<sub>2</sub>'deki artışlar 380-440 ppm olarak belirlenmiştir. Benzeşim sonuçlarına göre, minimum sıcaklıklar ve CO<sub>2</sub> miktarında meydana gelen artışlar verim, biyokütle ve ETc'de sınırlı oranda değişimlere neden olmuştur. Diğer taraftan maksimum sıcaklıklarda meydana gelen artışlar verim, biyokütle ve ETc'nin önemli oranda yükselmesini sağlamıştır. Verim ve biyokütle değerlerinde %35'lere varan artışlar sağlanabilirken, ETc'de %10 düzeyinde artış görülmektedir. Bölgenin tamamıyla sulamaya açılması ile sulama sezonunda bölge için öngörülen sulama suyu da sıcaklıkların artması ile yetersiz hale geleceği araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Özkul ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada, küresel iklim değişikliğinin Gediz ve Büyük Menderes havzaları örneğinde akımlara olan etkisini irdelemişlerdir. Bu kapsamda, öncelikle hidrometeorolojik verilerdeki eğilimler araştırılmış; sonrasında Genel Dolaşım Modelleri (GCM'ler) yardımıyla iki farklı emisyon senaryosu altında farklı yıllar için olası yağış ve sıcaklık değişimleri belirlenmiş ve parametrik yağış-akış modeli bu değişen meteorolojik koşullar altında çalıştırılarak yüzeysel akımlardaki değişimler hesaplanmıştır. Çalışmada, Gediz ve Büyük Menderes Havzalarının 1960 ve 2000 yılları arasındaki gözlenmiş yağış, sıcaklık ve akım serileri üzerinde eğilim analizleri yapılmış ve doğal akımların bu süre içerisinde anlamlı ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, farklı emisyon senaryoları altında küresel iklim modelinden elde edilen ortalama sıcaklık değişimleri, belirlenen GCM kombinasyonları kullanılarak, farklı yıllar için bölgede oluşması beklenen olası yağış ve sıcaklık değişimlerine indirgenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 2030, 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla, sıcaklıklarda 1.2°C, 2°C ve 4.4°C'ye varan artışlar, yağışlarda ise %5.8, %10.2 ve %23.8'e ulaşan azalmalar öngörülmektedir. Bir başka deyişle, bu sonuçlar, yazların daha sıcak, kışların ise daha ılık geçeceğini;

yağışların ise özellikle bahar aylarında daha fazla olmak üzere tüm yıl boyunca azalacağını göstermektedir. Su bütçesi modelinin öngörülen iklim değişikliği senaryoları altındaki benzeşim sonuçları ise akımların yaklaşık olarak 2030 yılında %20, 2050 yılında %35 ve 2100 yılında ise %50'nin üzerinde azalabileceğini göstermektedir.

Sau ve ark. (2004), DSSAT bitki benzeşim modelinde bitki su tüketimi ve toprak-su dengesinin test edilip geliştirilmesi ile ilgili çalışmışlardır. Çalışmada DSSAT'da yer alan CROPGRO soya fasulyesi modelinde farklı potansiyel bitki su tüketimi eşitliklerini değerlendirmişlerdir. FAO24 Penman yönteminin bitki su tüketimi ve biyokütlenin benzeştirilmesinde en elverişsiz yöntem olduğunu belirlemişlerdir. FAO Penman Monteith yönteminin ise iyi tahminler verdiğini ancak soya fasulyesi için diğer bölgelerde doğru kestirimler yapamayacağı sonucuna varmışlardır. FAO24 Penman yönteminin DSSAT kullanılırken silinmesi gerektiğini ve FAO Penman Monteith yönteminin biyokütle ve bitki su tüketimi kestiriminde doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca FAO Penman Monteith seçeneği, Kc katsayısının, yaprak alan indeksinin fonksiyonu olarak değişebilmesine izin verdiği sonucuna varmışlardır.

Saka ve ark. (1994), 3 ayrı bölgede yürüttükleri çalışmada, CERES-Maize bitki büyüme modelinin deneme süresi boyunca hüküm süren iklim koşullarına ve toprak özelliklerine paralel olarak mısır tane verimi kestiriminde başarılı olduğunu vurgulamışlardır.

Soler ve Hoogenboom (2007), Cropgro benzeşim modelini kullanarak, farklı sulama programları altında pamuk bitkisinin büyüme ve gelişmesini benzeştirmişlerdir. Model kullanılarak sulama zamanı ve uygulanan suyun miktarına bağlı olarak sulama eşiğini tanımlamaya çalışmışlardır. En yüksek pamuk lifi verimini ve bitki su tüketimini %60 ve %90 sulama eşiğinde belirlemişlerdir. Sonuç olarak Cropgro bitki benzeşim modelinin sulamanın programlanmasında uygun bir model olarak belirtmişlerdir.

Nouna ve ark. (2000), CERES-Maize benzeşim modelini Akdeniz bölgesinde 3 farklı sulama konusu üzerinde test etmişlerdir. Tam sulanan konuda büyüme ve verim parametreleri model tarafından doğru bir şekilde kestirilirken, su stresine bağlı olarak gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir.

Reddy ve ark. (2002), Amerika'nın Mississippi Deltası'nda iklim değişikliğinin pamuk bitkisi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada GOSSYM benzeşim modelini kullanarak pamuk bitkisine ait 30 yıllık verim ve büyüme verilerini benzeştirmişlerdir. Genel dolaşım modellerinin yaklaşık 4°C'lik sıcaklık artışını belirlediği koşullar altında CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 360 ppm'den 540 ppm'e yükseldiği ve diğer iklimsel koşulların sabit kaldığı koşullarda pamukta verimin 1563 kg/ha'dan 1713 kg/ha'a yükseldiğini belirtmişlerdir. Bunun yanında diğer iklimsel koşullar modele dahil edildiğinde verimin 1563 kg/ha'dan 1429 kg/ha'a düştüğünü açıklamışlardır. Pamuk bitkisinin büyüme ve gelişme hızının gelecekte sıcaklık ve karbon tüketiminin artması ile artışa geçeceği de araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Mastrorilli ve ark. (2000), tarafından tarla denemesinden elde edilen sonuçlarla CERES-Maize modelinin sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla yürütülen bir çalışmada, kısıntılı su uygulanmayan koşullarda, kuru madde miktarı, tane verimi ve yaprak alan indeksinin gözlenen ve benzeştirilen değerler arasında % 10 oranında bir fark olduğu gözlenmiş ve anılan modelin bu koşullarda iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Diğer yandan; kısıntılı sulama durumunda, CERES-Maize bitki büyüme modeli ile gözlenen ve benzeştirilen değerler arasında yaprak alan indeksi için %26 - 46; kuru madde için %23 - 29; tane verimi için %15 - 23 oranında bir fark saptanmıştır.

Doherty ve ark. (2003), Güneydoğu Amerika'da iklim değişikliğinin pamuk bitkisi üzerindeki etkilerini yersel ölçekte Gossym pamuk benzeşim modelinde 3 farklı durumda incelenmiştir. Bunlar sadece iklim değişikliği, iklim değişikliği CO<sub>2</sub> artışı ile iklim değişikliği CO<sub>2</sub> artışı ve adaptasyon seçenekleri şeklinde incelenmiştir. Her üç durumda, iklim değişikliği fenolojik işlevlerin yüksek sıcaklıkta artmasına neden olmuştur. İklim değişikliği ile birlikte her pamuk bitkisinde ki koza sayısında,

bugünkü koşullara göre artış olduğu görülmüştür. Sulamadan dolayı koza ağırlıklarının fazla olması, kurak koşullarda fotosentez boyunca, su stresinin kuru madde birikimini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Okay ve Demirtaş (2007), Bursa koşullarında mısır bitkisine ilişkin verim ve bitki su tüketimi tahminini CERES-Maize bitki benzeşim modeli ile incelemişlerdir. Dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan tahminlere göre, ülkemizin bulunduğu enlemlerde kışın sıcaklığın 2°C, yazın ise 2-3°C arasında artacağı tahmini göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama sıcaklığın 30°C artması ve azalması ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması koşullarında verim ve bitki su tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. CERES-Maize bitki benzeşim modeli sonucuna göre mısır bitkisinde sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda ki artışların verimi ve bitki su tüketimini arttırdığını, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda ki artışların tek başına daha az etkili olduğu belirlenmiştir.

Mor (2005), DSSAT paket programının Bursa koşullarında Gönen, Pehlivan ve Köksal-2000 ekmeklik buğday çeşitlerine ait verim parametrelerinin kestiriminde kullanım olanağını araştırmıştır. Çalışmada tane verimi, hasat indeksi, birim tane ağırlığı, vejetatif ağırlık ve biyokütle kestirimi yapılmış, arazi gözlemleriyle karşılaştırılmıştır. Denemenin ilk yılında ortalama model ve gerçek verim değerleri yüksek olmakla birlikte ikinci yıl iklim ve arazi koşullarının etkisiyle model ve gerçek değerler düşmüştür. Ayrıca, tüm çeşitler için, ikinci yıl su uygulama düzeyleri arttıkça model tane verimini, hasat indeks değerini ve birim tane ağırlığını düşürmüştür. Her iki yılda da tane verimi, hasat indeksi, biyokütle ve vejetatif ağırlık değerleri gerçek değerlere yakın olduğundan, bu parametrelerin model ile tahmin edilebileceği; birim tane ağırlığının ise gerçek değerlerden düşük olması nedeniyle özellikle ikinci yıl, 50 mm ve 100 mm su uygulama düzeyleri için tahmin edilemeyeceğini belirtmişlerdir.

Alexandrov ve Hoogenboom (2000), Bulgaristan'da kışlık buğday ve mısır veriminde iklim değişikliğinin etkileri üzerine yaptıkları çalışmada, çoklu regresyon modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada, 1970-1990 ve 1991-1999 yılları arasında model sonuçları ile doğrulanması yapılan gerçek değerler karşılaştırılmış ve önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

## 2.2. Olası CO<sub>2</sub> Miktarı ve Sıcaklık Artışının Bitkinin Verim, Büyüme ve Gelişimine Etkileri

Reddy ve ark. (2000), toprak-bitki-atmosfer araştırma ünitesi olarak bilinen; sıcaklık, CO<sub>2</sub>, su ve gübrelemenin kontrol edilebildiği doğal güneşlenme çemberinde yaptıkları çalışmada 21°C'ye karşın 28°C sıcaklıkta yetiştirilen pamuk fidelerinin ilk 3 haftalık dönemde 4-6 kat daha fazla kuru madde ürettiklerini, artan CO<sub>2</sub> koşullarında bitkilerin ışıktan %15 - %40 daha fazla yararlandıklarını ve buna bağlı olarak hızlı büyüme gösterdiklerini saptamışlardır. Bu hızlı büyüme bitki boyuna yansımaya karşın hasat döneminde fark %5 düzeyine inmektedir. Öte yandan yaprak azot içeriği 2.5 gm<sup>-2</sup> olduğunda sap büyümesinin günde 32-37 mm olduğu ancak azot miktarı 1.5 gm<sup>-2</sup> değerine indiğinde sap büyüme oranının % 17 daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada artan CO<sub>2</sub> miktarının pamukta genellikle yaprak ve bitki örtü yüzeyi CO<sub>2</sub> asimilasyon oranını zenginleştirirken fotorespirasyon miktarını azalttığını belirtmişlerdir. Işık kullanım etkinliğinin CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile birlikte arttığını ve bu artışın 800 ppm değerine kadar devam ettiği saptanmıştır. Aynı şekilde, 360 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda 4.3 CO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>MJ<sup>-1</sup> ışık kullanım etkinliğinden faydalanılırken, 720 ppm CO<sub>2</sub> seviyesinde ışık kullanım etkinliğinin 6.3 CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> MJ<sup>-1</sup> değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Panda ve ark. (2004), mısır tane verimi, kuru madde miktarı ve yaprak alan indeksinin ölçülen ve kestirilen değerleri arasında birbirine oldukça yakın değerler elde edildiğini ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada model performansı tane verimi, kuru madde ve yaprak alan indeksi için, sırasıyla, 0.958, 0.966 ve 0.972 olarak bulunmuştur.

Reddy ve ark. (1995), farklı CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile farklı sıcaklıkların Pima pamuğu üzerindeki etkilerini inceleyerek yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ortamında daha fazla miktarda kozaların oluştuğunu ve iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklığın artmasıyla pima pamuğunun gelecekte çok önemli bir bitki olacağı sonucuna varmışlardır.

Reddy ve ark. (1998), CO<sub>2</sub> ve sıcaklık artışının pamuk gelişiminde ve yaprak karakteristiklerinde etkileşimini incelemiştir. Pamuk bitkisi ekimden, beşinci veya altıncı yaprak çıkışına kadar gece ve gündüz sıcaklıkları 30°C ve 22°C olan bitki büyüme çemberlerinde yetiştirilmiştir. Büyüme çemberlerinin beş tanesi CO<sub>2</sub>'nin ortamda 350 µl.l<sup>-1</sup> olduğu ve diğer 5 adet bitkinin büyüme çemberinin CO<sub>2</sub>'nin ortamda 700 µl.l<sup>-1</sup> olduğu durumlar deneme boyunca sabit tutuldu. Pamuk bitkisi, yüksek CO<sub>2</sub> olan yeni iklim koşullarına uyum sağlayamadığı ve CO<sub>2</sub>'nin yüksek olduğu ortamda yaprak alanı ve biyokütlenin arttığı belirlenmiştir. Pamuğun yüksek sıcaklıkta çiçek dökümünün yüksek CO<sub>2</sub> ile değiştiği görülmüştür. Yüksek CO<sub>2</sub> miktarında daha fazla yaprak alan indeksi ile daha fazla epiderm hücre ve stoma oluştuğunu belirlemiştir.

Reddy ve ark. (1999), sıcaklık ve CO<sub>2</sub>'nin pamukta büyüme parametrelerine olan ilişkileri üzerine çalışma yapmışlardır. Atmosferik CO<sub>2</sub>'nin 720µL.L<sup>-1</sup> olduğu durumda koza sayısı, kozanın büyüklüğü ve pamuk lifi özelliklerini incelemiştir. Sıcaklık artışının koza büyüklüğünü ve olgunlaşma periyodunu azalttığı belirlenmiştir. Koza olgunlaşma periyodu, koza büyüklüğü ve olgunlaşma hızı CO<sub>2</sub> miktarına göre değişmemiştir. Atmosferik CO<sub>2</sub> miktarının 720µL.L<sup>-1</sup> olduğu durumlarda koza ve elmaların, CO<sub>2</sub> miktarının 360µL.L<sup>-1</sup> olduğu duruma göre %40 daha fazla olduğu saptanmıştır. Pamuk lifinin kalitesi ve olgunluğu, sıcaklığın 26°C'ye yükseldiği durumlarda artmış ancak 32°C'de azalmıştır.

Hake ve ark. (1996), su stresinin olmadığı koşullarda sıcaklık stresinin özellikle gündüz ve gece boyunca yüksek sıcaklıklar gerçekleştiğinde zararlı olduğunu ve buna bitkinin geceleri buharlaşma (evaporasyon) yoluyla serinleme yapamamasının ve bu nedenle de bitki sıcaklığının hava sıcaklığına eşit olmasının yol açtığını belirtmiştir. Ayrıca, özellikle Temmuz ve Ağustos ayları boyunca gerçekleşecek sıcaklık stresinin aşırı vejetatif gelişme, koza iriliğinde ve kozada tohum sayısında azalma ve koza silkmelerine neden olacağını vurgulamıştır.

### 2.3. Olası CO<sub>2</sub> Miktarı ve Sıcaklık Artışının Bitki Fizyolojisine Etkileri

Reddy ve ark. (1994a) CO<sub>2</sub> miktarı ve sıcaklıklardaki artışın pamuk bitkisinde yaprak oluşum hızı, yaprak büyüme hızı ve yaprak genişlikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artışın yaprakların oluşum hızı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını yaprak büyüklükleri ile büyüme hızı üzerinde etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Yüksek sıcaklıkların yaprak sayısını artırdığı ve CO<sub>2</sub> miktarının artmasının yaprak sayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı araştırmacılar tarafından ayrıca belirlenmiştir.

Reddy ve ark. (1994b), sıcaklık ve CO<sub>2</sub> artışının pamukta kök gelişimine olan etkisini incelemiştir. Fotosentez artışının, yüksek CO<sub>2</sub>'nin en önemli direk etkisi olduğunu ve CO<sub>2</sub> artışının pamukta fotosentezi ve bitkinin üst kısımlarında büyüme ile verimi artırdığını açıklamışlardır. Ayrıca, CO<sub>2</sub> miktarındaki artışın pamuk bitkisinin kök sayısında bir artışa neden olmadığını ve sıcaklık artışı bitkinin kök sayısının ve uzunluğunun artmasına neden olduğunu açıklamışlardır.

Hall ve Allen (1993), yüksek hasat indeksine sahip bitkilerin daha fazla karbonhidrat depolama yeteneğine sahip olduğunu ve artan CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna daha olumlu cevap verdiklerini ayrıca pamuk ve buğdayda CO<sub>2</sub> artışı ile verimlilikteki en büyük artışların sadece N ve P yarayışlılığının yüksek olduğu durumlarda gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.

Akita ve Moss (1972), C<sub>3</sub> ve C<sub>4</sub> bitkilerinin CO<sub>2</sub> artışında fotosenteze olan etkilerini inceledikleri çalışmalarında pamuğunda içinde olduğu C<sub>3</sub> bitkilerinin, C<sub>4</sub> bitkilerine göre CO<sub>2</sub> miktarındaki artışlardan daha çok etkilenip olumlu bir etki gösterebileceğini belirtmişlerdir.

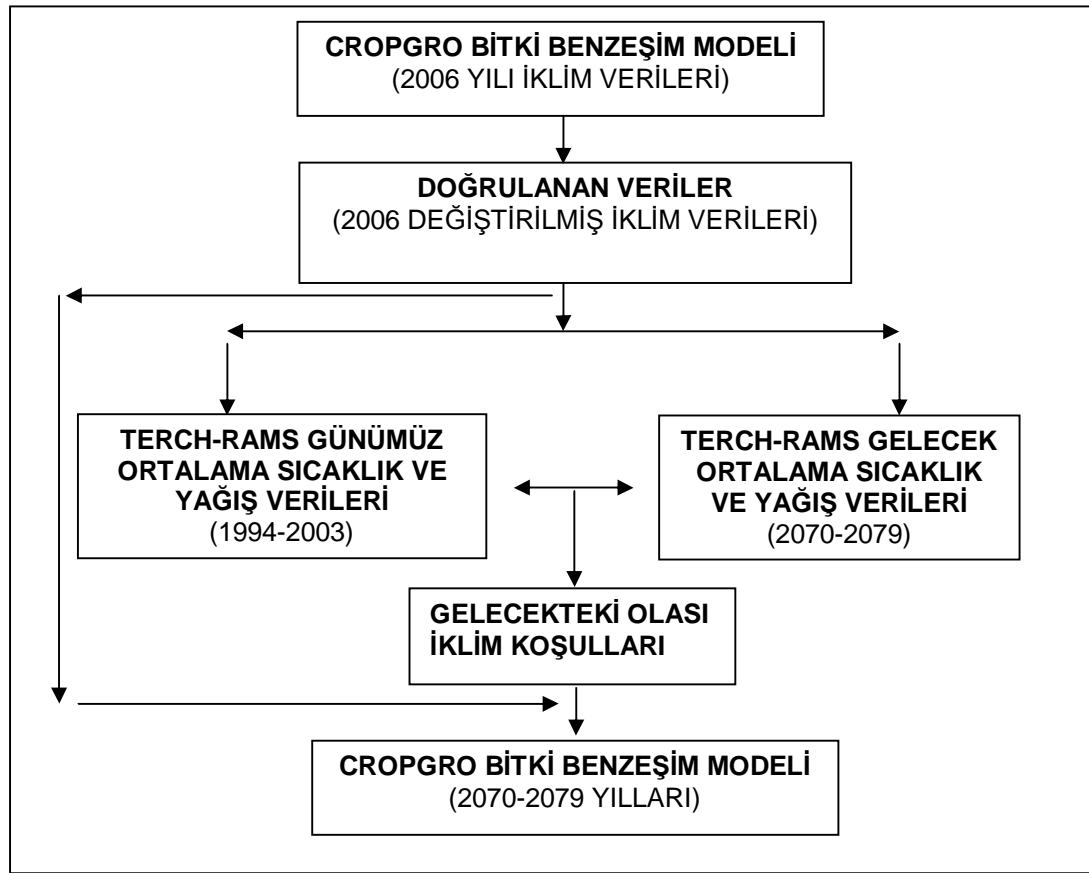
Burke ve Mahony (2001), sıcaklık stresinin pamuğun erken gelişme dönemindeki çenet yapraklarının klorofil içeriği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında 25°C'nin altında ve 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda klorofil birikiminin önemli düzeyde azaldığını saptamışlardır. Ayrıca, 44°C sıcaklıkta klorofil birikiminin engellendiğini ve bu sıcaklığı aşan sıcaklıklardan yaşlı dokuların daha fazla olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan veriler ve bitki benzeşim modeli ile çalışmanın akış şeması Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Akış Şeması

Çalışmada, yaklaşık 25.000 km<sup>2</sup> lik bir alana sahip, Türkiye için önemli bir su kaynağı potansiyeli durumundaki ve yıllık yağış miktarı 700 mm, maksimum sıcaklık 45.6°C, minimum sıcaklık 8.1°C ve ortalama sıcaklık ise 18.7°C olan Seyhan Nehri Havzasında, pamuk bitkisinin yetişebildiği Aşağı Seyhan Ovasının sulanabilir alanları dikkate alınmıştır.

Günümüz ve gelecekteki olası iklim koşullarının eldesinde TERCH-RAMS Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi verileri kullanılmıştır. Günümüz (1993-

2004) ve gelecek (2070-2079) koşulları için bölgeyi temsil eden 10 yıllık (1993-2004) ortalamalar kullanılmıştır.

Pamuk bitkisinin, günümüz koşullarında su ve diğer gelişim etmenlerine karşı gösterdiği tepkinin eldesi ve gelecekteki iklim koşullarında meydana gelmesi olası tepkilerinin kestirimi için Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında, 2005-2008 yılları arasında yürütülen DIMAS projesinin 2006 yılı sonuçlarından yararlanılmıştır.

Proje deneme alanı denizden yüksekliği ortalama 20 m olan 36°59`N enlem ve 35°18`E boylamlarındadır. Projenin yürütülmüş olduğu deneme alanı topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Projenin Yürütüldüğü Deneme Alanı Toprakların Kimi Fiziksel Özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Dane İrilik Dağılımı(%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (g/g)	Solma Noktası (g/g)	Doyma Noktası (g/g)	Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )
	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

Çizelge 3.2. Projenin Yürütüldüğü Deneme Alanı Topraklarının Kimi Kimyasal Özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Tuz İçeriği (dS/m)	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	Toplam Azot (%)	Org. Mad. (%)	Kasyonlar (me/l)				Anyonlar (me/l)		
						Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
0-20	0.19	7.8	5.92	0.077	1.28	1.6	0.50	0.62	0.1	1.80	0.30	0.6
20-40	0.16	7,6	6.30	0.042	1.30	1.7	0.68	0.67	0.1	1.74	0.93	0.6
40-60	0.15	7.7	6.46	0.056	0.98	1.7	0.80	0.72	0.1	1.52	2.15	0.6
60-80	0.12	7.8	6.35	0.042	-	2.7	0.85	0.73	0,0	1.55	2.20	0.6
80-100	0.14	7.8	6.95	0.042	-	2.7	0.85	0.74	0.1	1.50	2.25	0.7
100-120	0.16	7.6	7.69	0.020	-	2.7	0.82	0.75	0,0	1.49	2.30	0.7

Projenin yürütüldüğü 2006 yılı arası aylık ortalama iklim verileri deneme alanı iklim istasyonu kayıtlarından alınmış olup Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Projenin Yürütüldüğü 2006 Yılı Büyüme Dönemindeki İklim Verileri

	İklim Öğeleri	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Araştırma Yılı İklim Verileri (2006)	Ortalama sıcaklık (°C )	21.86	26.5	28.7	27.8	25.2
	Oransal Nem (%)	61.92	63.9	64.8	71.0	62.5
	Rüzgar Hızı (m/s)	0.98	1.2	0.9	1.3	1
	Yağış (mm)	29	14.4	8.1	14.8	24.2
	Buharlaşma (mm)	130.3	206.3	231.7	220.6	182.9

Çalışmada iklim değişikliği sürecinde pamuk bitkisinin göstereceği tepkinin anlaşılması için gerekli olan bitkisel veriler, bölgede pamuk bitkisi ile ilgili olarak sulama, gübreleme vb. konularda yapılmış çalışmalardan irdelenmiştir.

Modelin doğrulanmasında DIMAS projesinin yürütüldüğü 2005-2008 yılları arasından 2006 yılında deneme alanı iklim istasyonundan elde edilen günlük veriler kullanılmıştır.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Bitki Benzeşim Modelleri

Günümüzde bitki benzeşim modelleri mühendisler ve planlayıcılar tarafından seçenekleri değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki benzeşim modelleri, iklim ve toprak koşulları ile bitki fizyolojisine ilişkin dinamik olayları matematiksel ilişkilerden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin tahmininde kullanılan yaklaşımlardır. (Hoogenboom ve ark. 1991).

Arazide uzun yıllar ve büyük masraflar gerektiren en uygun sulama zamanının belirlenmesi, yeni bitki tür ve çeşidinin o yöre iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayıp sağlayamayacağı, tarımsal kuraklık gibi olası değişikliklerin bitkisel üretime etkisi gibi konularda kısa zamanda sonuca ulaşmak bitki benzeşim modelleri ile mümkün olmaktadır. Bunun yanında bitki benzeşim modelleri; su-verim

fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, sulama programı stratejilerinin belirlenmesinde, yarı kurak bölgelerde yağışlardan dolayı tarımsal üretimde oluşabilecek riskin saptanmasında, bitkinin günlük gelişiminin tahmin edilmesinde, bitkisel üretimin değişik aşamalarına karar verilmesinde, gelecekte olabilecek iklim değişikliklerinin verim üzerine etkisinin saptanmasında kullanılmaktadır.

### 3.2.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli

Pamuk bitkisinin değişen iklim koşullarına gösterdiği tepkinin kestirimi için, IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) tarafından geliştirilen, içerisinde veri tabanı yönetim sistemini, bitki modellerini ve uygulama programlarını içeren DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer)'ın bir parçası olan Cropgro bitki benzeşim modeli kullanılmıştır.

#### 3.2.2.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Girdi ve Çıktı Parametreleri

Cropgro modelinin arayüzünde bulunan girdi ve çıktı parametreleri Çizelge 3.4. ve Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Girdi Parametreleri

Girdiler	Tanım
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Konsantrasyonu $\mu\text{mol}[\text{CO}_2]$
ST	Toprak Sıcaklığı (°C)
SW	Toprak Katmanındaki Hacimsel Su İçeriği (cm <sup>3</sup> )
DAYL	Gün Uzunluğu (saat)
TAVG	Ortalama Günlük Sıcaklık (°C)
EOP	Potansiyel Transpirasyon (mm/gün)
TDAY	Gündüz Süresince Ortalama Sıcaklık (°C)
TGRO	Saatlik Hava Sıcaklığı (°C)
TGROAV	Ortalama Günlük Hava Sıcaklığı (°C)
TMIN	Günlük En Düşük Sıcaklık (°C)
TRWUP	Toprak Profiline Bitki Kökünün Günlük Potansiyel Su Alışı (cm/gün)
PAR	Günlük Fotosentetik Aktif Radyasyon (mol)
YREND	Sezonun Bittiği Gün (Genellikle Hasat Zamanı) (gün/ay/yıl)
YRPLT	Ekim Tarihi (gün/ay/yıl)

Çizelge 3.5. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Çıktı Parametreleri

Çıktılar	Tanım
CANHT	Kanopi Yüksekliği (m)
RLV	Toprak Katmanındaki Bitki Kökünün Uzunluğu (cm)
EORATIO	FAO-56 Referans Potansiyel Evapotranspirasyon Kullanılarak Yaprak Alan İndeksi ile Potansiyel Evapotranspirasyonun Artış Oranı
RWUMX	Her Birim Kök Uzunluğu için Maksimum Suyun Yükselişi (cm <sup>3</sup> )
HARVRES	Hasat Sonrası Kuru Maddenin Kalan Miktarını İçeren Değişken
KSEVAP	Toprak Evaporasyonunun Hesaplanmasında Kullanılan Işık Absorbsiyon Katsayısı
KTRANS	Evapotranspirasyon Hesaplanmasında Kullanılan Işık Absorbsiyon Katsayısı
UNH <sub>4</sub>	Bitki Kökünün NH <sub>4</sub> Alım Oranı (kg)
MDATE	Hasat Zamanı (gün/ay/yıl)
XHLAI	Yaprak Alan İndeksi (m <sup>2</sup> )
XLAI	Her Birim Toprak Yüzeyindeki Yaprak Alan İndeksi (m <sup>2</sup> )

### 3.2.2.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Yapısal Durumu ve İşleyişi

Cropgro, DSSAT paket programı içerisinde bitki büyüme ve gelişimlerini günlük bazda hesaplayan arazi birim modülü tarafından çalıştırılan bir modeldir. Modelin genel matematiksel yapısı farklı ağırlık dengesi eşitliklerine dayanmaktadır. Bu eşitlikler modeldeki her bir bileşenin günlük net büyüme hızlarını belirtmektedir. Ayrıca, bu eşitlikler hız ve durum değişkenlerini kapsamaktadır. Hız değişkenleri, değişimin hızını veya farklı bitki bölgelerindeki azot, karbon birikimi yada bitki ağırlıklarında ki günlük değişimi açıklamaktadır. (Boote ve ark. 2004).

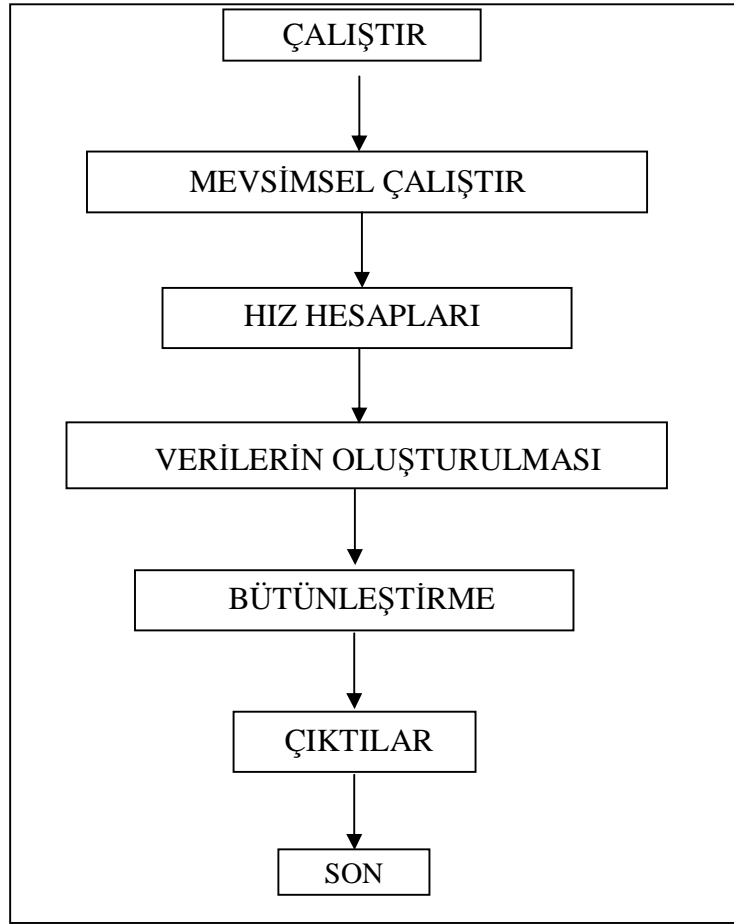
Modelin esas alt programı, fotosentez ve solunum sonrasında kalan kullanılabilir karbon miktarını belirleyen hız değişkeni ile her bitki bölgesindeki net doku büyüme hızı, azot fiksasyonu, ve mobilizasyon sonucu kalan azot miktarının hesaplanması işlemlerini kontrol etmektedir. (Boote ve ark. 2004).

Cropgro bitki benzeşim modeli; iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak bitkinin gelişme dönemlerini, bitki organlarının büyüme süresi boyunca gelişimini ve bunlara bağlı olarak verimin belirlenmesini ayrıca uzun yıllık iklim verilerinden yararlanarak üretime ilişkin gelecekte kararların verilmesini sağlamaktadır. Cropgro, karbon dengesini, bitki gelişimini, toprak-bitki-azot dengesi ile toprak-bitki-su dengesi alt kısımlarını içeren zamansal ölçekli mekanistik bir modeldir.

Bitki gelişimi kısmı, yaşam döngüsü sürecini belirleyen vejetatif ve üretken gelişimleri, kök ve yaprak büyüme sürecini, yaşamsal organların başlangıç ve sürekliliğini kapsamaktadır. Bitki karbon dengesi kısmı; günlük fotosentez girdilerini, bitki dokularındaki karbon döngüsünü ve solunumu içermektedir. Karbon dengesi kısmı; vejetatif dokuların gelişimi, yaprak alan indeksini, koza ve nodların gelişimini ve karbonhidrat mobilizasyonunu kapsamaktadır. Bitki azot dengesi ise; topraktan günlük azot alımını, azot fiksasyonunu, vejetatif dokularda fiksasyonu, yeni gelişen dokulardaki azot kullanım hızını içermektedir.

Modelde zaman olarak çoğunlukla gün kullanılmaktadır fakat yaprak seviyesindeki fotosentez gibi işlemlerde ise saatlik zaman dilimleri de kullanılmaktadır.

Cropgro benzeşim modelinin 7 farklı hesaplama evreleri Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modeli Hesaplama Evreleri

Çalışmada DIMAS projesinin yürütülmüş olduğu 2006 yılı deneme alanı iklim istasyonu verileri girdi olarak kullanılarak model koşulmuştur. Modelin kestirdiği sonuçlar ile projede ölçülen sonuçlar karşılaştırılarak Cropgro bitki benzeşim modelinin doğrulanması yapılmıştır.

Model içerisindeki bitki genetik katsayıları değiştirilerek proje ve model sonuçlarının birbirine yaklaştırılması sonucu model, günümüz iklim koşulları altında doğrulanarak gelecek yılları kestirebilmek amacıyla çalıştırılmaya hazır hale getirilmiştir.

I1 tam sulama, I2 hafif stres ve I3 orta derece stres konularında model, I1 tam sulama konusunda proje sonuçları ile birbirine yakın sonuçlar vermiştir. I2 ve I3 konularındaki farklı sulama ve gübreleme uygulamalarında modelin kestirdiği sonuçlar ile proje sonuçları kıyaslandığında, modelin söz konusu sulama konularında kullanılabilir olmadığı ve model içerisindeki bitki genetik katsayılarının modelin

doğrulanması için yeterli olmadığı belirlenmiştir. Gelecekteki iklim değişikliklerinin olası etkilerinin kestiriminde I2 ve I3 konularının yetersiz kalacağı göz önüne alınarak modelin doğrulanmasında ve iklim değişikliklerinin etkilerinin belirlenmesinde I1 tam sulama konusu dikkate alınmıştır.

Aşağı Seyhan Ovası için beklenen sıcaklıklar ve yağışların eldesinde günümüz (1994-2003) ve gelecek (2070-2079) koşulları için Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi sonuçları kullanılmıştır.

### **3.2.3. Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi**

Terch-Rams, Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi, yüksek düzeyde çok yönlü matematiksel yöntemler ve formüller kullanılarak Colorado Üniversitesi ve Californiya'da benzeşim ve meteorolojik olayların kestirimi ve sonuçlarının tanımlanması adlı araştırma kurulu tarafından hazırlanmış ve Yoshikane ve Kimura (2005) tarafından bölgesel iklim benzeşimleri için geliştirilmiştir

Terch-Rams model verilerinin kullanılmasındaki ana neden olarak ise, benzer amaçlı modellere oranla çok daha yeni bir yapı üzerine kurulmuş olup sayısal yapısı yüksek düzeyde ilerletilmiş olmasıdır. Böylece daha esnek ve çok yönlü bir model haline getirilmiştir. Uzun bir çalışma dönemi sonunda Terch-Rams, bölgesel iklim benzeşim çalışmalarına hazır hale getirilmiştir. Avrupada birçok araştırmada kullanılan RAMS (Pasqui 2000, Meneguzzo 2004, Meneguzzo 2001, Pasqui 2002, Soderman 2003, Pasqui 2004a, Pasqui 2004b),1999 yılından bu yana, Tuscany Bölgesel Meteoroloji Enstitüsü ve İtalya Biometeoroloji Araştırma Konseyinin ortaklaşa yürütmekte olduğu, Bölgesel İklim Benzeşimi projesi kapsamında da kullanılmaktadır.

### 3.2.3.1. Pseud Warming Yöntemi

Küresel Dolaşım model sonuçlarını bölgesel iklim modelinde girdi olarak kullanıp dinamik indirgeme (Dynamical Downscaling) yapmak iklim değişikliklerinin etkilerinin saptanmasında kullanılan önemli bir yöntemdir. Buna karşın bu iklim kestirim çalışmalarında bölgesel model için girdi olarak kullanılan küresel dolaşım modelinde (GCM) yıllar arası değişkenlik yeterli düzeyde olmadığından belirsizlikler bulunmaktadır. Aynı zamanda GCM sonuçlarının doğruluğunun yeterli düzeyde olmaması da bölgesel modellerin tahminlerinde sorun yaratmaktadır. Bu yaklaşım içerisinde Kimura (2005) tarafından geliştirilen Pseud Warming methodu, geleceğe yönelik bölgesel benzeşimlerin doğruluğunu arttıracığı öngörülmektedir (Kapur, 2007).

Pseud Warming yönteminde sınır koşulların oluşturulması için girdi olarak GCM yerine NCEP/NCAR yeniden analiz verileri kullanılmaktadır. Bu veriler GCM sonuçlarına kıyasla, oluşumundan dolayı gerçek iklim koşullarını daha doğru yansıtmaktadır. NCEP/NCAR yeniden analiz verileri günümüz koşullarının benzeşiminde girdi olarak kullanılacaktır. Gelecek koşulları için ise benzeştirilecek yılın GCM sonuçları ile günümüz GCM sonuçları arasındaki fark NCEP/NCAR analiz verilerine eklenerek geleceğe yönelik girdi olarak Terch-Rams modelinde kullanılmaktadır.

Günümüz (1994-2003) ve gelecek (2070-2079) iklim koşullarının belirlenmesinde Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Gelecekte beklenen sıcaklık ve yağış değişimlerinin belirlenmesinde bu verilerin ortalamaları arasındaki farklardan yararlanılmıştır. Elde edilen ortalamalar arası farkların DIMAS projesi anılan yıldaki iklim verilerine eklenmesi yöntemiyle gelecekteki olası iklim değişikliklerinin etkisi altında pamuk bitkisinin göstereceği tepkilerin eldesi ve belirlenen geleceğe ait iklim verilerinin benzeşim modelinde girdi olarak kullanılması sağlanmıştır.

Gelecek yıllara ait iklim verileri ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 700 ppm olacağı varsayılarak Cropgro bitki benzeşim modeli koşulmuştur. Pamuk bitkisine ait kestirilen sonuçlar ile günümüz DIMAS projesinde ölçülen sonuçlar karşılaştırılarak Aşağı Seyhan Ovası'nda iklim değişikliklerinin pamuk bitkisi üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Günümüz Koşullarında Koşulması

DIMAS projesinin yürütüldüğü 2006 yılına ait deneme alanı meteoroloji istasyonu iklim verileri ile ölçülen pamuk bitkisine ait proje sonuçları Cropgro bitki benzeşim modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Model koşullarında kestirdiği sonuçlar ile mevcut DIMAS projesi ölçülen sonuçlar karşılaştırılarak modelin günümüz koşullarına indirgenebilmesi amacıyla doğrulanması yoluna gidilmiştir.

### 4.2. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Doğrulanması

Çalışmada kullanılan Cropgro bitki benzeşim modelinin kestireceği sonuçların günümüz koşullarını temsil etmesi amacıyla modelin doğrulanması yapılmıştır. Bu amaçla, Çizelge 4.1.'de gösterilen DIMAS projesinin yürütüldüğü 2006 yılı aylara göre günlük ortalama iklim verileri ile proje sonuçları II tam sulama konusu için girdi olarak kullanılarak model koşullarında doğrulanmıştır. Modelin kestirdiği sonuçlar ile projeye ait ölçülen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

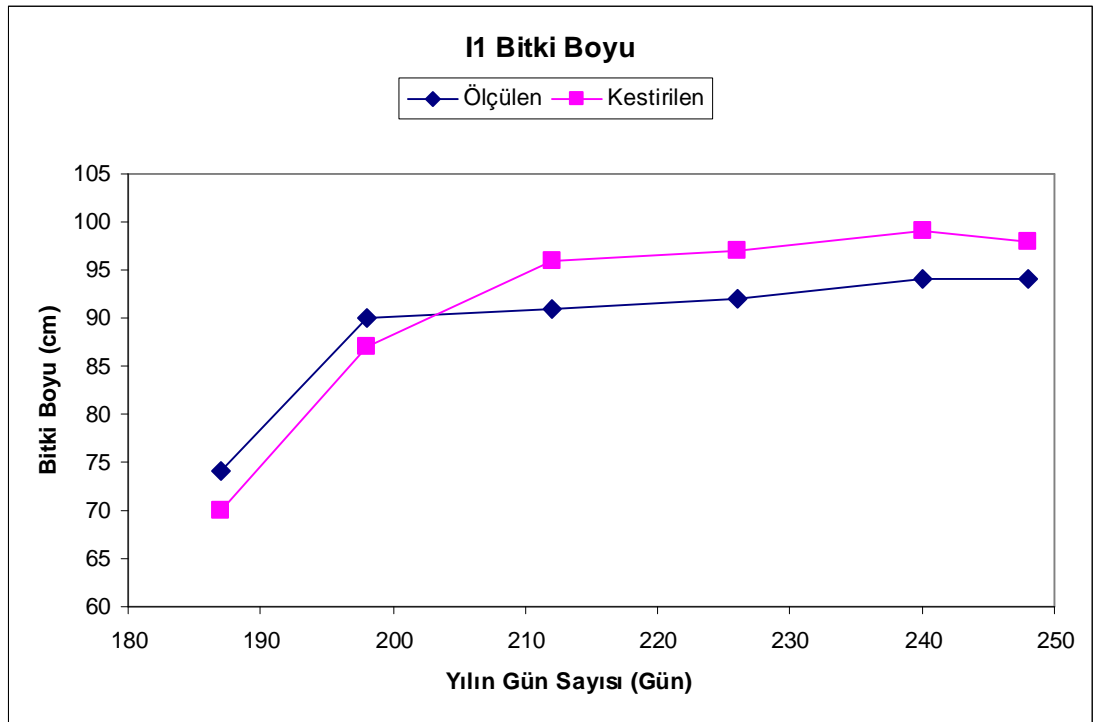
Çizelge 4.1. Projenin Yürütüldüğü 2006 Yılı Aylık Ortalama İklim Verileri

AYLAR	Maksimum Sıcaklık (°C)	Minimum Sıcaklık (°C)	Yağış (mm/gün)	Kısa Dalga Radyasyon (MJ/m <sup>2</sup> /gün)
Ocak	14.62	3.55	1.23	8.47
Şubat	16.29	5.73	5.45	10.14
Mart	19.98	8.23	2.05	14.45
Nisan	24.49	12.36	0.43	16.00
Mayıs	29.69	14.61	0.81	25.21
Haziran	21.71	9.38	2.13	15.85
Temmuz	33.65	22.84	0.52	24.81
Ağustos	35.01	23.84	0.00	21.61
Eylül	32.92	18.95	1.80	18.45
Ekim	27.64	16.48	3.71	13.14
Kasım	21.19	7.34	3.20	10.23
Aralık	17.63	3.14	0.00	9.16

Model içerisindeki bitki genetik katsayıları değiştirilerek proje ve model sonuçlarının birbirine yaklaştırılması sonucu model, günümüz iklim koşulları altında doğrulanarak gelecek yılları kestirebilmek amacıyla çalıştırılmaya hazır hale getirilmiştir.

I1 tam sulama, I2 hafif stres ve I3 orta derece stres konularında model, I1 tam sulama konusunda proje sonuçları ile birbirine yakın sonuçlar kestirmiştir. I2 ve I3 konularındaki farklı sulama ve gübreleme uygulamalarında modelin tepkisi ile proje sonuçları kıyaslandığında, modelin söz konusu sulama konularında kullanılabilir olmadığı ve model içerisindeki bitki genetik katsayılarının modelin doğrulanması için yeterli olmadığı belirlenmiştir. Gelecekteki olası etkilerin kestiriminde I2 ve I3 konularının yetersiz kalacağı göz önüne alınarak modelin doğrulanmasında ve iklim değişikliklerinin etkilerinin belirlenmesinde proje sonuçlarına yakın değerler elde edilen I1 tam sulama konusu göz önüne alınmıştır.

Modelin doğrulanması sonucunda elde edilen I1 konusu bitki boyunda ölçülen ve kestirilen sonuçlar Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Bitki Boyu (cm)

Yılın 198. gününe kadar model, ölçülen değerlere göre daha düşük değerler kestirirken bitkide ilk açmanın olduğu tarihe yakın dönemde ölçülen sonuçlara göre daha yüksek değerler kestirmiştir.

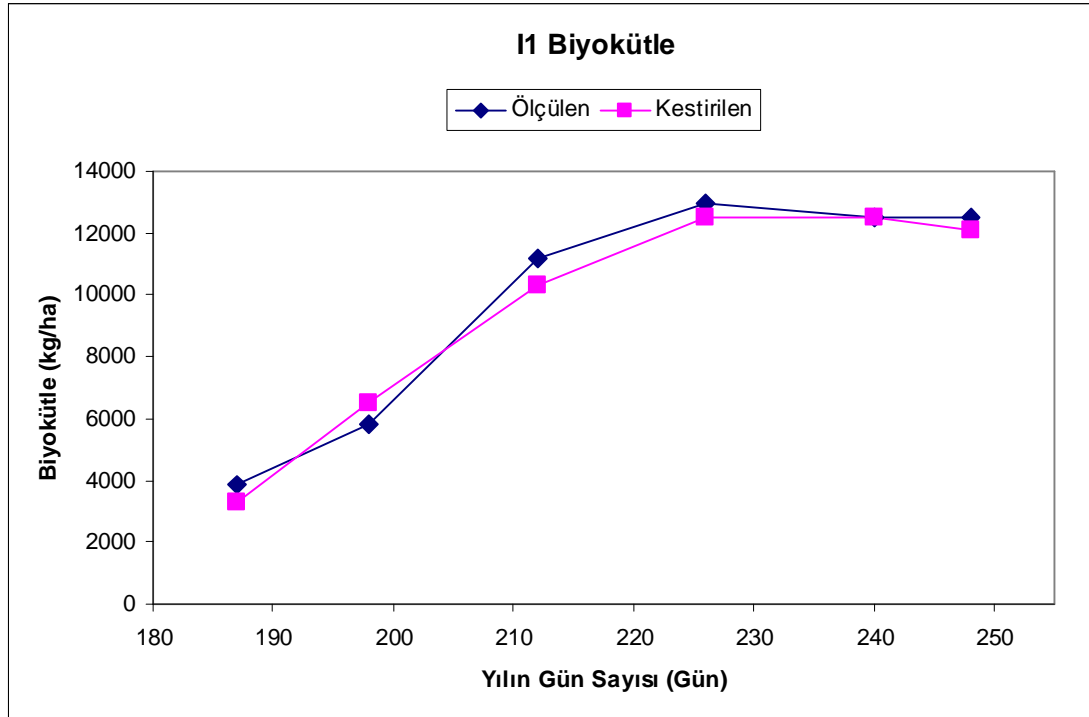
Olası farklılıkların belirlenmesi amacıyla uygulanan t-testi sonucu Çizelge 4.2.'de gösterilmiş olup ölçülen ve kestirilen bitki boyları arasında %5 önem seviyesinde farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Boyuna İlişkin t-testi Sonucu

Parametre	Ölçülen		Kestirilen		t-değeri
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Bitki Boyu (cm)	89.167	57.767	91.167	126.167	-1.142

\* %5 önem seviyesinde test edilmiştir.

Anılan konuya ait kestirilen ve ölçülen biyokütle sonuçları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Biyokütle (kg/ha)

Model, bitki büyüme dönemi boyunca toprak üzeri kuru madde miktarında ölçülen sonuçlara çok yakın değerler vermiştir. İrdelenen sonuçlar içerisinde birbirine en yakın kestirilen değerler biyokütlede elde edilmiştir.

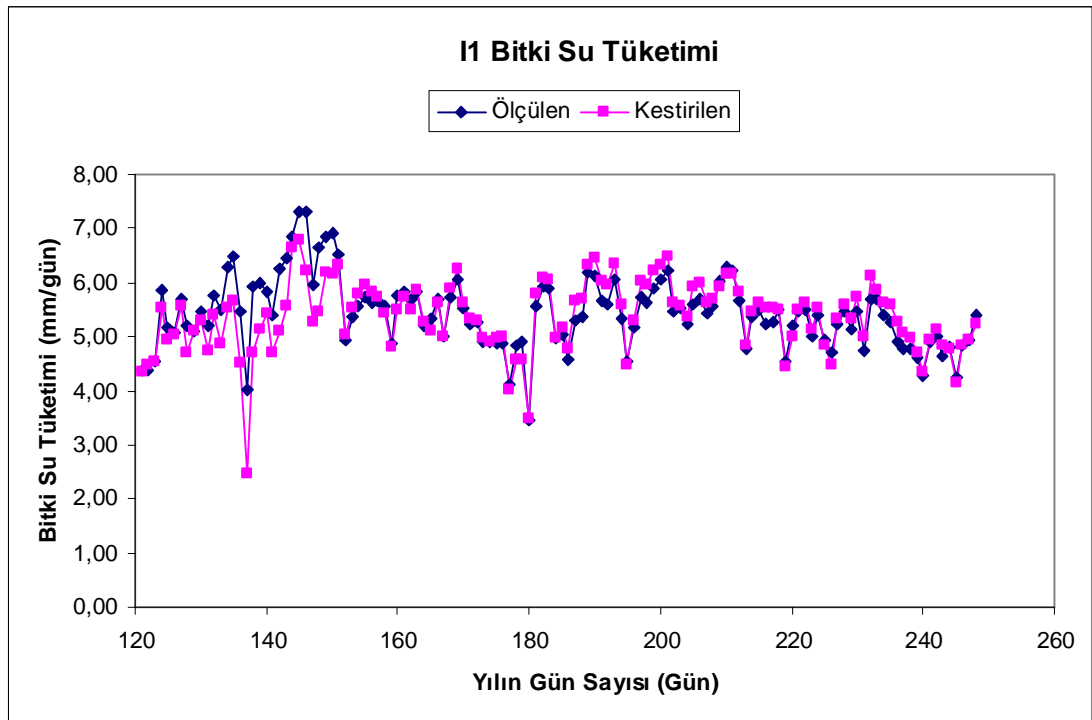
Çizelge 4.3.'de gösterilen ve uygulanan %5 önem seviyesinde t-testi sonucuna göre ölçülen ve kestirilen biyokütleler arasında bir farklılık olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.3. Ölçülen ve Kestirilen Biyokütleyle İlişkin t-testi Sonucu

Parametre	Ölçülen		Kestirilen		t değeri
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Biyokütle (kg/ha)	9800.167	15475091.567	9532.833	14589215.767	1.180

\* %5 önem seviyesinde test edilmiştir.

Pamuk bitkisinin ekim tarihinden hasatına kadar geçen süre içerisinde ölçülen ve kestirilen bitki su tüketimi sonuçları Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Bitki Su Tüketimi (mm/gün)

Günümüz bitki su tüketiminin ölçümünde FAO-56 Penmann Monteith yöntemi kullanılmış olup bitki benzeşim modeli içerisinde aynı yöntemin seçilerek modelin koşulabilmesi pamuk bitkisine ait ölçülen ve kestirilen bitki su tüketim sonuçlarının birbirine yakın olmasının en büyük nedenidir. Sau ve ark. (2004) yaptıkları çalışmada DSAAT içerisinde FAO-56 Penmann Monteith yönteminin soya fasülyesi için en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir.

Uygulanan t-testi sonucunda pamuk bitkisinin ölçülen ve kestirilen bitki su tüketimleri arasında %5 önem seviyesinde farklılık bulunmadığı belirlenerek Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Ölçülen ve Kestirilen Bitki Su Tüketimine İlişkin t-testi Sonucu

Parametre	Ölçülen		Kestirilen		t-değeri
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Bitki Su Tüketimi (mm/gün)	5.426	0.416	5.368	0.417	1.706

\* %5 önem seviyesinde test edilmiştir.

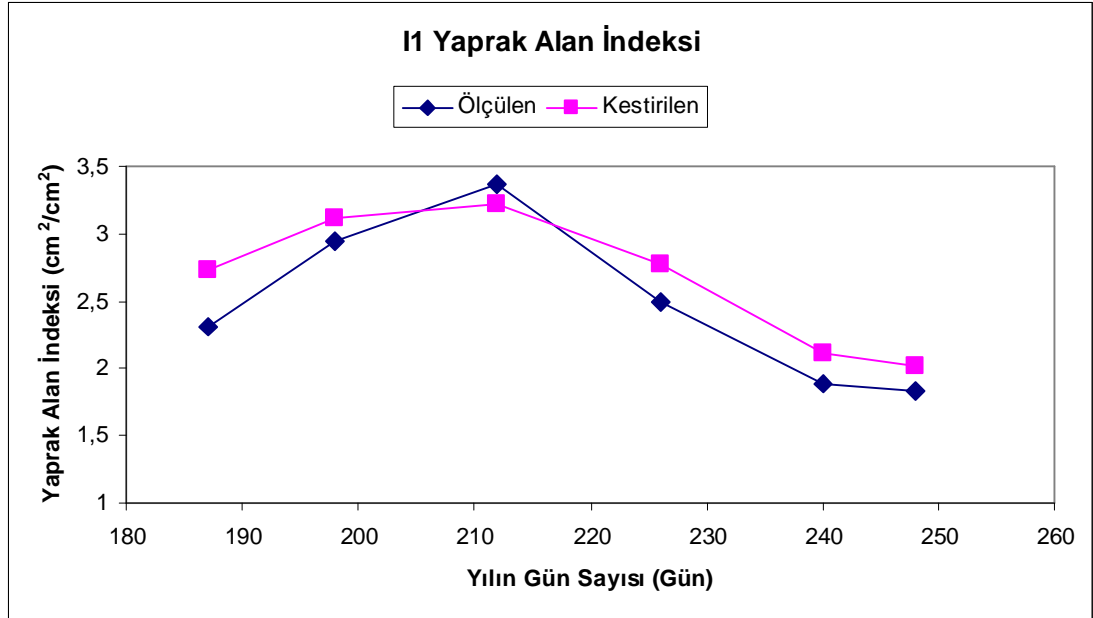
Ölçülen ve kestirilen hasat indeksi ile verim sonuçları Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Modelin Doğrulanması Sonucu II Konusundaki Verim (kg/ha) ve Hasat İndeksi

II Konusu	Verim	Hasat İndeksi
Ölçülen	3798 (kg/ha)	0.304
Kestirilen	3790 (kg/ha)	0.314

Bitki benzeşim modelinin biyokütle sonuçlarında birbirine çok yakın sonuçlar vermesi hasat indeksi değerlerinin de birbirine yakın olmasına neden olmuştur. Cropgro bitki benzeşim modelinin verim ve hasat indeksi değerlerinin kestiriminde elverişli bir model olduğu belirlenmiştir.

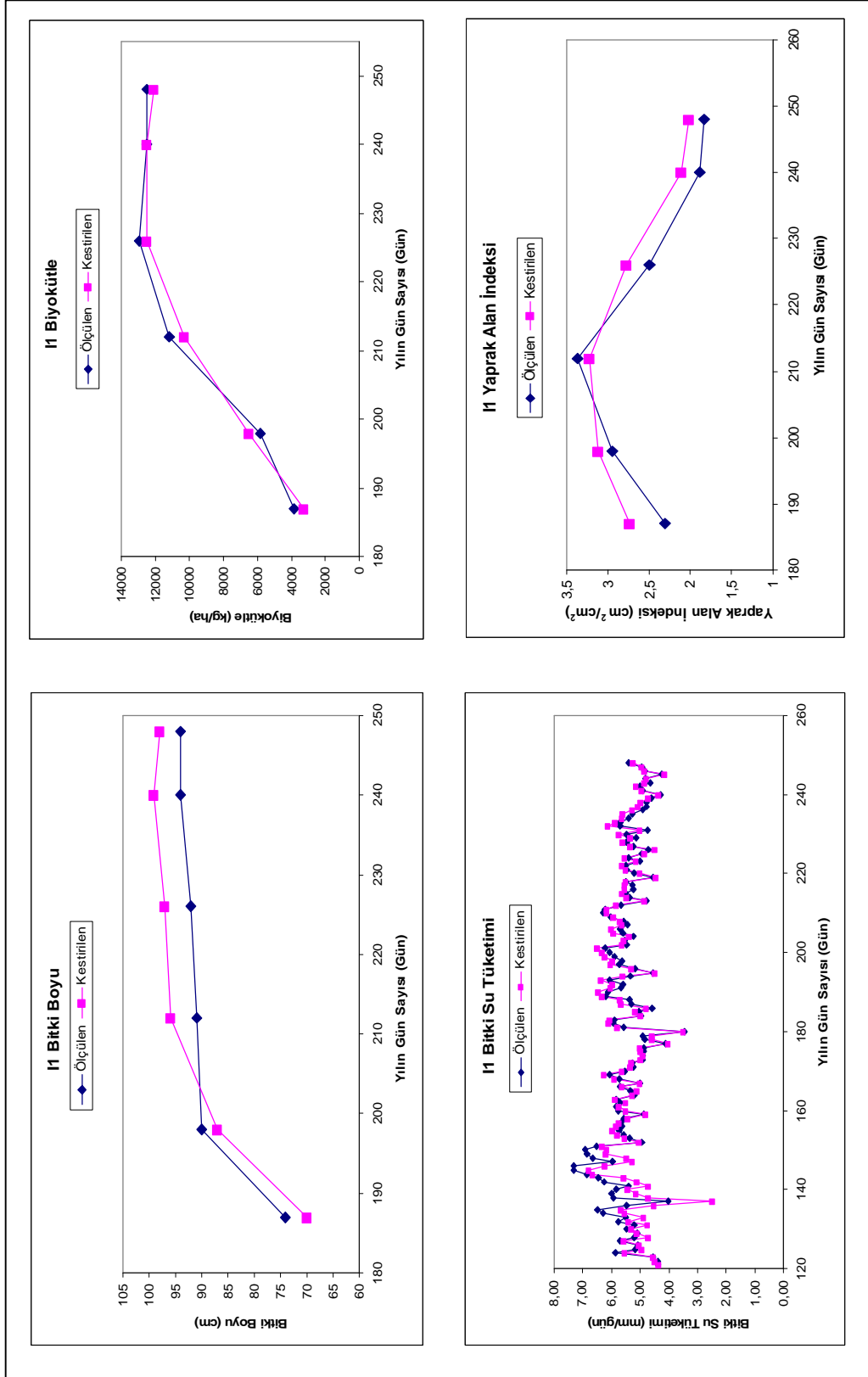
Model tarafından kestirilen ve günümüzde ölçülen yaprak alan indeksine ait sonuçlar Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Modelin Doğrulanması Sonucu I1 Konusundaki Yaprak Alan İndeksi

Pamuk bitkisinin ilk çiçek ve ilk koza açma zamanları arasında olan yılın 187. ve 198. günlerinde model, günümüz sonuçlarına göre daha yüksek yaprak alan indeksi değerleri kestirmiştir. Hasat dönemine yakın yılın 226. gününde ise model, günümüz sonuçlarına göre yaprak alan indeksinde daha yavaş bir azalma kestirmektedir.

Cropgro bitki benzeşim modeli toprakta N yetersizliği olduğu durumda yaprak gelişimini hızlı bir şekilde durdurmaktadır. Model içerisinde bitki büyüme katsayılarında yapılan değişiklikler günümüz sonuçlara daha yakın kestirimler sağlamaktadır ancak diğer bitki büyüme parametrelerinin bu değişikliklerden etkilenmesinden dolayı DSSAT paket programı içerisinde bulunan Cropgro Bitki Benzeşim Modeli'nin pamuk bitkisi için yaprak alan indeksi kestiriminde elverişli olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Doğrulanması Genel Görünüm

Yaprak alan indeksinin ölçülen ve kestirilen değerlerine ait %5 önem seviyesinde uygulanan t-testi sonucu Çizelge 4.6.'da gösterilmiş olup farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Ölçülen ve Kestirilen Yaprak Alan İndeksine İlişkin t-testi Sonucu

Parametre	Ölçülen		Kestirilen		t-değeri
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Yaprak Alan İndeksi (cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> )	2.472	0.363	2.660	0.249	-2.453

\* %5 önem seviyesinde test edilmiştir.

#### 4.3. Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi Sonuçları

Gelecekteki olası iklim koşullarının belirlenmesi amacıyla 1994-2003 ile 2070-2079 yılları arası 10 yıllık Terch-Rams Atmosferik Modelleme Sistemi'nin kestirdiği aylık bazda günlük sıcaklık ve yağış değerleri ortalamaları ile bunların farkları belirlenerek Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Terch-Rams Modeli 1994-2003 ve 2070-2079 Yılları Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) Değerleri ve Farkları

AYLAR	TERCH-RAMS Modeli Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) Değeri (1994–2003)	TERCH-RAMS Modeli Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) Değeri (2070–2079)	TERCH-RAMS Modeli 2070-2079 ile 1994-2003 Aylık Ortalama Sıcaklık Farkı (°C)
Ocak	9.91	11.43	1.52
Şubat	10.43	12.73	2.30
Mart	13.22	14.98	1.75
Nisan	18.58	21.52	2.94
Mayıs	26.51	27.34	0.82
Haziran	29.18	33.40	4.22
Temmuz	31.08	33.92	2.84
Ağustos	31.39	35.28	3.90
Eylül	26.97	30.58	3.61
Ekim	22.16	26.01	3.85
Kasım	14.71	17.70	2.99
Aralık	11.27	12.49	1.22

Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi'nin kestirdiği sonuçlara göre 1994-2003 yılları arasında en yüksek sıcaklık değeri Temmuz ayında 31.08°C ve 2070-2079 yıllar arasında ise Ağustos ayında 35.28°C'dir. Model, 1994-2003 ile 2070-2079 yıllar arasında en fazla sıcaklık farkını ise Haziran ayında 4.22°C olarak kestirmiştir.

Çizelge 4.8. Terch-Rams Modeli 1994-2003 ve 2070-2079 Yılları Arası Aylık Ortalama Yağış (mm/gün) Değerleri ve Farkları

AYLAR	TERCH-RAMS Modeli Günlük Ortalama Yağış (mm/gün) Değeri (1994–2003)	TERCH-RAMS Modeli Günlük Ortalama Yağış (mm/gün) Değeri (2070–2079)	TERCH-RAMS Modeli, 2070–2079 ile 1994–2003 Günlük Ortalama Yağış Farkları (mm/gün)
Ocak	2.81	2.78	-0.02
Şubat	2.91	3.18	0.27
Mart	2.01	1.13	-0.88
Nisan	2.34	1.07	-1.27
Mayıs	1.57	2.18	0.61
Haziran	0.52	0.06	-0.46
Temmuz	0.32	0.20	-0.12
Ağustos	0.37	0.42	0.05
Eylül	0.75	0.60	-0.16
Ekim	1.46	1.01	-0.45
Kasım	3.02	1.95	-1.08
Aralık	4.52	2.30	-2.22

1994-2003 yılları arası ortalama günlük yağış miktarı en fazla 4.52 mm/gün olarak Aralık ayında, 2070-2079 yılları arasında ise 3.18 mm/gün olarak Şubat ayında belirlenmiştir. Anılan yıllar arasında en fazla yağış farkı ise 2.22 mm/gün ile Aralık ayında kestirilmiştir.

#### 4.4. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Gelecek Yıllarda Koşulması

Terch-Rams Bölgesel Atmosferik Modelleme Sistemi'nin anılan yıllar arasında kestirdiği sıcaklık ve yağış değerleri arasındaki farklar, DIMAS projesinin yürütüldüğü 2006 yılındaki günlük minimum ve maksimum ortalama sıcaklık ile

ortalama yağış verilerine eklenerek belirlenen, gelecek yıllara ait sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Terch-Rams Modeli Kullanılarak Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Ortalama Maksimum ve Minimum Sıcaklık (°C) Sonuçları

AYLAR	TERCH-RAMS Modeli 2070-2079 ile 1994-2003 Günlük Ortalama Sıcaklık Farkı (°C)	DIMAS Projesi 2006 Yılı Günlük Ortalama Maksimum Sıcaklıklar (°C)	Gelecek Yıllara Ait Günlük Ortalama Maksimum Sıcaklıklar (°C)	DIMAS Projesi 2006 Yılı Günlük Ortalama Minimum Sıcaklıklar (°C)	Gelecek Yıllara Ait Günlük Ortalama Minimum Sıcaklıklar (°C)
Ocak	1.52	14.62	16.14	3.55	5.07
Şubat	2.30	16.29	18.59	5.73	8.03
Mart	1.75	19.97	21.73	8.23	9.98
Nisan	2.94	24.49	27.43	12.36	15.30
Mayıs	0.82	29.69	30.51	14.61	15.43
Haziran	4.22	27.71	25.93	9.38	13.60
Temmuz	2.84	33.65	36.49	22.84	25.68
Ağustos	3.90	35.01	38.91	23.84	27.74
Eylül	3.61	32.92	36.53	18.95	22.56
Ekim	3.85	27.64	31.49	16.48	20.33
Kasım	2.99	21.19	24.18	7.34	10.33
Aralık	1.22	17.63	18.85	3.14	4.36
<b>Ortalamalar</b>		<b>25.06</b>	<b>27.23</b>	<b>12.20</b>	<b>14.86</b>

Terch-Rams modelinin kestirdiği sonuçların 2006 yılı iklim verilerine eklenmesi sonucunda, en yüksek maksimum sıcaklık Ağustos ayında 38.91°C en yüksek minimum sıcaklık ise yine Ağustos ayında 27.74°C'dir. Projenin yürütüldüğü 2006 yılı ortalama maksimum sıcaklık 25.06°C iken gelecek yıllarda ise 2.17°C artarak 27.23°C olacağı sonucuna varılmıştır. 2006 yılı ortalama minimum sıcaklık 12.20°C gelecek yıllarda ise 14.86°C olacağı ve 2070-2079 yılları arasında minimum sıcaklıkların 2.66°C artacağı belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Terch-Rams Modeli Kullanılarak Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Ortalama Yağış (mm/gün) Sonuçları

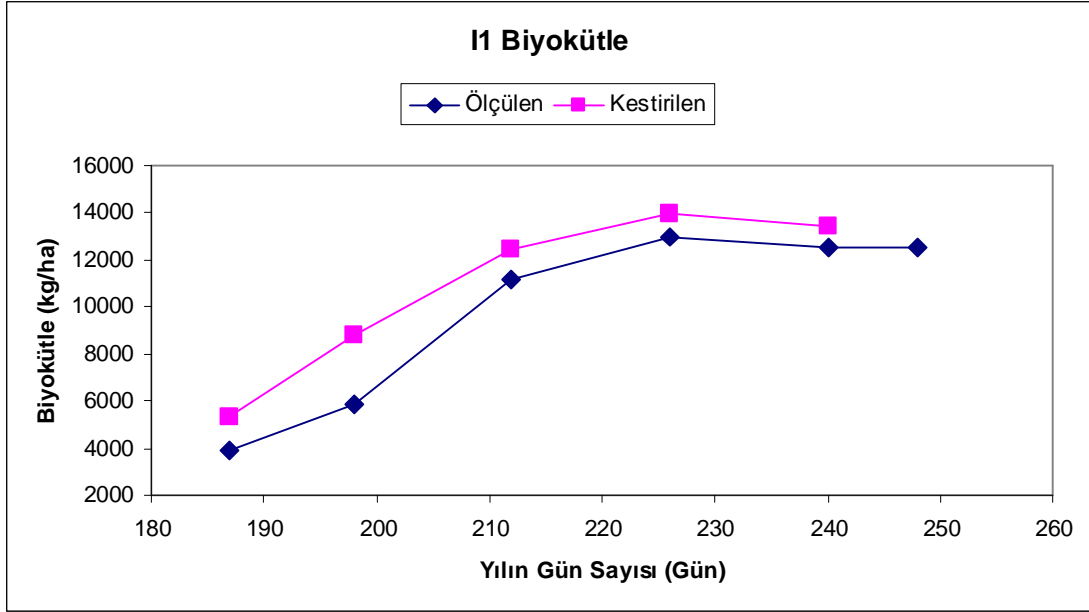
AYLAR	TERCH-RAMS Modeli 2070-2079 ile 1994-2003 Günlük Ortalama Yağış Farkı (°C)	DIMAS Projesi 2006 Yılı Günlük Ortalama Yağış (mm)	Gelecek Yıllara Ait Günlük Ortalama Yağış (mm)
Ocak	-0.02	1.23	1.21
Şubat	0.27	5.45	5.18
Mart	-0.88	2.05	1.17
Nisan	-1.27	0.43	0.00
Mayıs	0.61	0.81	0.20
Haziran	-0.46	2.13	1.67
Temmuz	-0.12	0.52	0.40
Ağustos	0.05	0.00	0.00
Eylül	-0.16	1.80	1.64
Ekim	-0.45	3.71	3.26
Kasım	-1.08	3.20	2.12
Aralık	-2.22	0.00	0.00
<b>Ortalamalar</b>		<b>1.77</b>	<b>1.40</b>

2006 yılı yağış ortalamaları 1.77 mm iken 2070-2079 yılları arasında ortalama yağışların %20 azalacağı ve 1.40 mm olacağı belirlenmiştir. Elde edilen gelecek yıllara ait sıcaklık ve yağış verileri ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 700 ppm olacağı senaryosunda bitki benzeşim tekrar koşulmuştur. Modelin kestirdiği sonuçlar ile günümüz ölçülen proje sonuçları karşılaştırılarak, iklim değişikliklerine bağlı olarak artan sıcaklık ve azalan yağışlar ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artışının pamuk bitkisi üzerindeki gelecek yıllarda olası etkileri belirlenmiştir.

#### 4.5. İklim Değişikliklerinin Pamuk Bitkisinin Büyümesi ve Gelişmesi Üzerindeki Olası Etkileri

##### 4.5.1. Biyokütle ile Verim Üzerindeki Olası Etkiler

Günümüz ölçülen proje sonuçları ile modelin kestirdiği gelecek yıllarda beklenen biyokütle karşılaştırılarak Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Biyokütle (kg/ha)

Modelin kestirdiği sonuçlara göre biyokütlenin 2070-2079 yılları arasında hasat zamanında %8'lik bir artış ile 12.952 kg/ha'dan 13.979 kg/ha'a çıkacağı belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> veya sıcaklık artışının pamuk bitkisi üzerinde ki etkilerine ilişkin çalışmalar yapılmaktadır ancak CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile sıcaklık artışının birlikte incelendiği çalışmalar yaygın değildir.

CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun sabit kalıp sadece sıcaklıkların arttığı koşullarda model sonuçlarına göre biyokütlenin günümüz ölçülen sonuçlara kıyasla hasat zamanında yaklaşık %21'lik azalma ile 9978 kg/ha olacağı belirlenmiştir. Sadece sıcaklıkların artması pamuk bitkisinde biyokütlenin azalmasına, sıcaklık artışı ile birlikte CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artması ise biyokütlerde artışların olacağı sonucuna varılmıştır.

Reddy ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada 21°C'ye göre 28°C'de yetiştirilen pamuk fidelerinin ilk 3 haftalık dönemde yaklaşık 4-6 kat daha fazla kuru madde biriktirdiklerini belirlemişlerdir. Pima pamuğu üzerinde Reddy ve ark. (1995) yaptıkları diğer çalışmada ise CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda ki artışın pima pamuğunda daha fazla koza oluşumuna neden olduğu sonucuna varmışlardır.

İklim değişikliklerinin pamuk bitkisinin verimi üzerinde etkileri ile günümüz koşullarındaki verimler Çizelge 4.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Gelecek Yıllarda II Konusundaki Verim (kg/ha)

Verim (kg/ha)	
Ölçülen (CO <sub>2</sub> 350 ppm)	3798 kg/ha
Kestirilen (CO <sub>2</sub> 350 ppm)	2492 kg/ha
Kestirilen (CO <sub>2</sub> 700 ppm)	3578 kg/ha

Modelin kestirdiği sonuçlara göre pamuk bitkisinde gelecek yıllarda verim yaklaşık %5'lik bir azalma ile 3798 kg/ha'dan 3678 kg/ha'a düşeceği sonucuna varılmıştır. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 350 ppm'de sabit kaldığı ve sıcaklıkların artırıldığı durumda ise modelin kestirdiği sonuçlara göre verimin gelecek yıllarda 2492 kg/ha olacağı belirlenmiştir.

İklim değişikliğine bağlı olarak gelecek yıllarda sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artması pamuk bitkisinin veriminde bir azalmaya neden olacağı sonucuna varılmıştır. CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun sabit kaldığı ve sıcaklıkların artırıldığı koşullarda verimde daha fazla azalma belirlenmiştir. Pamuk bitkisinde gelecek yıllarda sıcaklıkların artması verimde fazla bir azalmaya neden olurken CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artış verimde daha az bir azalmaya neden olmuştur. Gelecekte olası iklim değişikliklerinde pamuk bitkisinin verimine CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artış sıcaklıklardan daha baskın bir etkiye neden olacağı ve CO<sub>2</sub> miktarındaki artışın pamuk bitkisinde artan sıcaklıklara göre verimi artırıcı bir etkiye sahip olacağı belirlenmiştir.

Reddy ve ark. (2002) yılında yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 350 ppm'den 540 ppm'e yükseldiği ve diğer iklim öğelerinin sabit kaldığı koşullarda pamuk bitkisinin veriminde 1562 kg/ha'dan 1713 kg/ha'a yükseldiği sonucuna varmışlardır. Aynı artırılmış CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile birlikte diğer iklimsel koşulları dahil ettiklerinde ise verimin 1563 kg/ha'dan 1429 kg/ha'a düştüğünü belirlemişlerdir.

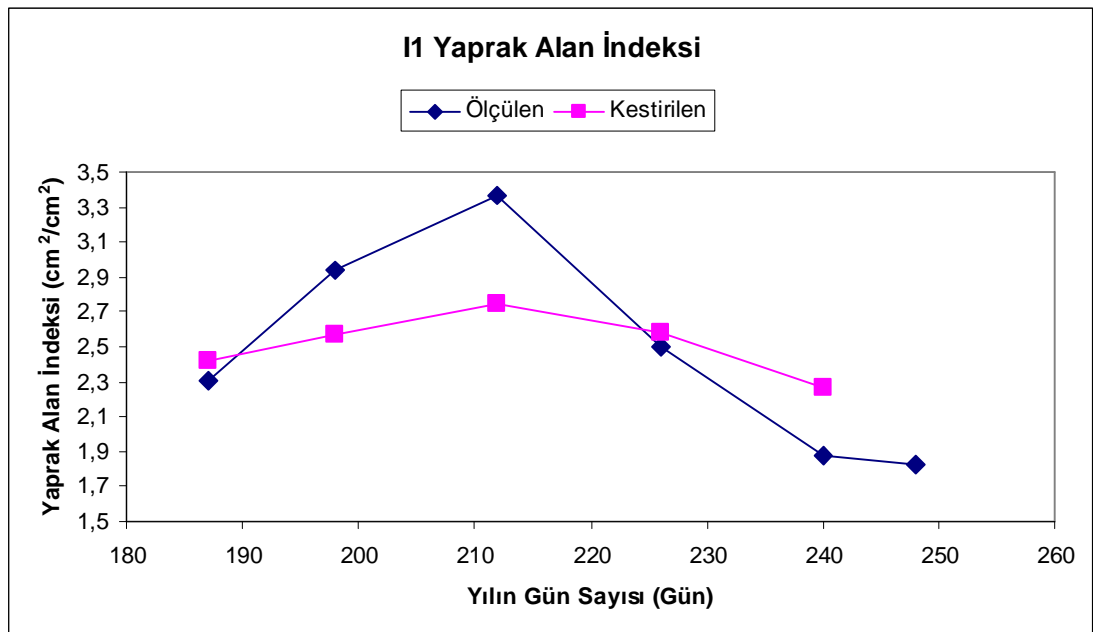
#### 4.5.2. Hasat İndeksi, Yaprak Alan İndeksi ve Bitki Boyu Üzerindeki Olası Etkiler

Kestirilen ve ölçülen hasat indeksi değerleri Çizelge 4.12.'de gösterilmiştir. Gelecek yıllarda pamuk bitkisinde biyokütlenin artacak olmasına karşılık verimin azalması hasat indeksinde günümüz koşullarına göre yaklaşık %15'e varan bir azalmaya neden olacağı belirlenmiştir. Sıcaklıkların artması bitkilerin fenolojik gelişimini ve olgunlaşma sürelerini azaltması verimde düşmelere neden olabileceği göz önüne alındığında pamuk bitkisinde verimin 2070-2079 yıllarında azalması beraberinde hasat indeksinde azalmalara neden olacağı belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Hasat İndeksi

Hasat İndeksi	I1
Ölçülen	0.304
Kestirilen	0.258

İklim değişikliklerinin pamuk bitkisinde yaprak alan indeksi üzerinde olası etkisi günümüz koşullarına göre kıyaslanarak Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Yaprak Alan İndeksi (cm<sup>2</sup> / cm<sup>2</sup>)

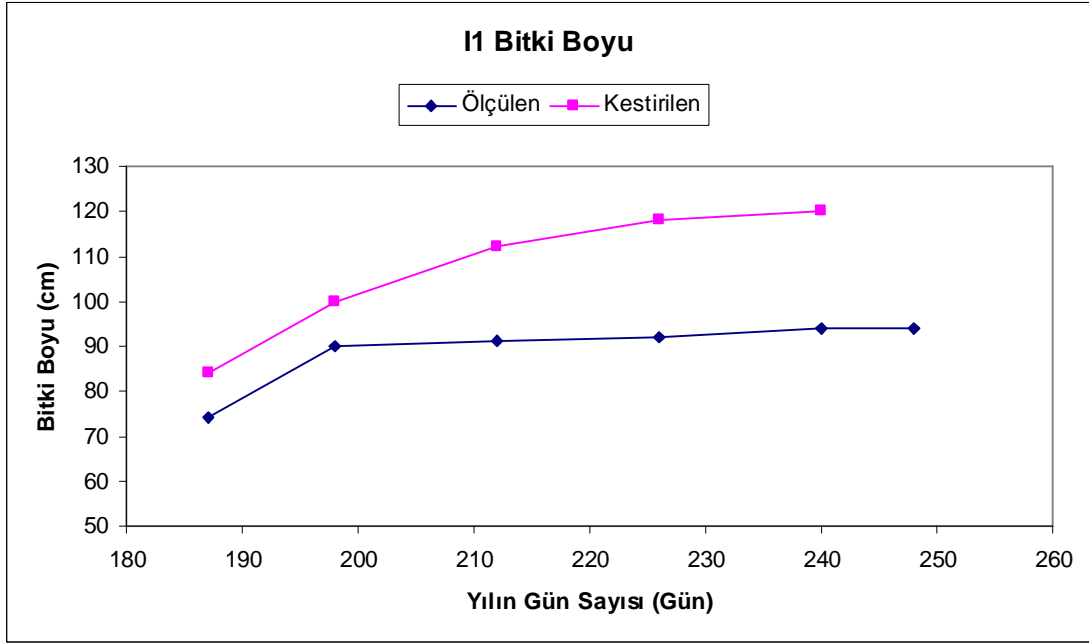
Günümüz koşullarında ölçülen yaprak alan indeksi en yüksek 212. günde  $3.37 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$  iken modelin kestirdiği sonuçlara en yüksek yaprak alan indeksi %19 azalma ile  $2.75 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$  olacağı belirlenmiştir. İklim değişikliklerine bağlı olarak sıcaklıkların ve özellikle  $\text{CO}_2$  miktarındaki artışın biyokütlede ve bitki boyunda artışlara neden olacağı göz önüne alındığında modelin gelecek yıllara ait yaprak alan indeksinde doğru kestirimler yapamadığı belirlenmiştir.

$\text{CO}_2$  miktarının 700 ppm olduğu koşullarda model maksimum yaprak alan indeksini  $2.86 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$  olarak kestirirken günümüz koşullarda  $\text{CO}_2$ 'nin 300 ppm'de sabit kaldığı koşullarda ise maksimum yaprak alan indeksi  $2.76 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$  olarak belirlenmiştir. İklim değişikliklerine bağlı olarak artan sıcaklıkların yanında  $\text{CO}_2$  konsantrasyonundaki artışlar yaprak alan indeksinde bir artışa neden olacağı sonucuna varılmıştır.

Reddy ve ark. (1994a)  $\text{CO}_2$  miktarı ve sıcaklıklardaki artışın pamuk bitkisinde yaprak oluşum hızı, yaprak büyüme hızı ve yaprak genişlikleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada,  $\text{CO}_2$  konsantrasyonundaki artışın yaprakların oluşum hızı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını yaprak büyüklükleri ile büyüme hızı üzerinde etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Yüksek sıcaklıkların yaprak sayısını artırdığı ve  $\text{CO}_2$  miktarının artmasının yaprak sayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı araştırmacılar tarafından ayrıca belirlenmiştir.

Reddy ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada yüksek  $\text{CO}_2$  miktarında daha fazla yaprak alanlar elde etmişlerdir. Ayrıca yine yüksek  $\text{CO}_2$  miktarında pamuk bitkisinin yapraklarında daha fazla stoma ve epiderm hücre oluştuğunu belirlemişlerdir.

I1 konusunda günümüz ile modelin kestirdiği gelecek yıllardaki bitki boyları sonuçları Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.



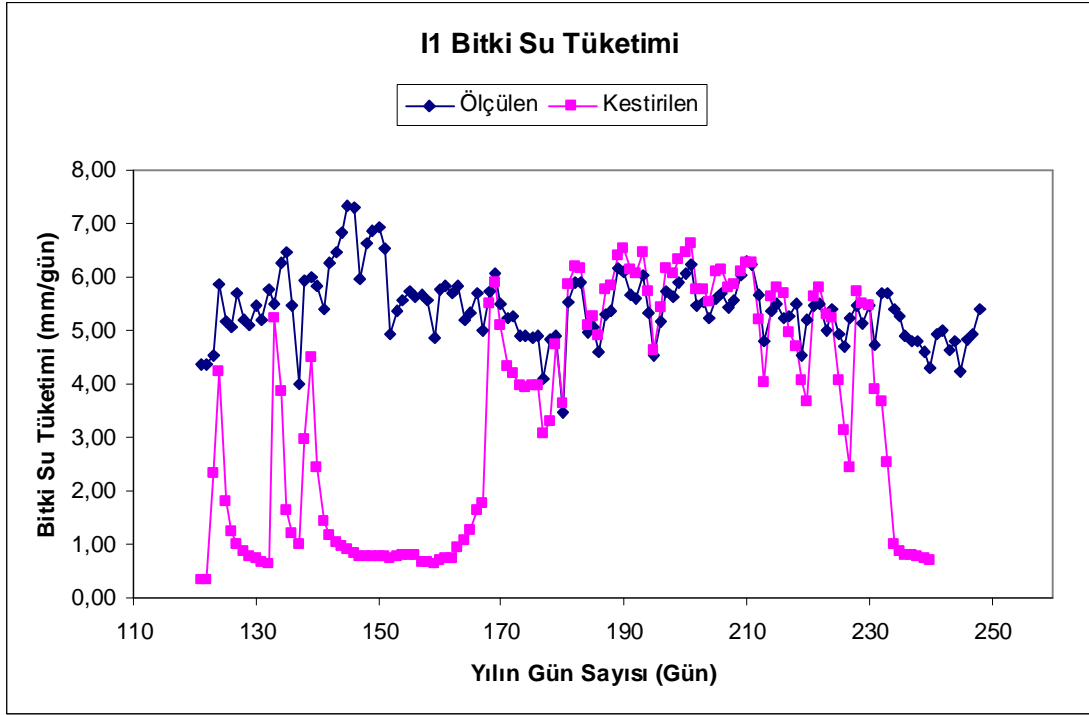
Şekil 4.8. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Bitki Boyu (cm)

Artan CO<sub>2</sub> miktarı pamuk bitkisinin ışıktan daha fazla yararlanarak yüksek fotosentez ile daha fazla kuru madde biriktirmesi beklenmektedir. 2070-2079 yıllarında pamuk bitkisinde bitki boyunun hasat döneminde en yüksek seviyede olacağı ve yaklaşık %27’lik bir artış ile 94 cm’den 120 cm’ye kadar artacağı belirlenmiştir. Gelecek yıllarda bitki boyunda günümüz koşullarına göre daha hızlı bir artış olacağı sonucuna varılmıştır.

Reddy ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, artan CO<sub>2</sub> koşullarında pamuk bitkisinin ışıktan %15-40 daha fazla yararlandıklarını ve buna bağlı olarak daha hızlı büyüyerek bitki boylarında artış olacağını ancak bu artışın hasat döneminde bitki boylarındaki farkın %5 seviyesinde kalacağını belirlemişlerdir.

#### 4.5.3. Bitki Su Tüketimi Üzerindeki Olası Etkiler

Günümüz proje sonuçları ile gelecek yıllarda modelin kestirdiği bitki su tüketimi değerleri Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Günümüz ve Gelecek Yıllarda I1 Konusundaki Bitki Su Tüketimi (mm/gün)

Gelecekte günlük yağış ortalamalarının en düşük ve minimum ile maksimum sıcaklıkların en yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında pamuk bitkisinin günlük su tüketiminin en yüksek değerlerde olacağı sonucuna varılmıştır.

2070-2079 yıllarında iklim değişikliklerine bağlı olarak pamuk bitkisinin su tüketim değerlerine göre gelecek yıllarda özellikle ilk çiçek açmanın olduğu yılın 170. günü ile hasat zamanına yakın yılın 230. gününde, günümüz koşullarına bir farklılığın olmayacağı sonucuna varılmıştır. Kestirilen ve günümüzde ölçülen bitki su tüketimlerine %5 önem seviyesinde z-testi uygulanmıştır. Gözlemlenen veri sayısının 30'dan fazla olması istatistiksek açıdan z-testinin kullanılmasının daha uygun olduğu görülmüştür. Uygulanan z-testi sonuçları Çizelge 4.13.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Ölçülen ve Gelecek Yıllar İçin Kestirilen Bitki Su Tüketimine İlişkin z-testi Sonucu

Parametre	Ölçülen		Kestirilen		z-değeri
	Ortalama Değer	Varyans	Ortalama Değer	Varyans	
Bitki Su Tüketimi (mm/gün)	5.426	0.280	3.417	2.758	0.00

\* %5 önem seviyesinde test edilmiştir.

z-testi sonucuna göre 2070-2079 yılları arasında kestirilen ve günümüz koşullarında ölçülen bitki su tüketimlerinde yılın 170. ve 230. günleri arasında %5 önem seviyesinde bir farklılık görülmemiştir.

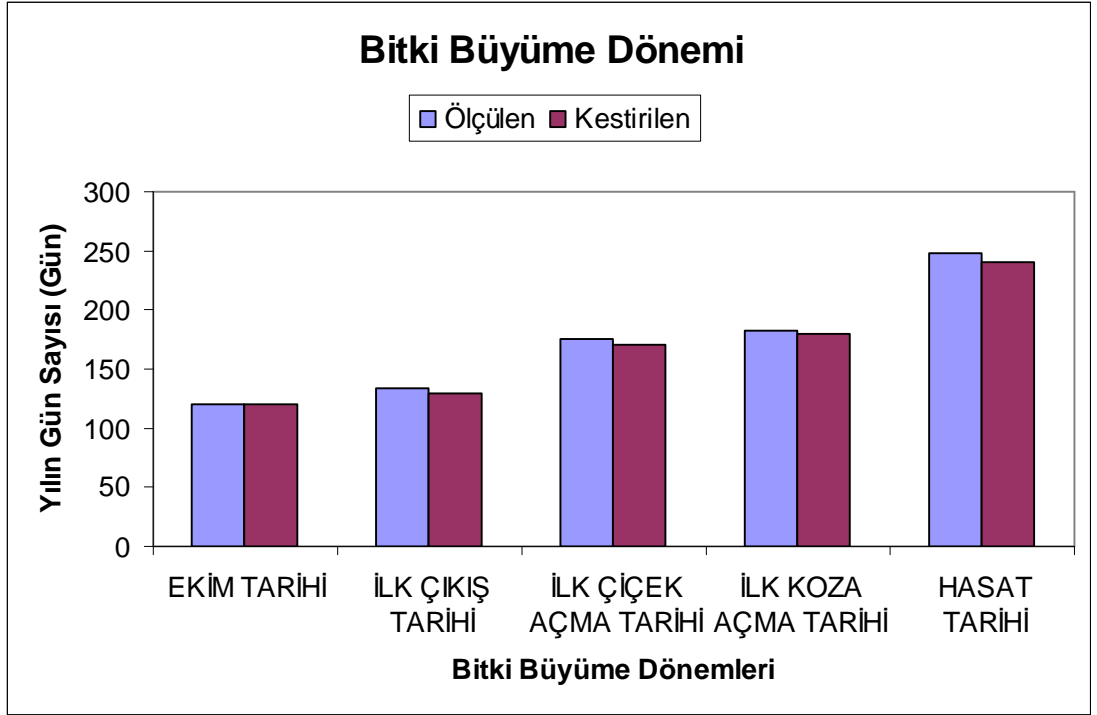
Hunsaker ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 370 ppm'den 550 ppm'e çıkarıldığı koşullarda pamuk bitkisinin su tüketim değerlerinde %5 önem seviyesinde bir farklılık olmadığını ve CO<sub>2</sub> miktarındaki artışın bitki su tüketimini artırmayacağını belirlemişlerdir.

Gelecek koşullarda CO<sub>2</sub> miktarı ve sıcaklıkların arttığı yağışların ise değişmediği durumda ise bitki su tüketiminin arttığı belirlenmiştir. Pamuk bitkisinin ekiminden ilk çiçek açmanın olduğu zamana kadar ve hasat edildiği tarihlerde bitki su tüketiminde gelecek yıllara göre azalmalar belirlenmiştir.

TÜBİTAK ile RIHN (Research Institute for Humanity and Nature) tarafından 2002-2007 yılları arasında yürütülen Kurak Alanlarda İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Sistemlerine Etkisi (ICCAP, 2007) projesi sonuçlarına göre iklim değişikliklerinin, Seyhan Havzası su kaynaklarında bir azalmaya neden olacağı, bitkilerin doğal ve tarımsal su gereksinimlerinde artış meydana gelebileceği ve gelecekte sulama yöntemlerinin büyük önem kazanacağı belirlenmiştir.

#### 4.5.4. Bitki Büyüme Periyodu Üzerindeki Olası Etkiler

Günümüzde ölçülen sonuçlar ile modelin kestirdiği gelecek yıllardaki bitki büyüme dönemleri Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



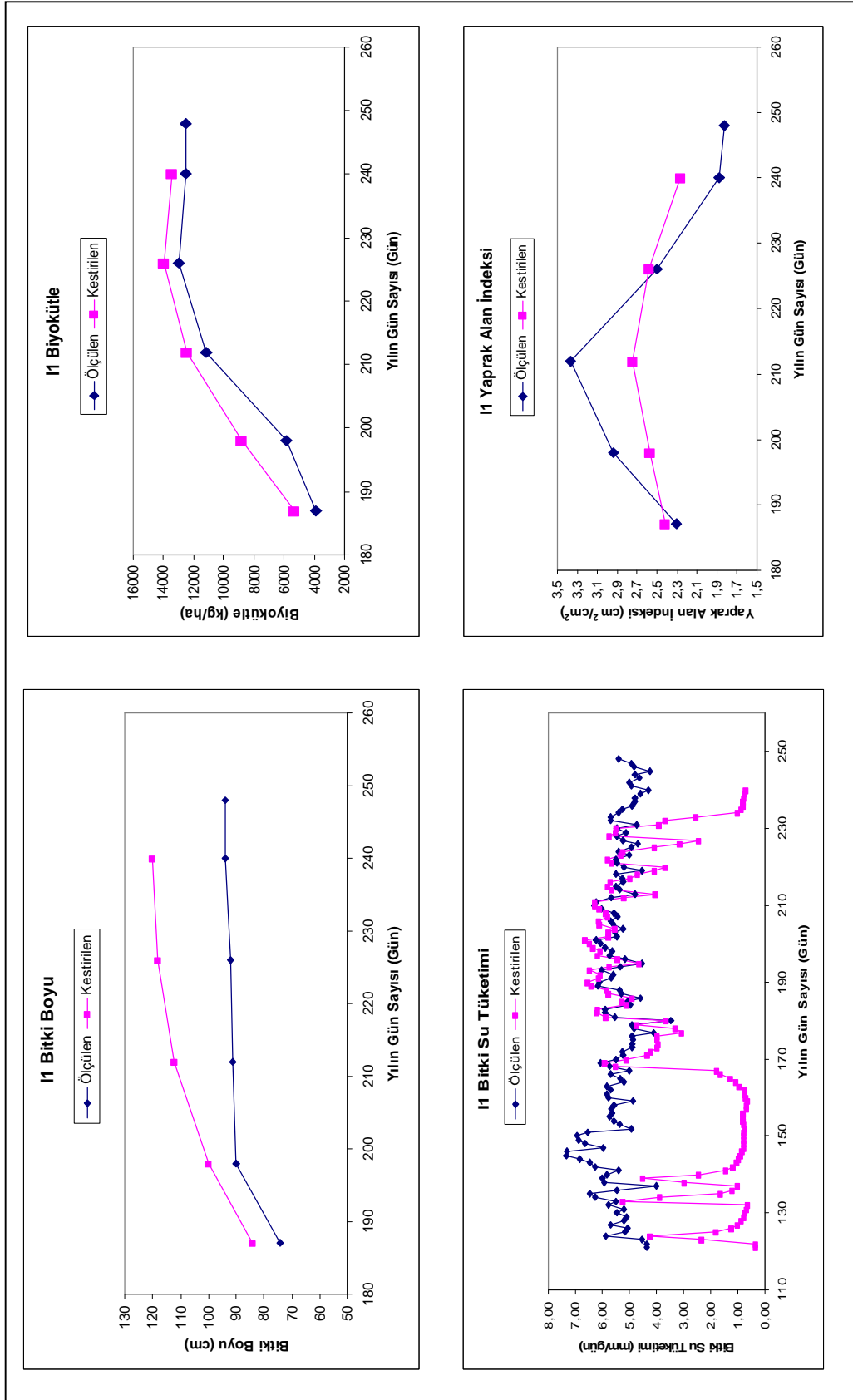
Şekil 4.10. Günümüz ve Gelecek Yıllarda Bitki Büyüme Dönemleri (gün)

Günümüz koşullarında ilk çıkış tarihi yılın 133. gününde meydana gelirken iklim değişikliklerine etkisi altında pamuk bitkisinde ilk çıkış tarihi yılın 129. gününe gelmektedir. 2070-2079 yıllarında ilk çiçek açma tarihi yılın 175. gününden yine 4 gün geriye gelerek yılın 171. gününde olacağı belirlenmiştir. Günümüzde ilk koza yılın 182. gününde açarken model sonucuna göre 3 gün geriye gelerek 179. günde açacağı belirlenmiştir. Gelecekte olası iklim değişikliklerinin etkisi altında pamuk bitkisinin hasat tarihi yılın 248. gününden 8 gün geriye gelerek yılın 240. gününde olacağı sonucuna varılmıştır. Fizyolojik olgunluk süresi ise 127 günden 99 güne düşeceği belirlenmiştir.

2070-2079 yılları arasında minimum ve maksimum sıcaklıklardaki artış bitkinin büyüme periyodu boyunca etki ederek iklim değışikliklerinin etkisi altında pamuk bitkisinin büyüme dönemleri kısılacaktır. Pamukta olası verim düşüşlerine bitki büyüme periyotlarının kısılması neden olacaktır. Gelecek yıllarda pamuk bitkisinde biyokütlenin artması, artan sıcaklık ve CO<sub>2</sub> miktarının yanı sıra bitki büyüme periyodunun kısılmasına bağılı olarak bitkinin fotosentez ile kuru madde üretimi elde edeceği sürenin kısılmasının da büyük bir payı olacaktır.

Halevy ve ark. (1998) yılında yaptıkları çalışmada taraklanma, çiçeklenme ve olgunlaşma gün sayılarının sıcaklık arttıkça azaldığını ayrıca çiçeklenme-koza açma süresinin ise 107 gün azaldığını belirlemişlerdir.

Reddy ve ark. (1999) CO<sub>2</sub> miktarının 720 ppm olduğu ve sıcaklıkların arttığı koşullarda pamuk bitkisinde kozaların olgunlaşma periyodunu incelemişlerdir. Sıcaklıklardaki artışların kozaların olgunlaşma periyodunu azalttığını CO<sub>2</sub> miktarındaki değışimlerden ise etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Araştırmacıların 2002 yılında yaptıkları bir diğerk çalışmaya göre sıcaklık artışları sonucunda pamuk bitkisinin büyüme gelişme hızlarında artışlar meydana geleceğı belirlenmiştir.



Şekil 4.1.1. Cropgro Bitki Benzeşim Modelinin Gelecek Yıllarda Koşulması



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bitki benzeşim modelleri, çalışıldığı koşullar ve bitkiler ile ilgili bir çok çalışmalarda gelecek yıllar için olası sorunların çözümünde önemli bir yere sahip olacaktır. Dünyada bitki benzeşim modelleri ile ilgili çalışmalar aratarak devam etmekte iken ülkemizde yeteri kadar çalışma bulunmamaktadır. Aşağı Seyhan Ovası gibi iklim değişikliklerinin etkilerinin fazlaca hissedileceği bölgelerde iklim değişikliklerinin olası etkilerinin incelenmesinde bitki benzeşim modellerinin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Ayrıca bitki benzeşim modelleri ile yapılacak çalışmalarda diğer ülkelerde yapılmış olan çalışmalar dikkatlice irdelenip, kullanmayı düşündüğümüz bitkiye dair yeterince fizyolojik bilgiler elde edilmelidir. Model çalışmalarında kullanılan bitki çeşidine göre katsayıların seçimi hususunda dikkatli davranılmalı ve doğru sonuçlar elde edilmesi amacıyla modelin doğrulanması yoluna gidilmelidir.

Bitki benzeşim modellerinin çalıştığı yöreye göre bitki genetik katsayılarının geliştirilmesi konusu büyük bir öneme sahiptir. Çalışmaların yapıldığı bölgelerin iklimsel özellikleri ile çalışılan bitkilerin çeşit ve türleri, model çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde bitki benzeşim modeli çalışmalarının yürütülmesi ve yaygınlaştırılması, oluşacak sorunların giderilmesi amacıyla teknik bir ekibin kurulması ve tarımsal araştırmalara daha fazla yatırım yapılması konuları üzerinde önemle durulmalıdır.

Ülkemiz için stratejik bir önemi olan pamuk bitkisinin sıcaklık artışı ve yağışların azalması ile CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artışına karşı vereceği tepkiler incelenerek üretim stratejileri geliştirilmelidir. Yetiştirme teknikleri ve farklı çeşitlerin seçimi iklim değişikliklerine bağlı su kaynaklarının kıtlığı da göz önüne alındığında büyük önem oluşturmaktadır. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı çeşitlerin seçimine dikkat edilmesi, ekim ve hasat tarihlerinin sıcaklık artışlarına göre düzenlenmesi giderek önemini artırmaktadır.

İklim değişikliklerinin Aşağı Seyhan Ovası'nda sıcaklıkların artmasına ve yağışların azalmasına neden olacaktır. Yağışların azalması kuraklık sorununu ortaya çıkaracaktır. Yağışlarda ki azalma aynı zamanda yer altı su kaynaklarını etkileyecek

ve belki de olası değişiklikler üreticileri yeni su kaynakları bulmasına neden olacaktır. Sulama suyuna olan ihtiyacın artması su kaynaklarının kapasitesi açısından büyük sorun teşkil edecektir.

Su kaynaklarının kıtlığı göz önüne alındığında geleneksel sulama yöntemlerinin yerini basınçlı sulama sistemlerinin ve özellikle suyu daha etkili kullanımla sulama yönteminin tercih edilmesi gerekmektedir. Üretimde seçilecek bitki çeşitlerinin sıcaklığa ve kuraklığa daha dayanıklı çeşitler olması gerekmektedir. Sulama suyunun daha etkin kullanılması için arazi içerisinde iyi bir tesviyenin olması ayrıca sürümlerin arazide eğime dik olarak yapılması gerekmektedir. Olası iklim değişikliklerine karşı arazi içerisinde yapılması gerekenlere karşı üretici bilinçlendirilmeli ve anılan konuların önemi anlatılmalıdır. Su kaynaklarının daha etkin kullanılabilmesi amacıyla iletim kayıpları en aza indirgenmelidir.

İklim değişikliklerinin pamuk bitkisi üzerindeki olası etkileri Aşağı Seyhan Ovası'nda sulanabilir pamuk alanlarında fazlaca görülecektir. 2070-2079 yılları arasında minimum ve maksimum sıcaklıklardaki artış buharlaşmanın artmasına neden olacaktır. Yağışların azalması ve buharlaşmanın artması ile bitkilerin gereksinim duyduğu sulama suyu miktarlarında artışlar meydana gelecektir. Aşağı Seyhan Ovası'nın sulanabilir pamuk alanlarında üreticiler daha fazla sulama suyuna ihtiyaç duyacaklar ve olası kuraklıklar dikkate alındığında ihtiyaçların karşılanmasında su kaynakları yetersiz kalacaktır.

2070-2079 yılları arasında Aşağı Seyhan Ovasında üreticiler pamuk üretimine devam edebilecek ancak ekim ve hasat tarihlerini artan sıcaklıklara göre değiştirmek zorunda kalacaklardır. Olası sıcaklık artışlarında oluşabilecek zararlılara ve sıcaklık artışlarına karşı daha dayanıklı çeşitleri seçmek durumunda kalacaklardır. İklim değişiklikleri konusu kompleks bir yapıya sahip olup gelecekte pamuk üretimine ilişkin çalışmaların yoğunlaştırılması ve adaptasyon stratejilerinin belirlenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Kısa ve uzun vadede düşünülmesi gereken adaptasyon stratejileri kapsamında;

- Su kaynaklarının kıtlığı göz önüne alındığında yüzey akışlarının en aza indirgenmesi amacıyla pamuk üretiminin yapıldığı arazilerde tesviye yapılması,
  - Ekim deseni ve arazi içerisindeki sürümlerin eğime dik yapılması,
  - Bitkinin ihtiyaç duyduğu kadar suyun doğru zamanda verilmesi,
  - Sıcaklık ve kuraklığa dayanıklı bitki türlerinin seçilmesi,
  - Bitkilerin sudan daha etkin yararlanması amacıyla sık dikim yapılmaması,
  - Su kaynaklarının daha etkin kullanılması amacıyla damla sulama yönteminin, belirlenmesi ve infiltrasyon hızına uygun damlatıcı arası mesafelerin seçimi,
  - Atmosfere verilen CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını azaltıcı ülkeler arası stratejilerin belirlenmesi,
  - Üreticilerin daha çok sulama suyuna ihtiyaç duyması ve desteklenmesi amacıyla su fiyatlandırma politikalarında düzenlemelerin yapılması,
- konuları üzerinde önemle durulmalıdır.



## KAYNAKLAR

- AKITA, S., MOSS, D. N., 1972. Differential Stomatal Response Between C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Species to Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration and Light. Crop Science Society of America. 12:789-793.
- ALEXANDROV, V.A., HOOGENBOOM, G., 2000. The Impact of climate Variability and Change on Crop Yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology. 104, p. 315- 327.
- ANONİM., 2001. [www.zmo.org.tr/resimler/ekler/8d437661d952917\\_ek.pdf?tipi...](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/8d437661d952917_ek.pdf?tipi...)
- BOOTE, K. J., JONES, J. W., HOOGENBOOM, G., BATCHELOR, W. D., PORTER, C. H., 2004. Cropgro Plant Growth And Partitioning Module. Agricultural and Biological Engineering Department Research Report No 2000-1204. University of Florida, Gainesville, Florida.
- BURKE, J. J., MAHONY, J. O., 2001. Protective Role İn Acquired Thermotolerance Of Developmentally Regulated Heat Shock Proteins İn Cotton Seeds. The Journal Of Cotton Science, 5:174-183.
- CLOUSE, R.W., 2006. Spatial Application Of A Cotton Growth Model For Analysis Of Site-Specific Irrigation In The Texas High Plains. Graduate Studies of Texas A&M University Ph.D thesis.
- DEMİR, İ., KILIÇ, G., COŞKUN, M., 2008. PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye İçin İklim Öngöruları: HadAMP3 SRES A2 Senaryosu, IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 365-373. İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- DOĞAN, E., KAHRAMAN, A., KIRNAK, H., BUCAK, B., TONKAZ, T., 2008. Maksimum ve Minimum Sıcaklıklar ile Karbondioksit Oranlarında Meydana Gelen Artışların Nohut (*Cicer Arietinum L.*) Verim ve Verim Parametrelerine Etkisi: DSSAT Simülasyon Çalışması. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (1), 63-69.

- DOHERTY, R., M., MEARNS, L., O., REDDY, K., R., DOWNTOWN, M., W.,  
McDANIEL, L., 2003. Spatial scale effects of climate scenarios on simulated  
cotton production in the southeastern U.S.A. *Climatic Change*, 60:99-129.
- GARCIA, A., Axel 2005. The Potential Of A Decision Support System To Simulate  
Irrigation Scheduling In Southwest Georgia. *Proceedings of the 2005  
Georgia Water Resources Conference*. April, 25-27.
- HAKE, K. D., KERBY, T. A., HAKE, S. J., BENTLEY, W., GOODELL, P. B.,  
VARGAS, R. N. 1996. Cotton Crop Problems. *Cotton Production Manual*.  
Uni., of California, Division of Agr. and Natural Resources, Publication,  
3352. 82-110 p.
- HALEVY, J., BAZELET. M., 1998. Fertilizing for High Yield and Quality. *IPI Bulletin  
2. International Potash Ins. Bern, Switzerland*.
- HALL, A. E., ALLEN, L. H., 1993. Hall, A.E., Allen Jr., L.H., 1993. Designing  
Cultivars For The Climatic Conditions Of The Next Century. In:  
*International Crop Science 1, Crop Science Society Of America, Madison*.
- HOOGENBOOM, G., JONES, J.W., BOOTE, K.J., 1991. A Decision Support System  
For Prediction Of Corn Yield, Evapotranspiration And Irrigation  
Management, *Irrigation And Drain*. 198-204 p.
- HUNSAKER, D. J., HENDREY, G. R., KIMBALL, B. A., LEWIN, K. F., MAUNEY,  
J. R., NAGYJ., 1994. Cotton Evapotranspiration Under Field Conditions  
With CO<sub>2</sub> Enrichment And Variable Soil Moisture Regimes. *Agricultural and  
Forest Meteorology*. Vol. 70:247-258p.
- ICCAP., 2007. Impact Of Climate Changes On Agricultural Production System in Arid  
Areas (ICCAP). Kurak alanlarda İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim  
Sistemlerine Etkisi. "ICCAP Project:Turkish Group Final Reports". Research  
Institute for Humanity and Nature (RIHN); The Scientific and Technological  
Research Council of Turkey (TÜBİTAK). Edit by Research Team for thr  
ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 11, March 2007(b), 188 p.

- IPCC, 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. J.T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callender, N.Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell. (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 572 pp.
- İDEAÇĞ, 2006. İklim değişikliğinin etkilerinin araştırılması çalışma grubu güncellenmiş rapor. Nisan, 2006, Ankara.
- KAPUR. B., TOPALOĞLU. F., ÖZFİDANER. M., 2007. Çukurova Bölgesi'nde Küresel İklim Değişikliği ve Buğday Verimliliği Üzerine Etkilerine Genel Bir Yaklaşım. Uluslar arası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı 18-20 Ekim, Konya.
- KIMURA. F., 2005. Trend In Precipitation During The Next 80 Years In Turkey Estimated By Pseudo Warming Experiment In: Research Team for the ICCAP Project (ed.), The Progress Report of ICCAP, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan, (2005), pp11-12.
- MASTRORILLI, M., KATERJI, N., NAUNA, B., 2000. Evaluation of Ceres-Maize model in semi-arid Mediterranean environment. 3rd International Crop Science Congress. August, 17-22, Germany .
- MOR, A., 2005. Bitki - İklim Modeli Dssat Kullanılarak Bursa'da Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Analizi. Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu-Doktora Tezi.
- NOUNA, B., B., KATERJI, N., MASTRORILLI, M., 2000. Using the Ceres-Maize model in a semi-arid mediterranean environment: evaluation of model performance, European Journal of Agronomy 13: 309 322.
- OKAY, D., DEMİRTAŞ, Ç., 2007. Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO<sub>2</sub> Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 17(2): 81-87.

- ÖZKUL, S., FISTIKOĞLU, O., HARMANCIOĞLU, N., 2008. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes Örneğinde Değerlendirilmesi. Cilt:2. s.309. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı. (20-22 Mart 2008).
- ÖZTÜRK, K., 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22:47-65.
- PANDA, R. K., BEHERA, S. K., KASHYAP, P. S., 2004. Effective Management Of Irrigation Water For Maize Under Stressed Conditions. Agricultural Water Management. 66, 181-203.
- PASQUI. M., GOZZINI. B., GRIFONI. D., MENEGUZZO. F., MESSERI. G., PIERI. M., ROSSI. M., ZIPOLI. G., 2000. "Performances Of The Operational RAMS in a Mediterranean Region As Regards to Quantitative Precipitation Forecasts. Sensitivity of Precipitation And Wind Forecasts To The Representation Of The Land Cover". Proceedings of "4th RAMS Users Workshop", Cook College - Rutgers University. , 22-24 May 2000, New Jersey, USA.
- PASQUI. M., GRIFONI. D., MARACCHI. G., MENEGUZZO. F., MESSERI. G., MONTAGNANI. S., REDINI. M., ROSSI. M., TODINI. F., 2002. "Historical Severe Floods Prediction With Model RAMS Over Central Italy". 5th RAMS Users Workshop", Santorini, Greece.
- PASQUI. M., TREMBACK. C.J., MENEGUZZO. F., GIULIANI. G. GOZZINI. B., 2004a A Soil Moisture Initialization Method, Based On Antecedent Precipitation Approach, For Regional Atmospheric Modeling System: A Sensitivity Study On Precipitation And Temperature. 18th Conf. On Hydrology, AMS, Seattle.
- PASQUI. M., PASI. F., GOZZINI. B., 2004b. Sahara dust impact on precipitation in Severe Storm Events Over West Central Mediterranean Area. 14th International Conf. On Cloud And Precipitation, Bologna, Italy

( <http://www.isac.cnr.it/~iccp/>).

- REDDY, V. R., REDDY, K. R., ACOCK, B., 1994a. Carbon Dioxide and Temperature Effects On Cotton Leaf Initiation And Development. *Biotronics* Vol. 23:59-74p.
- REDDY, V. R., REDDY, K. R., ACOCK, M. C., TRENT A., 1994b. CO<sub>2</sub> Enrichment and Temperature Effects on Root Growth in Cotton. *Biotronics* Vol. 23:47-53.
- REDDY, K. R., HODGES, H. F., McKinion, J. M., 1995. Carbon dioxide and temperature effects on Pima Cotton Development. *Agronomy Journal* 87, 820826.
- REDDY, K. R., ROBANA, R. R., HODGES, H. F., LIU, X. J., McKinion, J. M., 1998. Interactions of CO<sub>2</sub> Enrichment And Temperature On Cotton Growth And Leaf Characteristics. *Environmental and Experimental Botany*. 39:117–129.
- REDDY, K., R., DAVIDONIS, G., H., JOHNSON, A., S., VINYARD, B., T., 1999. Temperature Regime And Carbon Dioxide Enrichment Alter Cotton Boll Development And Fiber Properties. *Agronomy Journal*. 91:851-858.
- REDDY, K. R., HODGES, H. F. KIMBALL, B. A., 2000. Crop Ecosystem Responses to Climatic Change: Cotton. CABInternational 2000. *Climate Change and Global Crop Productivity*. 161-187 p.
- REDDY, K. R., DOMA, P. R., MEARNNS. L. O., BOONE, M. Y. L., HODGES, H. F., RICHARDSON, A. G., KAKANI, V. G., 2002. Simulating the Impacts of Climate Change on Cotton Production in the Mississippi Delta. *Climate Research*. Vol. 22: 271-281.
- SAKA, A., R., KUMVENDO, J., THORNTON, P., K., SINGH, U., DENT, J., B., CRASWEL, E., SIMPSON, J., 1994. Modelling of maize growth and development in Malawi, soil fertility and climatic constraints in dryland agriculture. *Proceeding of ACIAR-SACCAR workshop*. August, September, 30-1, Harare, Zibabwe. 39-43 p.

- SAU, F., BOOTE, K., J., BOSTICK, W., M., JONES, J., W., MINGUEZ, M., I., 2004. Testing and improving evapotranspiration and soil water balance of the Dssat crop models. *Agronomy Journal*, 96:1243-1257.
- SEZGİN, F., 1999. Simülasyon tekniği ve tarımda uygulanişı. 3. Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyomu, 4-6 Ekim 1999, Adana.
- SOYKAN, İ., 1995. Dünyada İklimsel Değişimler. Köy Hizmetleri Su Yönetimi Araştırmaları Grup Toplantısı, Konferans, Menemen.
- SOLER, C.M.T., HOOGENBOOM. G. 2007. Simulating Cotton Growth and Development under Different Irrigation Scheduling Regimes. Department of Biological and Agricultural Engineering, The University of Georgia, Griffin, Georgia, USA.
- ŞEN, B., TOPÇU, S., GIORGI, F., BI, XUNQIANG., KANIT, E. G., DALKILIÇ, T., 2008. Seyhan Havzasında İklim Değişikliğinin Tarımsal Su Kullanımına Etkileri. Cilt:1. s.71. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı. (20-22 Mart 2008).
- TÜRKEŞ, M., 1997. Hava ve iklim kavramları üzerine: TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355:36-37.

## **ÖZGEÇMİŞ**

04/09/1982 yılında Gaziantep'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gaziantep'te tamamladı. 2002 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi Programına başladı ve 2006 yılında mezun oldu. Aynı yılda Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim dalında Yüksek Lisans'a başladı.