



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TARIMSAL ARAŞTIRMA VE UYGULAMA
MERKEZİNDE BİTKİ-İKLİM MODELLEMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

DİLRUBA TATAR

109719

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

109719

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
2001**

ÖZET

Bu çalışmada, DSSAT V 3 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 3) paket programı kullanılarak, Bursa ve yöresinde yetiştirilen Pehlivan buğday çeşidine ilişkin bitki gelişimi benzetim modellemesi ile verim tahminlemesi yapılmış, toprak, bitki ve iklim etkileşimlerinin bitki gelişimine olan etkileri ve bitki gelişimini sınırlayıcı etkileri incelenmiştir.

Dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan çalışmalar sonucunda ortalama sıcaklığın, 2⁰C~4⁰C artacağı beklentisi göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama sıcaklığın 1⁰C, 2⁰C, 3⁰C ve 4⁰C artması koşullarında bitki gelişiminde nasıl bir etki yapacağı sınınanmıştır. Bursa koşullarında, buğday bitkisinin sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100'ü kadar uygulanmış, bitki verimi ve gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Sonuç olarak, sıcaklık artışlarının ve su eksikliğinin bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği, verimde azalmalara neden olduğu sonucu elde edilmiştir. Bitkinin duyarlı olduğu çiçeklenme ve başaklanma dönemlerinde toprakta eksilen nemin tamamının karşılanmasının uygun olacağı sonucu ortaya çıkmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Bitki Gelişimi Benzetim Modellemesi, DSSAT, Buğday, Verim Tahmini, Sulama

ABSTRACT

In this study, crop yield estimation of Pehlivan type of wheat cultivated in Bursa was made through Crop-Growth Simulation Modelling and the effects of soil, crop and climate relationships on crop growth were investigated by DSSAT V 3 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 3) software package.

Considering the average temperature increase would be 2^oC~4^oC per year according to the global temperature estimation studies, it is tested that how annual average temperature effects to the crop growth in the case of 1^oC, 2^oC, 3^oC and 4^oC increase in temperature. A certain amount of irrigation water equivalent to 50 % and 100 % of irrigation water requirements of wheat was applied and effects of both irrigation water applications on crop yield and growth were investigated in Bursa conditions.

As a result, it is found out that temperature increases and water deficit negatively effect the crop growth and cause the decrease in crop yield. Beside that, soil moisture deficit should be met during flowering and earing in which crops are more sensitive.

KEY WORDS: Crop Growth Simulation Modelling, DSSAT, Wheat, Crop Yield Estimation, Irrigation

İÇİNDEKİLER	Sayfa
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Bitki Gelişimi Benzetim (Simülasyon) Modelleri	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Araştırma Alanı Özellikleri	19
3.1.1.1. Konum	19
3.1.1.2. İklim Özellikleri	21
3.1.1.3. Toprak Özellikleri	23
3.1.1.4. Tarımsal Yapı ve Üretim	24
3.1.2. Veri Tabanı	25
3.1.2.1. Bitki Veri Tabanı	25
3.1.2.2. İklim Veri Tabanı	27
3.1.2.3. Toprak Veri Tabanı	28
3.2. Yöntem	30
3.2.1. DSSAT Bilgisayar Programı Genel Özellikleri	30
3.2.2. Bitki Benzetim Model Yapısı	32
3.2.3. Bitki Gelişimi Benzetim Modeli	35
3.2.3.1. Ana Modül	36
3.2.3.2. Girdi Modülü	36
3.2.3.3. Bitki Benzetim Modülü	37
3.2.4. Programda Oluşturulan Temel Veri Tabanı	39
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	43
4.1. Buğdayın Bitki Gelişme Dönemlerinin Belirlenmesi	43
4.2. Sıcaklık Artışı ve Sulama Uygulamalarının Verim Üzerindeki Etkisi	45
4.3. Sıcaklık Artışı ve Sulama Uygulamalarının Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi	47
4.3.1. Çiçeklenme Zamanı	47
4.3.2. Fizyolojik Olgunluk	48
4.3.3. Dane Ağırlığı	49
4.3.4. Hasat İndeksi	50

4.3.5. Metrekarede Başak Sayısı	51
4.3.6. Kuru Madde Miktarı	53
4.3.7. Bitki Gelişme Dönemlerinde Evapotranspirasyon	55
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
TEŞEKKÜR	66
ÖZGEÇMİŞ	67
EKLER	68

ŞEKİLLER DİZİNİ	Sayfa
Şekil 3.1. Araştırma Alanı Toprak Etüd ve Topoğrafik Haritası	20
Şekil 3.2. Bitki Modellerinde Kullanılan Girdi, Çıktı ve Deneme Veri Dosya Yapısı	34
Şekil 3.3. DSSAT v3 Bitki Benzetim Modeli Bilgi Akışı	35
Şekil 3.4. DSSAT v3 Bitki Benzetim Modülleri ve Girdi/Çıktı Dosyalarının İşleyişi	38
Şekil 4.1. Buğday Bitkisinin Gelişme Dönemleri	44
Şekil 4.2. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Verim Değişimi	46
Şekil 4.3. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Dane Ağırlığı	50
Şekil 4.4. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Hasat İndeksi Değişimi	51
Şekil 4.5. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Metrekarede Başak Sayısının Değişimi	52
Şekil 4.6. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Çiçeklenme Döneminde Kuru Madde Miktarındaki Değişim	54
Şekil 4.7. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Olgunluk Döneminde Kuru Madde Miktarındaki Değişim	55
Şekil 4.8. Ölçülmüş ve Benzetimi Yapılmış Evapotranspirasyon Değerlerinin Değişimi	56
Şekil 4.9. % 50-% 100 Su Uygulamalarında Evapotranspirasyon Miktarındaki Değişim	57

ÇİZELGELER DİZİNİ	Sayfa
Çizelge 2.1. Dünyada Bitki-İklim Etkileşimi Üzerine Yapılmış Model Çalışmaları	13
Çizelge 3.1. Bursa İline İlişkin Uzun Yıllara Ait İklim Verileri	22
Çizelge 3.2. Araştırma Alanı Toprak Örneklerinin Tarla Kapasitesi ve Hacim Ağırlığı Sonuçları	24
Çizelge 3.3. Bezostaya Çeşidinin Bölge Koşullarında Başaklanma Tarihleri	26
Çizelge 3.4. Bezostaya Çeşidinin Genotip Özellikleri	26
Çizelge 3.5. Bezostaya Çeşidine İlişkin Genetik Katsayılar	27
Çizelge 3.6. İklim İstasyonu Bilgileri (UUBU9001.WTH-UUBU9901.WTH)	27
Çizelge 3.7. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	29
Çizelge 3.8. DSSAT Bilgisayar Programında Bitki Gelişi-Verim Benzetimi Yapılan Bitki Çeşitleri	30
Çizelge 3.9. DSSAT Bitki Gelişim Modeli İçin Gerekli Minimum Veriler	31
Çizelge 3.10. DSSAT v3'te Veri Dosyaları ve Programda Tanımlanan Kısaltmaları	33
Çizelge 3.11. Bezostaya Buğday Çeşidinin Ekiminin Öngörüldüğü Tarihteki Çok Yıllık Ortalama Toprak Sıcaklığı Değerleri	40
Çizelge 3.12. Bezostaya Bitkisinin Gelişme Devreleri ve k_c Katsayıları	41
Çizelge 3.13. Bezostaya Bitkisinin Su Tüketimi ve Net Sulama Suyu Gereksinimi	41
Çizelge 4.1. Bezostaya ve Pehlivan Buğday Çeşitlerinin Gelişme Dönemleri ve Tarihleri	43
Çizelge 4.2. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Verim	45
Çizelge 4.3. Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Verim Değerleri	46
Çizelge 4.4. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Çiçeklenme Süreleri	47
Çizelge 4.5. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Fizyolojik Olgunluk Süreleri	48

Çizelge 4.6.	Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Dane Ağırlığı	49
Çizelge 4.7.	Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Hasat İndeksi	50
Çizelge 4.8.	Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Metrekarede Başak Sayısı	52
Çizelge 4.9.	Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Çiçeklenme Döneminde Kuru Madde Miktarı	53
Çizelge 4.10.	Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Olgunluk Döneminde Kuru Madde Miktarı	54
Çizelge 4.11.	Ölçülmüş ve Benzetimi Yapılmış Evapotranspirasyon Değerleri	56



1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde ekmeğin hammaddesini oluşturan, bunun yanında hayvan besleme ve endüstride de yaygın biçimde kullanılan tahılların üretimi, tüketimi ve ticareti günümüzde önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Nüfus ve beslenme ile ilgili kuruluşlar, nüfus artış hızı ile tahıl üretim artış hızı arasındaki ilişkileri inceleyerek, yıldan yıla artan talebi karşılayabilecek düzeyde bir üretimin gerçekleşmesine çalışmaktadırlar (Benli ve ark. 1990).

Buğday serin iklim tahılları içerisinde yer almakta ve yüzyıllardır en önemli tahıl olma niteliğini korumaktadır. Değişik iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilmesi, bileşiminde nişasta, protein, bazı vitamin ve mineral maddeler bulunduran değerli ancak ucuz bir besin kaynağı olması, taşınma, depolama ve işlenmesinin kolay olması gibi özelliklerinden dolayı hızla artan dünya nüfusunun beslenmesinde vazgeçilmez bir ürün olmaktadır (Benli ve ark. 1990).

Ülkemizde buğdayın ekiliş, üretim ve verim ile ilgili istatistikler incelendiğinde, özellikle 1965 yılından sonraki dönemde buğday ekim alanlarının fazla değişmediği görülmektedir. Ancak, gübreleme, iyi tohumluk ve uygun çeşit seçimi, etkin tarımsal mücadele gibi yetiştirme tekniğindeki gelişmelere bağlı olarak buğday veriminde ve üretiminde önemli artışlar görülmüştür (Kün ve ark. 1989).

Buğday verimi üzerine etki eden faktörler, iklim, üretim girdileri ve tarım tekniği olmak üzere 3 grupta toplanır. Buğday verimi, yağışın miktar ve dağılımı başta olmak üzere hava sıcaklığı, don, toprak sıcaklığı, nispi nem, güneşlenme süresi, güneş ışınları şiddeti gibi çok sayıda iklim faktörüne ve bunların bir fonksiyonu olan bitki su tüketimi ile toprakta bitkinin kök bölgesinde depolanan bitkiye yararlı olan su miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu faktörlerin verim üzerindeki etkisi, bölgeden bölgeye olduğu kadar, bitki gelişmesinin çeşitli devrelerine göre de değişmektedir.

Buğday üretiminde kullanılan çeşitli girdilerde, buğday verimi üzerinde etkili olmaktadır. Hastalık ve zararlılar ile kurak ve soğuğa dayanıklı, bölge koşullarına uygun, yüksek verimli çeşit ve kaliteli tohumluk, tarımsal mücadelede ilaçlar, toprak, gübre, sulama suyu gibi girdiler bu grupta sayılabilir. Üçüncü grupta ise toprak hazırlığı, nadas, ekim, gübreleme, tarımsal mücadele, sulama, hasat gibi faaliyetlerin

uygulanma zamanı ve şekli ile faaliyetlere uygun alet kullanımı yer almaktadır (Benli ve ark. 1990).

Buğday üretimine etkili olan faktörlerden üretim girdileri ve tarım tekniği ile ilgili olanların, yetiştirici tarafından kontrol edilebilir olmasına karşılık iklim faktörlerinin kontrolü mümkün değildir. Bu nedenle, bir bölgede yapılan buğday yetiştiriciliğinde üretim girdileri ve tarım tekniği ile ilgili faktörlerin optimum düzeyde tutulması durumunda, verim düzeyi, iklim faktörlerindeki değişime bağlı kalacaktır (Benli ve ark. 1990).

Yapılan araştırma sonuçlarına göre, kurak bölgelerde buğday verimi üzerine etki eden en önemli faktör yağıştır. Yağışın miktarı yanında, bitki gelişme dönemi içerisindeki dağılımı da verim üzerinde etkili olmaktadır. Bilindiği gibi bitkilerden yüksek verim alınabilmesi için sağlanması gerekli faktörlerden birisi, toprakta bitki kökleri tarafından alınabilecek yeterli nemin bulunmasıdır. Toprakta nem yeterli ise, bitki kökleri aracılığıyla bu suyu kolaylıkla alır ve normal gelişme gösterir. Diğer koşullarda ise, bitki ihtiyaç duyduğundan daha az miktarda su kullanacağından, gelişmesi yavaşlar, verim ve kalitede düşme görülür. Toprakta bitkinin kullanabileceği miktarda suyun bulunmaması ve bu nem açığının belirli bir süre devam etmesi durumunda ise, bitki gelişmesi tamamen durur. Topraktaki su miktarının bitkinin normal gelişme gösterebilmesi için ihtiyaç duyduğu su miktarından daha az olduğu süreler, tarımsal açıdan kurak olarak tanımlanır ve tarımsal üretim açısından istenmeyen bir olaydır.

Kuraklığın süresi ve şiddeti, yağışın miktarı ve dağılımı başta olmak üzere bitki çeşidine, bitki kök derinliğine, toprağın su tutma kapasitesine ve bitkinin su tüketim hızına, dolayısıyla iklim faktörlerine bağlı olarak değişmektedir. Ülkemizde buğday ekiliş alanlarının % 70'i, yağışı yetersiz olan iç bölgelerde yer aldığından, buğday verimi bazı yıllarda kuraklıktan etkilenmekte, üretim girdileri ve tarım tekniğine ilişkin faktörler optimum düzeyde tutulsa bile istenen verim düzeyine ulaşamamaktadır (Tanin 1990).

Bitkilerin büyüme periyotlarında, strese duyarlı belirli kritik dönemler bulunmaktadır. Bitki söz konusu bu dönemlerde su eksikliği ile karşılaştığı zaman fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilenmekte ve sonuçta verimde azalışlar meydana gelebilmektedir. Özellikle, suyun kısıtlı olduğu yerlerde, stresten en fazla etkilenen dönemlerin bilinmesinin önemi, sulama işletmeciliği açısından son derece önemlidir.

Böyle durumlarda, mevcut suyun kritik büyüme dönemlerinde uygulanması ile birim suya karşılık en yüksek verim sağlanabilir (Yazar 1989).

Buğday bitkisinin dane verimi ve dane/sap oranı, su yetersizliğinin şiddeti ve süresi ile ilişkilidir. Bu ilişkiler su yetersizliğinin olduğu büyüme dönemine bağlıdır. Bitki gelişme döneminin tümünde küçük düzeydeki su eksikliğinin bitki büyümesinde çok az etkisi olabilir. Çiçeklenme dönemi, su eksikliğine daha fazla duyarlıdır. Başak gelişme ve çiçeklenme zamanı süresince su eksikliği her bir bitkide başak sayısını ve her bir başaktaki dane sayısını düşürür. Çiçeklenme döneminde su eksikliği nedeniyle üründeki kayıp, daha sonraki dönemlerde yeterli su verilse bile giderilemez. Dane dolmuş dönemindeki su eksikliği ise dane ağırlığında düşmeye neden olur (Perrier ve Salkini 1991) ve bu dönemde, sıcak, kurak ve kuvvetli rüzgara su eksikliği de eklenirse danelerde buruşma meydana gelir ve zayıf danelerin oluşmasına neden olur. Hasat dönemindeki su eksikliği ise verimde çok az bir etkiye sahiptir (Doorenbos ve Kassam 1979, Bouzadi 1991).

Buğday bitkisinin gelişme dönemlerinden bazıları diğerlerine oranla sulama suyu eksikliğine karşı daha duyarlıdır. Su eksikliğinin bitkide bıraktığı etki fizyolojik ve morfolojik özelliklerle ilişkili olup genellikle birim alandaki dane sayısını ve dolayısıyla verimi olumsuz etkilemektedir. Yapılan birçok çalışmada buğday bitkisinin kritik gelişme dönemleri kardeşlenme ile dane dolumu arasındaki periyot olarak verilmektedir. Çiçeklenme öncesi su eksikliği kuru madde miktarını ve özellikle başak ağırlığını ve metrekaresindeki sayısını olumsuz etkilemektedir (Musick ve Porter 1990).

Bitki gelişiminin her bir bileşeninin ve bu bileşenlerinde her bir elemanın birbiri ile etkileşimi konusunda yapılan çalışmalar genelde birbirinden bağımsız çalışmalardır. Ancak dünyada altmışlı yılların sonunda başlayan çalışmalarla karmaşık olan bitki gelişiminin benzetimi için ilk adımlar atılmış ve son 10 yıl içerisinde bu konuda büyük gelişmeler sağlanmıştır. Böylece bu bağımsız çalışmaların sonuçlarının birleştirilmesi de mümkün olmuştur (Franzini 1993).

Dünyada çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş birçok model mevcuttur ve bu modeller genel olarak, bitki gelişimi sırasında meydana gelen olayları, bitki verimini, toprak, bitki ve iklim bileşenlerinin bitki gelişimine olan etkilerini ve bitki gelişimini sınırlayıcı etkileri belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu modeller sonucunda gerçek

hayatta çok uzun zaman gerektiren araştırmaların sonuçlarını kısa sürede elde etmek mümkün olmaktadır.

Ülkemiz açısından bitki gelişimine ilişkin bu tür modellerle ilgili çalışmaların yaygın hale getirilmesi ve yapılacak çalışmaların belirli bir amaca hizmet edecek şekilde planlanması gerekmektedir. Yapılan bir çok çalışma emek, zaman, iş gücü ve para gerektirdiğinden modeller sayesinde bu çalışmalarda kaynaklardan tasarruf etme imkanı sağlanmış olacaktır. Bir tarım ülkesi olan ülkemizde tarımsal çalışmaların modellenmesi gerekmektedir. Dünyadaki geliştirilmiş bitki gelişimi benzetim modellerini incelediğimizde bu modellerin farklı disiplinlerden araştırmacılar tarafından geliştirildiği görülmektedir. Farklı disiplinlerdeki araştırmacılarından oluşan grup çalışmaları ile bu tür modellerin ülkemiz şartlarına uyum sağlayıp sağlamayacağı test edilebilir ve ülkemiz için uygun olacak model çalışmalarına başlanabilir. Bu modeller sadece sulama açısından değil; gübreleme, ilaç vb. birçok tarımsal faaliyetin ve evapotranspirasyon, fotosentez gibi birçok bitki gelişiminde önemli rol oynayan olayların bitkiler üzerindeki etkilerinin farklı açılardan değerlendirilmesini sağlayacaktır (Şaylan 1995).

Bu araştırma çalışmasında amaç, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen ve Türkiye’de tarımsal açıdan büyük öneme sahip buğday bitkisinin gelişimine sıcaklık ve destekleme sulamalarındaki değişimin etkilerini bitki-iklim modellerinden DSSAT v3’ü kullanarak tahmin etmektir.

Çalışmada benzetim ve tahmin amacıyla toprak verileri (toprak sınıfları, yüzey eğimi, renk, permeabilite, drenaj sınıfı, toprak profili ve horizonları, kum, kil, silt yüzdeleri gibi), bitki verileri (bitki çeşidi, ekim tarihi, ekim oranı, sıra aralığı, gübreleme gibi) ve iklim verileri (maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış, radyasyon gibi) derlenmiştir.

Değinilenler ışığında bu çalışmada, Marmara Bölgesinde de yoğun bir şekilde yetiştirilen buğdayın verim tahmininin DSSAT benzetim modeli ile yapılması amaçlanmıştır.

Bitki-iklim modellemesinde gerekli olan bitki çeşidi, bölge koşulları, araştırma ve uygulama merkezindeki bitki deseni ve çok yıllık verim değerlerinin düzenli bir biçimde bulunması nedeniyle Pehlivan çeşidi seçilmiş, bu çeşide benzer genetik

özellikler gösteren ve DSSAT v3 programında genetik katsayıları hesaplanmış olan Bezostaya çeşidine ilişkin sonuçlar tartışılmıştır.

İklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden ve Uludağ Üniversitesi Meteoroloji İstasyonundaki otomatik (ADLAS) ölçerden, toprak verileri de Uludağ Üniversitesi Toprak Bölümünün Araştırma ve Uygulama Merkezinde yaptığı etütler sonucunda elde edilmiştir.

Beş bölümden oluşan bu çalışmada; giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde kaynak araştırması ve kuramsal temeller üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan materyal ve yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise, bitki-iklim modellemesi sonucunda elde edilen benzetim sonuçları verilmiş ve beşinci bölümde ise bu sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bitki Gelişimi Benzetim (Simülasyon) Modelleri

Model kullanımı bilim dünyasında, herhangi bir doğal olayın matematiksel ifade edilmesi ve buna bağlı olarak çözümlenmesiyle önem kazanmıştır. Yirminci yüzyılın ortalarına doğru, araştırma konularında tahminsel yaklaşımlar oluşturma düşüncesiyle gelişen model kullanımı, incelenen konunun zaman, ölçek ve boyut olarak çözümünün kompleks olması nedeniyle tercih edilmiştir. Özellikle bazı bilim dallarında olayların karmaşık davranışlar göstermesi, model kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Şaylan 1998).

Bu model, çözümlenmesi ön görülen olaya ilişkin ardışık işlem sıralarından oluşur. Kullanıcı, modelin mantığını yani algoritmaları hazırlar, veriler girilir, model bu verileri işler ve verilere bağlı çıktıları oluşturur. Dolayısıyla oluşturulan ardışık işlem sıralarında bir mantık ve işlem hatası yapılmamış ise, modelin işleyişi oldukça basittir. Model, gerek olayların işleyişini basitleştirmesi, gerek kullanıcıyı amaca kısa sürede ulaştırması nedeniyle, günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Model işlevi, genel anlamda, gerçek olayı basit yaklaşımlarla benzetmeye çalışıp, olay hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak ve gelecek ile ilgili tahminlerde bulunmaktır (Çaldağ 2000).

Modellerde kullanılan eşitlikler ve sabitler, yersel veya zamansal olarak değişebildiği için, yapılan kabuller, modeller için sınırlayıcı faktörlerdir.

Bitki benzetim modelleri; bitki gelişiminde meydana gelen karmaşık olayları inceleyen ve bu olayları matematiksel ifadelerle ortaya koyan, bilgisayar programları olarak tanımlanabilir. Burada amaç, gerçek bitki gelişimine benzer sonuçları veren modelleri oluşturmaktır. Bu modeller genelde iki grupta toplanır; birinci gruptaki modeller, tanımlamalı ve açıklamalı modeller, ikinci gruptaki modeller ise statik ve dinamik modellerdir (Penning de Vries ve ark. 1989, WMO 1990).

Tanımlamalı modeller; bitki sistemindeki davranışların nedenlerini dikkate almadan açıklar. Bu tür modeller bir veya birkaç matematiksel eşitlikten oluşur. Genelde bu eşitlikler sınırlı koşullar için kullanılabilirler ve geliştirildikleri şartların dışında sağlıklı sonuçlar vermeyebilirler.

Açıklamalı modellerde ise; sistemin davranışlarının yanı sıra, bu davranışlara etki eden olaylar da incelenir. İkinci adımda ise sisteme etki eden temel faktörler belirlenir.

Statik modeller de zaman faktörü göz önüne alınmazken, dinamik benzetim modellerinde, sistemin davranışları zamana bağlı olarak incelenir (Şaylan 1995).

İlk bitki gelişimi benzetim modelleri altmışlı yılların sonu ve yetmişli yılların başlangıcında geliştirilmiştir. Brouwer ve Wit (1969), bitki benzetim modellerini geliştiren ilk araştırmacıdır. Bundan iki yıl kadar sonra Curry ve Chen (1971), geliştirdikleri bir dinamik benzetim modeli ile bu gelişimi takip etmişler ve bilgisayarların gelişmesi ile birlikte çalışmalar hız kazanmıştır (Franzini 1993). Bitki fizyolojisindeki olayların da matematiksel olarak ifade edilmesiyle bitki gelişim modelleri bir ivme kazanmıştır. Bu çalışmalar sırasında genel bitki gelişimi benzetim modelleri ve özel bitki gelişimi benzetim modelleri geliştirilmiştir. Genel bitki benzetim modellerinde birçok bitki parametresi göz önüne alınırken, özel bitki benzetim modellerinde sadece tek bir bitki göz önüne alınmaktadır (Çaldağ 2000).

Tarımsal disiplinler içerisinde bitkisel üretim; toprak, iklim, yönetim uygulamalarıyla, bitki genotipi arasındaki karmaşık etkileşimi içermekte ve geçmişten günümüze değin bu konu üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Dolayısıyla bitki gelişim modelleri, uygun veri kaynakları ile birleştirildiği zaman bilgi teknolojisi içerisindeki gelişmeler ve tarımsal araştırmalar için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır (Ritchie 1998a).

Tarımsal yetiştiricilikteki birçok soruna yanıt aramak için oluşturulan modeller; bitki gelişimi sırasında meydana gelen olayların analizi (sulama, hava ve toprak sıcaklığındaki değişimler, kuraklık, toprak nem içeriğindeki azalma vb), bitki veriminin önceden tahmini, toprak, bitki ve meteorolojik faktörlerin bitki gelişimine olan etkisinin belirlenmesi, son derece karmaşık olan bitki sistemi ve reaksiyonları ile ilgili eğitim çalışmaları, tarımsal politik kararların alınması gibi amaçlara hizmet eder (Ritchie 1998a).

Bitki gelişim modellerinin geliştirilmesinin başlıca nedenleri, mevcut koşulları tanımlamak, araştırmalardaki eksiklikleri gidermek, öncelikleri belirlemek, bilgileri bir bütün haline getirmek ve disiplinler arası koordinasyonu sağlamaktır (Sezen 1998).

Bitki gelişim modelleri, çeşitli bitkilerin fizyolojik gelişme aşamalarındaki ilişkileri temel almaktadır. Koşulların değiştiği durumlarda çok az veya hiçbir düzeltme yapmaksızın bitki gelişimini, fizyolojik temellere bağlı olarak tahmin eden bu gibi programların uygulamada belirli bir potansiyeli vardır. Bu modeller belirli bir zamanda, mevcut verilere göre veya hasat zamanına kadar ki verilere bağlı olarak verimin tahminine olanak sağlamaktadır (Hodges ve ark. 1987).

Jones ve Ritchie (1990), bitki gelişme modeli geliştirilirken genellikle bir veya iki stres faktörünün dikkate alındığını, diğer faktörlerin en iyi koşullarda etkisinin olmadığını varsayarak, bitki gelişme modelini; bitkilerin iklimden, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısından, zararlılardan, hastalıklardan, yabancı otlardan ve bunların kombinasyonlarından etkilenen, karmaşık ve dinamik olayları matematiksel ilişkilerden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin belirlenmesinde kullanılan modeller olarak tanımlamışlardır (Hoogenboom ve ark. 1991).

Carberry ve ark. (1989), bitkinin günlük gelişimini tahmin eden çok sayıda model geliştirildiğini belirtmekte ve genellikle, aynı kriterleri bulunan modellere ek yeni bir model geliştirmek yerine, mevcut olan modeli kullanmanın daha kolay olduğunu ifade etmektedirler. Yazar (1991), benzetim modellerinin bitkisel üretim konusunda karar vermenin değişik aşamalarında yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir.

Modeller aracılığıyla, bitki gelişimini etkileyen faktörlerin derecesi, sulama zamanının belirlenmesi, toprak neminin değişimi, gübreleme, ilaçlama ve diğer faaliyetlerin en uygun zamanlarının belirlenmesi, tarımsal kuraklık ve benzeri etkilerin saptanması, oldukça fazla işgücü ve yatırım gerektiren sorunların tahmini mümkündür (Wit ve Keulen 1975).

Modellerin en önemli yararlarından biri de, gerçek hayatta yapılması zor olan veya çok uzun zaman gerektiren araştırmaların sonuçlarının kısa zamanda elde edilmesini sağlamasıdır. Herhangi bir tarımsal uygulamanın verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla çalışan bir araştırmacının amacı, yapılan herhangi bir tarımsal faaliyetin ürün üzerine etkilerini önceden belirlemek, onların bitki gelişimi gibi son derece karmaşık olan canlı sistemini daha iyi analiz edecek sonuçları elde etmektir (Şaylan 1995).

Meteoroloji ile tarımın bir arada ele alındığı tarımsal meteoroloji bilimi, iklimde ve atmosferik olaylardaki değişikliklerin kültür bitkileri üzerindeki etkilerini araştıran meteoroloji biliminin en önemli dallarından biridir (Şaylan ve ark. 1998).

Tarımsal üretimi arttırmak amacıyla dünya üzerinde çeşitli ülkelerde araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bilimsel yaklaşımların amacı, bitki verimini arttırabilmek, verimi azaltıcı etkileri belirlemek ve bunlara çözüm yolları bulmaktır. Bu amaçla dünyada özellikle meteoroloji bilimi içerisinde tarımsal meteoroloji dalında oldukça yoğun çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle atmosfer-toprak-bitki ilişkisini daha iyi analiz edebilmek için bitki-iklim benzetim modelleri kullanılmaktadır. Bitki-iklim modellerinin kullanılması ile, tarımsal faaliyetlerde meteorolojik etkiler daha iyi değerlendirilebilmektedir. Yapılan her işlemin sonuçları ve bitkinin göstereceği tepkiler önceden tahmin edilebilmektedir. Bu durum toprak, bitki ve atmosfer arasındaki karmaşık ilişkileri daha iyi anlamaya yardımcı olmakta ve birim alandan alınan verimin arttırılmasına katkıda bulunmaktadır (Şaylan ve ark. 1998).

Verim tahmini, tarımsal meteorolojik tahminler içerisinde ekonomik bakımdan en önemli unsurlardan biridir. Verim tahmini yöntemlerinde son 10-15 yıl içerisinde hızlı gelişmeler kaydedilmiştir. Bugün birçok ülkede önemli kültür bitkileri için iklim şartlarının verim üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik birçok model geliştirilmiştir. Uygulamalı verim tahminlerinin çoğu, dünya gıda tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturması ve uluslararası ticarete önemli bir yer tutması bakımından, özellikle tahıllar için hazırlanmaktadır. Bunun yanı sıra örneğin, soya fasulyesi, şekerpancarı, keten gibi diğer bazı kültür bitkileri için de verim tahminleri yapılmaktadır.

İklim-verim ilişkilerinin modellenmesinde başlıca üç yaklaşım söz konusudur:

1. Tipik bir bitki veya bitki grubu içerisinde meydana gelen fiziksel ve biyolojik olaylara meteorolojik değişkenlerin etkilerini ayrıntılı şekilde açıklayan bitki gelişimi benzetim modelleri,
2. Bitkinin seçilen meteorolojik değişkenlere karşı göstereceği tepkileri belirlemeye ilişkin bitki-iklim analiz modelleri,
3. Ampirik-İstatistik modeller; bu modellerdeki katsayılar, regresyon analiz tekniği yardımıyla belli bir alan için önceden elde edilmiş verim değeri ve aynı alana ait toprak ve iklim verileri kullanılarak çoğaltılmaktadır.

Verim tahminlerinde esas, tahmin edilecek bağımlı değişken (verim) ile buna etki eden bağımsız değişkenler (iklim faktörleri, toprak nemi vb) arasında çeşitli istatistiksel analiz yöntemleri yardımıyla bir bağıntı kurulması ve bundan yararlanarak da verim tahminlerinin yapılmasıdır.

Özellikle tarımsal üretimde, tahıl gurubunun büyük bir paya sahip olması ve bunlar içerisinde buğdayın ayrıca önemli olması nedeniyle verim tahminlemede model kavramı ilk önceleri buğdayda yürütülmüştür.

Buğday verim tahminleri ile ilgili bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Üretim tahminlerinde uygulanan yöntemler ve kullanılan meteorolojik parametrelerle ilgili yapılan çalışmaların birçoğunda, kullanılan faktörlerden en etkili olanının yağış olduğu görülmektedir. Yağış ile buğday verimi arasında meydana gelen doğrusal tekli ve çoklu regresyon model çalışmalarında, korelasyon katsayısının 0.60-0.90 arasında değiştiiği görülmüştür (Tanin 1987).

Tsukiboyashi (1976), yaptığı çalışmada göz önüne aldığı yedi iklim verisi yardımıyla Türkiye için buğday verim tahmini çalışmalarında bulunmuştur. Araştırma bölgesel olarak belirlenen 213 adet alanda yürütülmüş ve ileriye doğru kademeli regresyon analizleri ile sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Çalışmada ele alınan değişkenler, Nisan ayındaki yağışlı gün sayısı, Ocak ayındaki yağış miktarı, Ekim ayı bağıl nemi, Haziran ayı sıcaklığı, Ekim ile Nisan ayları arasındaki toplam yağış miktarı ve teknolojik gelişmeyi modele koymayı amaçlayan sabit bir sayı olarak belirlenmiştir.

Benli ve Tokgöz (1981), Konya ili buğday üretim tahmini için yaptıkları çoklu regresyon analizinde Ekim ayı sıcaklığı, Mayıs ayı bağıl nemi, Eylül-Haziran ayları arasındaki toplam yağış miktarının ve Ocak ayı en düşük sıcaklığının buğday verimine etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Güler (1980), Orta Anadolu koşullarında yapmış olduğu bir çalışmada, ilkbahar başlangıcında toprakta bulunan su miktarındaki her 10 mm artışın buğday veriminde 17.3 kg/da, bu tarihten sonra alınacak yağışlardaki her 10 mm artışın verimde 7.3 kg/da artış meydana getirdiğini belirlemiştir.

Sönmez ve ark. (1982), yaptıkları çalışmada Orta Anadolu bölgesinde yetiştirilen buğday verimine; Kasım ayı minimum sıcaklığı, Nisan ayı yağışlı gün sayısı, Kasım ayı ortalama toprak sıcaklığı ve Kasım ayı minimum toprak sıcaklığının en etkili faktörler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Appa (1985), genellikle regresyon tekniklerine dayalı amprik yöntemlerle Hindistan'da yetiştirilen bazı bitkilerin verim tahminlerini hasattan önce yapmaya çalışmıştır. Örnek olarak Hindistan'daki buğday verimlerinin incelenen 8 yıllık süre içerisinde % 10'luk bir hata gösterdiği belirlenmiştir.

Güler (1987), Orta Anadolu'da yaptığı araştırmada, buğday gelişim dönemi içinde alınacak yağışların sıcaklıklardan daha etkili olduğunu, gelişme dönemi sonundaki sıcaklık artışının verime olumsuz etkide bulunduğunu, gelişme dönemi başlarındaki yağış artışlarının sonraki yağış artışlarından daha etkili olduğunu, aylık sıcaklık ortalamalarından yalnızca Kasım ve Şubat ayı sıcaklık artışlarının verim düzeyini olumlu etkilediklerini ortaya koymuştur. Haziran ayı sıcaklığındaki artışın verime olumsuz etkisinin nedenini, bitkinin dane doldurma döneminde, yüksek sıcaklık nedeniyle su kaybının artması ve topraktan buharlaşma yoluyla oluşan su kaybı nedeniyle yeterli suyu alamamasının verime yansımaları olarak açıklamıştır.

Benli ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada Türkiye'de değişik bölgelerde buğdaydan elde edilen verim değerlerini kullanarak matematiksel eşitlikler geliştirmişlerdir. Araştırmacılar bu eşitliklerden yararlanarak gerek bölgelere göre ve gerekse Türkiye'nin buğday üretimini hesaplamışlardır. Geliştirilen model yardımıyla Türkiye için buğday üretimini 0.56 hata ile tahmin etmişlerdir.

Güler ve ark. (1990), yaptıkları bir çalışmada, Erzurum yöresi için sıcaklık açısından Şubat-Temmuz ve Ağustos-Aralık olmak üzere iki ayrı doğrusal regresyon denklemi elde etmişlerdir. Araştırmacılara göre Ağustos-Aralık denkleminde elde edilen regresyon değerinin Şubat-Temmuz denklemine göre daha yüksek bulunması, aylık sıcaklık değişiminin yılın ikinci yarısında daha hızlı geliştiğini ifade etmektedir (Olgun ve ark. 1998).

Olgun ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada yağış verileri ve gerçek verim değerlerinden yararlanarak Erzurum ili için buğdayda potansiyel ve erken verim tahminlerinin yapılabilmesi için regresyon eşitliklerini geliştirmişlerdir. Eylül'den Haziran'a kadar veya Eylül'den Ağustos'a kadar düşen yağışla belirlenen erken ve potansiyel verim tahminlerinin gerçek verimle aynı olduğunu belirlemişlerdir.

Araştırmacılar, sıcaklık ve bağıl nemin buğday verimi üzerindeki etkisini önemsiz bulmuştur. Toplam yağışın verim üzerindeki etkisinin % 1 düzeyinde, Haziran ve Ekim aylarında düşen yağışların ise % 5 düzeyinde önemli olduğunu ifade

etmektedirler. Yetiştirme süresi boyunca alınan yağış ile Haziran ve Ekim aylarında alınan yağışların verim üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Potansiyel verim için yetiştirme dönemi boyunca düşen yağışlar esas alınırken, erken verim tahmini için Eylül'den Haziran'a kadar düşen yağışların esas alındığını belirtmişlerdir. Buğday verimi ve yağış arasındaki korelasyon katsayısını 0.63-0.65 olarak belirlemişlerdir.

Landau ve ark. (1998), İngiltere'de kışlık buğdayda verimi önceden tahmin etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, CERES-WHEAT, AFRCWHEAT2 ve SIRIUS gibi buğday verim tahmin modellerini karşılaştırmışlar ve iklim değişimlerinin verime etkilerini gözlemlemişlerdir. Gözlenmiş değerlerle önceden tahmin edilmiş değerler arasında çoklu regresyon eşitliği oluşturulmuştur. İklim değişimlerinin bitki gelişme dönemi ve verim üzerindeki etkileri sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları, CERES-Wheat modelinde 0.86; AFRCWHEAT2 modelinde 0.92; SIRIUS modelinde 0.71 olarak bulunmuştur.

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 kalibrasyonu yapılan gerçek değerler karşılaştırılmış ve fark olmadığı görülmüştür. Hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılık sadece 1974 ve 1985 yıllarında gözlenmiş, farklılığın nedenini ise o yıllarda görülen kuraklık olarak belirtilmiştir. Çalışma süresi boyunca, 1974 yılı dışında buğday veriminde tahminlenen ve ölçülen değerler arasındaki farkın %11'i geçmediğini belirtmişler ve çoklu regresyon eşitliği sonucu elde edilen korelasyon katsayısını ise 0.80 olarak bulmuşlardır.

Dünyada özellikle Amerika'da ve Avrupa'da bitki gelişimini analiz etmek amacıyla kullanılan çeşitli modeller vardır. Bu modellerden bazıları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Model kullanımında en etkili örnek, Avusturya'da soya, mısır ve bakla bitkilerinin farklı çeşitlerinin ülke iklimine uygunluğunun modellerle belirlenmesi gösterilebilir (Şaylan ve ark. 1998).

Çizelge 2.1. Dünyada Bitki-İklim Etkileşimi Üzerine Yapılmış Model Çalışmaları

Modeli geliştirenler	Modelin geliştirildiği yer	Model ismi	Bitki cinsi	Yapılan işlemler
Acock, B., V.R. Reddy, F.D. Whisler, D.N. Baker, J.M. McKinion, H.F. Hodges ve K.J. Boote	USDA-ARS Mississippi Üniversitesi ve Florida Üniversitesi	GLYCM	Soya fasulyesi	Fotosentez, transpirasyon ve gelişme
Angus, J.F. ve J.H. Stamper	CSIRO ve Uluslar arası Çeltik Enstitüsü	IRRIMOD	Çeltik	Gelişme, Evaporasyon
Arkin, G.F., J.T. Ritchie ve R.L. Vanderlip	Tektaş A&M U. USDA/SEA ve Kansas State Üniversitesi	SORG	Sorgum	Fotosentez, transpirasyon, evaporasyon
Baker, D.N., D.E. Smika, A.L. Black, W.O. Wills ve A. Bauer	USDA/SEA (Mississippi, Colorado ve North Dakota)	WINTER WHEAT	Buğday	Fotosentez, transpirasyon ve gelişme
Curry, R.B., G.E. Meyer, J.G. Streeter ve H.L. Mederski	Ohio Tarımsal Araştırma ve Geliştirme Merkezi	SOYMOD OARDC	Soya fasulyesi	Fotosentez, evaporasyon
Duncan, W.G.	Kentucky Üniversitesi	SIMAIZ	Mısır	Fotosentez
Duncan, W.G.	Kentucky Üniversitesi	MIMSOZ	Soya fasulyesi	Fotosentez
Duncan, W.G.	Kentucky Üniversitesi	PEANUZ	Yer fıstığı	Fotosentez
Jones, C.A. ve R.T. Ritchie	USDA/SEA (Teksas) ve IFDC (Alabama)	CERES-Maize	Mısır	Bitki gelişimi, toprak su dengesi
Van kaulen, H.	Hollanda Tarımsal Üniversitesi	GRORYA	Çeltik	Fotosentez
Ritchie, J.T. ve S. Otter	USDA/SEA (Teksas)	CERES-Wheat	Buğday	Bitki gelişimi, fotosentez
Ryle, G.J.A., N.R. Brockington, C.E. Powell ve B. Cross	Grassland Araştırma Enstitüsü (İngiltere)	İsimsiz	Arpa	Fotosentez
Weir, A.H., P.L. Bragg, J.R. Porter ve J.H. Rayner	Rothamsend Araştırma İst. Bristol Üniversitesi	ARCWH-EATI	Buğday	Fotosentez, fenoloji
Wilkerson, G. G., J.W. Jones, K.J. Boote, K.T. Ingram ve J.W. Mishoc	Florida Üniversitesi	SOYGRO	Soya fasulyesi	Fotosentez, gelişme

KAYNAK: Whisler ve ark. 1986

Bu modeller içerisinde, güvenilirliği birçok araştırma ile test edilen ve USDA (United States Department of Agriculture) tarafından geliştirilen CERES (Crop Estimation through Environment Synthesis)-Wheat (Buğday) modeli kullanılmaktadır.

Model, Amerika Birleşik Devletleri Tarımsal Araştırma Servisi tarafından, hükümetin yurtiçindeki ve yurtdışındaki buğday alanlarına yönelik gelişmelere destek vermesi sonucunda 1977 yılında geliştirilmiştir (Ritchie 1998b).

Meydana gelen gelişmelere ve modelin güvenilirliğinin artmasına bağlı olarak, CERES-Wheat modelinin yeni versiyonları geliştirilmiş ve değişik çalışma grupları tarafından çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Model 1982'de IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer)'in desteğiyle, USAID (United States Agency for International Development) ve Hawaii Üniversitesinin birlikte çalışması sonucunda günümüzde kullanılan son haline getirilmiştir.

CERES-Wheat (buğday) ve Maize (mısır) modelleri, IBSNAT tarafından geliştirilen modeller arasındadır. IBSNAT, CERES-Maize ve CERES-Wheat modellerinin ayrıntısında, çeltik, sorgum, arpa ve darı gibi tahıl bitkilerinin modelleri, Florida Üniversitesi'nde BEANGRO (fasulye), PNUTGRO (yerfıstığı), SOYGRO (soya) baklagil modelleri de geliştirilmiştir (Ritchie 1998b).

CERES-Wheat bitki gelişim modeli; çeşit, ekim sıklığı, iklim, toprak nemi ve bitki üretimi için başlıca besin maddesi olan azotun buğday bitkisinin büyüme, gelişime ve verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Modelin amacı, verim ve verim bileşenlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen alternatif yetiştirme tekniklerini değerlendirerek verimi tahmin etmektir. Model, yıl içerisinde yetiştirilecek bitkilere karar vermede ve geleceğe yönelik üretim tahminlerinin analizlerinde risk faktörünü hesaplayıp karar vermede kullanılabilir. Kolayca ulaşılabilen iklim, toprak ve bitki genetiği girdilerini kullanması, tahmin süresinin çok kısa olması ve iyi bilinen bir bilgisayar dilinde yazılmış olması bu modelin kullanımını kolaylaştırmaktadır.

Tarımsal işletmecilikte, CERES bitki gelişim modelinde, kullanıcılar için farklı sulama zamanları ve sulama miktarları ile elde edilecek sonuçları karşılaştırma imkanı da bulunmaktadır. Söz konusu bu modelle kullanıcılara, toprak suyu belirli bir değere düştüğünde sulamanın yapılması gerektiğini bildirmektedir (Jones ve Ritchie 1990).

Dünyada çoğu tarım alanlarındaki su kaynaklarının yıldan yıla ve bölgeden bölgeye değişmesi, bitkilerin yetişme mevsimini ve alanlarını sınırlamaktadır. Su kaynağıyla beraber iklimde de görülen değişimler, çiftçiler için risk oluşturmaktadır. İklim, bitki ve toprak parametrelerini toprak-su dengesine ilişkilendiren modeller, tarımdaki riskleri en aza indirmede ön bilgiler sunmaktadır. Söz konusu modellerden

CERES-Wheat; tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planlamaların risk analizinde, yetiştirme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin belirlenmesinde, büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Ritchie 1985).

CERES-Wheat bitki gelişim modelinin amaçlarından biri de kullanıcılara verim tahmini sonuçlarını vermek olduğu için modelin başarısı, verimi belirleyen temel özelliklere etki eden etmenlere bağlıdır. Bu etmenler; iklim, toprak, bitki gelişme dönemleri, genetik özellikler; bitki organlarının (sap ve yaprak) büyümesi, gelişmesi, sararması ve kuru madde miktarları, bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerindeki su ve azot eksikliğidir (Gençoğlan 1996).

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

Tubiello ve ark. (1995), CO₂ ve hava sıcaklığının CERES-Wheat modeli ile etkileşiminin belirlenmesi ve verim tahmini amacıyla yaptıkları çalışmalarında, maksimum ve minimum sıcaklıkların 2⁰C arttığında ve minimum sıcaklığın maksimum sıcaklığın 3 katı artması koşullarında verimdeki değişimi incelemişlerdir. Maksimum ve minimum sıcaklıklar 2⁰C arttığı koşulda, sulanmayan koşullarda verim % 35, sulanan koşulda ise % 16 azalmıştır. Minimum sıcaklığın maksimum sıcaklığın 3 katı artması durumunda, sulanmayan koşulda verim azalışı % 26 olurken, sulanan koşulda % 11 azalma olmuştur. Maksimum sıcaklığın 3 katı daha fazla artış gösteren minimum sıcaklıkta elde edilen benzetim sonuçlarına göre, negatif sıcaklık etkisi yaptığı ve % 26 verim azalışına neden olduğu sonucuna varmışlardır. Kuru madde miktarı ve verim tahminlemesinde korelasyon katsayısını 0.95 olarak bulmuşlardır.

Rosenzweig ve Tubiello (1996), Amerika Birleşik Devletleri merkezinde gelecek buğday verimini tahmin etmek amacıyla, CO₂ ve sıcaklığın fizyolojik etkilerini kapsayacak nitelikte olan dinamik bir bitki gelişim modeli olan CERES-Wheat modelini kullanmışlardır. Çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri merkezinde kuzey-

güney bölgesinde yer alan Fargo, North Platte, Dodge City ve San Antonio bölgeleri ele alınmış, 4 farklı ortalama sıcaklık artışı ($1-4^{\circ}\text{C}$) 1951-1980 yılları günlük iklim verilerine uygulanmıştır. Sıcaklık değişimlerinin iki farklı etkisi; minimum ve maksimum sıcaklıklar eşit olarak arttığı ve minimum sıcaklık maksimum sıcaklığın 3 katı arttığı koşullarında benzetim yapılmıştır.

$1-4^{\circ}\text{C}$ ortalama sıcaklık artışları 4 bölgede de verim azalmasına neden olmuştur. Maksimum ve minimum sıcaklıklar eşit olarak arttığı koşul ile minimum sıcaklığın maksimum sıcaklığın 3 katı artması koşulunda elde edilen dane veriminde oldukça fazla bir azalma gözlenmiştir. Verim azalışları % 5-40 arasındadır. Bölgelerdeki verim azalışları buğday gelişme dönemlerinde sıcaklık artışlarının direkt etkisiyle sonuçlanmıştır. Minimum sıcaklığın maksimum sıcaklığın 3 katı artması koşulunda elde edilen verim, maksimum ve minimum sıcaklıkların eşit olarak artması koşulundaki verim değerinden % 4-25 daha fazladır. Gözlemlenmiş ve benzetimi yapılmış buğday verimleri karşılaştırıldığında önemli derecede bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Fargo'da gözlenen ve benzetimi yapılan verim değerleri sırasıyla, 2402 kg/ha, 3010 kg/ha, korelasyon katsayısı 0.41; North Platte'de 1863 kg/ha, 1974 kg/ha, korelasyon katsayısı 0.40; Dodge City'de 1512 kg/ha, 1796 kg/ha, korelasyon katsayısı 0.49, San Antonio'da 1237 kg/ha, 1569 kg/ha, korelasyon katsayısı 0.72 olarak bulunmuştur. Benzetilen ve gözlenen verim değerleri arasında korelasyon 0.4-0.7 arasındadır.

Sezen ve ark. (1998), Çukurova koşullarında CERES-Wheat V3 bitki gelişim modelini Seri-82 ekmeclik buğday çeşidi üzerinde test etmişlerdir. Çalışmada iki farklı sulama uygulaması (0,60 mm), dört farklı azot miktarı (0, 80, 160 ve 240 kg/ha) üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, evapotranspirasyon, toprak nemi, fenolojik dönemler, kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi değerleri belirlenmiş ve programda elde edilen benzetim sonuçları ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır. Modelde konulara ilişkin çiçeklenme ve fizyolojik olgunluk tarihleri bakımından fark görülmediğini, gözlenen dane verimi, birim dane ağırlığı benzetim sonuçlarından daha düşük olurken, tam sulama koşullarında artan azot miktarı ile arasındaki farkın arttığını belirtmişlerdir.

Durak ve Şaylan (1998), CRPSM ve CERES-Maize modellerini kullanarak, iklim değişimlerinde bitkinin verdiği tepkileri incelemişlerdir. CRPSM (Crop Yield Simulation Model) modeli kullanılarak, soya bitki için sıcaklığı yapay olarak 1°C ve

2°C arttırmış ve azaltmışlardır. Bunun sonucunda, bitkinin veriminde oldukça az değişim meydana geldiğini, bunun başlıca nedenlerini de, yağışların yetersiz olması, toprakta yeterli suyun bitki gelişimi için bulunması, dolayısıyla tarımsal kuraklığın bulunmaması nedeniyle, yalnızca sıcaklık artışının bu modelde verim üzerinde beklenen etkiyi yapmaması sonucuna varmışlardır. Bunun dışında yağışın % 10 azaldığı kabulüne göre belirlenen verim değeri, modelin normal verilerle hesapladığı verim değerinden % 0.73 daha az belirlenmiş, yağışın % 15 azalması durumunda verim % 1.93'lük azalma göstermiş, yağışın % 20 azalması durumunda da % 2.6 azalma göstermiştir. CRPSM modelinin yağış ve sıcaklıkta meydana gelen değişikliklerden beklenenden daha az etkilendiği sonucuna varmışlardır.

Araştırmacılar, CERES-Maize modelinde sıcaklıkla yapılan değişikliklerin mısır bitkisinin verimine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Sıcaklığın 1°C'den 4°C'ye kadar artması ve azalması durumunda bitki gelişimini ve verimini incelemişlerdir. Sıcaklık arttığında ile bitki gelişiminin hızlandığını, sıcaklık azaldığında ise bitki gelişiminin yavaşladığını belirtmişlerdir.

Araştırmacılar, modeller ile ilgili yapılan çalışmalarda sıcaklık değişimlerinin her model tarafından verime farklı şekilde yansıdığını bunun da birkaç sebebi olduğunu belirtmişlerdir. Bazı modellerde bitki gelişimi hatta bitki gelişim dönemlerinin tüm aşamaları sıcaklığın bir fonksiyonu olarak hesaplanmakta, sıcaklıkta bazı alt ve üst limitlerle sınırlandırılarak bitkinin belirli bir aşamada gelişmeye başladığı ve belirli bir değerin üzerinde de gelişiminin durduğunu belirtmişlerdir. Bazı modellerde ise alt sıcaklık limitini kabul ederken, üst sıcaklık limiti koymadıklarından sıcaklık yapay olarak ne kadar artarsa artsın bu bitki gelişimini sınırlandırmamaktadır. Bu tür modeller ile bitki gelişiminin verime etkilerinin analizinde karşılaşılan bir diğer önemli zorluğunda bitkilerin gelişmeye başlamaları için gerekli alt sıcaklık limiti ve gelişmelerinin duracağı üst sıcaklık limitinin her bitki türü için farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Chipanshi ve ark. (1999), Saskatchewan-Kanada'da yaklaşık 2 milyon ha alanda yarı-kurak bir bölgede, bitki gelişim modeli kullanılarak buğday veriminin benzetimi amaçlanan çalışmalarında CERES-Wheat modelini kullanmışlardır. 1960-1990 yılları arasındaki iklim verileri kullanılarak, 1990-99 yıllarına ait iklim verileri oluşturulmuş, modelle tahmin edilen değerlerle gerçek değerler arasında korelasyon katsayısını 0.70

olarak bulmuşlardır. CERES-Wheat modelinin güvenilirliğini analiz etmek amacıyla yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarla tahminlenen sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Çalışmada, geniş alanlarda toprak özellikleri ve arazideki bitkinin dağılımı biliniyorsa, bitki benzetim modeli ile verimin uygun olarak tahminlenebileceği sonucuna varmışlardır.

Çaldağ (2000) çalışmasında; Türkiye’de ve Dünya’da en önemli besin kaynağı olan buğday bitkisinin gelişimine meteorolojik faktörlerin ve bu faktörlerde meydana gelmesi muhtemel değişikliklerin yapacağı etkileri tarımsal meteorolojik açıdan araştırmıştır. Kırklareli Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü’nde uygulamalı olarak yürütülen çalışmada, buğday bitkisinin 1997-1998 ve 1998-1999 gelişme dönemlerinde ölçülen meteorolojik, toprak ve bitki gelişimi ile ilgili veriler kullanılmıştır. Modelleme kapsamında gerçekleştirilen benzetimlerde açıklamalı bitki-iklim modellerinden CERES-Wheat ve SIMWASER modelleri kullanılarak her iki ölçüm dönemi için bitki gelişimi meteorolojik faktörlerin etkisi altında analiz edilmiştir. Uygulanan benzeşimlerin sonuçları, bitki gelişimi, kuru madde miktarı, verim ve buharlaşma değişkenleri açısından ele alınmış ve bu model sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta açıklamalı modellerin bitki gelişimi ve verimi üzerinde oldukça tatmin edici ön tahminler gerçekleştirebildikleri bir kez daha ortaya çıkmıştır.

CERES-Wheat modeli 98-99 döneminde 1 °C sıcaklık senaryosunda dikkate değer bir ürün miktarı değişimi öngörmemiştir. Ancak sıcaklığın 2°C değişimi durumunda verimin yaklaşık % 9 oranında sapacağı belirlenmiştir. Tüm benzetimlerde bitki gelişiminin en hassas olduğu parametre güneş radyasyonu olarak tespit edilmiştir. 97-98 gelişme dönemi için güneş radyasyonunda gerçekleşmesi muhtemel % 20 oranındaki değişimin ürün miktarında % 20 ile % 30 arasında artış veya azalış şeklinde yansıtacağı SIMWASER modeli tarafından tahmin edilmiştir.

CERES-Wheat modeli ile karbondioksit (CO₂) değişimlerine yönelik benzetimlerde gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. CO₂’nin özellikle radyasyon parametresi ile birlikte dikkate alındığı senaryoların bitki gelişimini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen Pehlivan buğday çeşidinin 1999 yılına ait verim tahmini, meteorolojik, toprak ve bitki verilerine bağlı olarak CERES-Wheat modelinden yararlanılarak yapılmıştır.

3.1. Materyal

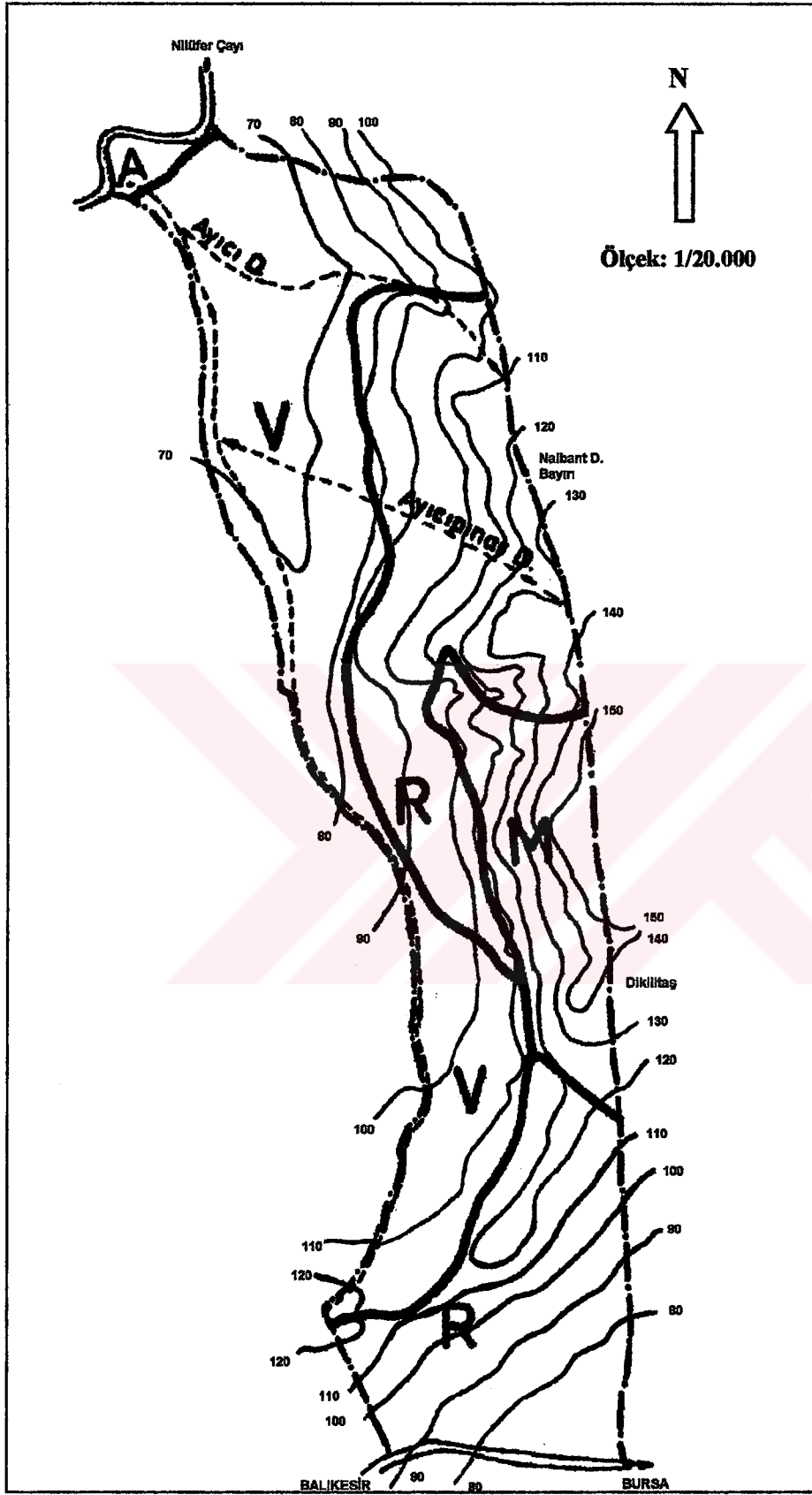
3.1.1. Araştırma Alanı Özellikleri

3.1.1.1. Konum

Araştırma alanı, Marmara Bölgesinin Bursa merkez ilçe Görükle bucağı ile Göbelye köyü arasında, Bursa-İzmir karayolunun 15. kilometresinde, Nilüfer çayına kadar uzanan şeritvari bir alanı kaplamaktadır. Araştırma alanı ile Görükle bucağı arazileri arasındaki sınır, Nilüfer çayının mansabını oluşturan Görükle deresidir. Arazi, Göbelye köyü sınırında 150 m kotuna ulaşmaktadır (Ekeryılmaz 1995).

Arazinin güneydoğusu orta eğimli olup, güneydeki araziler kuzeye, doğu kesimindeki araziler ise batıya doğru eğimlidir. Arazinin güney kesiminde yer alan topraklar hafif eğimli olup, ortalama eğim % 3 civarındadır. Şekil 3.1'deki topoğrafik haritadan da görüleceği gibi bu bölümün güney sınırında % 5-6 olan eğim, kuzeye doğru giderek azalmakta ve Nilüfer çayı civarında % 0.5-1.0'e düşmektedir. Arazide küçük çöküntü ve kabartıların oluşturduğu mikrorölyef gözlenmektedir. Orta eğimli kısımlarda erozyon nedeniyle yuvarlaklaşmalar, kuru derelerle kesilmeler ve dolayısıyla oluşan engebelikler göze çarpmaktadır. Arazinin alanı 5045 da'dır (Katkat ve ark. 1984).

Araştırma alanında karasal neojen formasyonlar ile kuvarterner yeni ve eski alüvyonlar yer almaktadır. Neojen genel olarak kil ve marn katmanlarından ibarettir. Marn katmanları içerisinde yer yer ince kumtaşı ve silttaşı bantları bulunduğu gibi, yer yer kumlu ve serbest çakıllı bantlara da rastlanılmaktadır. Arazinin büyük bir bölümünü kaplayan neojen formasyonun üzerinde, eğime bağlı olarak 50-200 cm. kalınlıkta, genellikle killi toprak örtüsü yer almaktadır. Bu bölgedeki rendzina ve vertisol grubu topraklar neojen formasyonu üzerindedir. Kahverengi orman topraklarının bulunduğu alanlardaki neojen formasyonu içerisinde kumtaşı ve silttaşı ile serbest çakıllı katmanlar hakim durumdadır (Katkat ve ark. 1984).



Şekil 3.1. Araştırma Alanı Toprak Etüd ve Topoğrafik Haritası

3.1.1.2. İklim Özellikleri

Marmara denizi kıyı şeridinde yer alan Bursa ilinde genellikle Akdeniz iklim tipi hakim olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Denizden uzaklaştıkça iç kısımlarda yarı karasal iklim görülmektedir (Ekeryılmaz 1995).

Bursa ovası, Akdeniz ikliminin genel özelliklerini gösterse de, bölgenin ortalama sıcaklığı düşük, yağış dengesi daha düzenlidir (Korukçu ve ark. 1989). Genellikle ilçeler arasında klimatolojik değerler bakımından çok önemli farklılıklar söz konusu değildir. Yıllık yağış toplamı yüksek ve yıllara dağılımı da Akdeniz bölgesine kıyasla kısmen düzenlidir.

Bursa iline ilişkin meteorolojik değişkenlerin aylık ve yıllık ortalamaları Çizelge 3.1 'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi; ilde ortalama sıcaklık 14.4°C , en yüksek sıcaklık 42.6°C ve en düşük sıcaklık -25.7°C 'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 691.9 mm olup, bunun % 38'i kış, % 26'sı ilkbahar, % 10'u yaz ve % 25.4'ü sonbaharda düşmektedir. Karlı geçen gün sayısı 8.5'dir. İlkbahar donları Mart ayında, sonbahar donları ise Kasım ayında görülmektedir. Yılın en yağışlı geçen ayları; Aralık, Ocak, Şubat, en kurak ayları ise; Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür.

Araştırma alanının Bursa Devlet Meteoroloji İstasyonuna (DMİ) yakın ve ayrıca yüksekliklerinin de aynı (100 m) olması nedeniyle, Bursa DMİ kayıtlarından alınan uzun yıllık iklim verilerinin bu alanı temsil edeceği düşüncesiyle, çalışmada bu istasyona ilişkin 20 yıllık günlük yağış, hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, aylık ortalama bağıl nem ve güneşlenme süresi rasat değerleri alınmıştır.

Araştırma çalışmasının yürütüldüğü 25/10/98 tarihinden 12/7/98 tarihine kadar olan vejetasyon döneminde ortalama sıcaklık 10.5°C 'dir. Yine aynı dönemde, maksimum sıcaklık 31.5°C , minimum sıcaklık -14.2°C , ortalama toplam yağış miktarı ise 456 mm 'dir.

Çizelge 3.1. Bursa İline İlişkin Uzun Yıllara Ait İklim Verileri

Meteorolojik değişkenler	Aylar												
	Yıllık Ort.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. sıcaklık (°C)	14.4	5.2	6.0	8.2	13.4	17.3	21.7	24.1	23.6	19.7	15.3	10.9	6.0
Ort. bağıl nem (%)	68.6	73.0	72.7	71.9	69.5	69.1	62.1	59.1	60.3	65.9	72.1	75.1	74.6
Ort. toplam yağış (mm)	691.9	89.2	74.1	66.0	59.7	52.9	31.6	22.8	17.2	37.3	59.8	78.3	101.1
Ort. karla örtülen gün sayısı	9.3	3.4	3.3	0.9	0.0	-	-	-	-	-	-	0.1	1.6
Ort. rüzgar hızı (m/sn)	2.5	3.1	3.0	2.7	2.3	2.0	2.2	2.6	2.5	2.3	1.9	2.1	2.9
Ort. toprak sıcaklığı (5 cm)	16.4	4.6	5.9	8.6	14.6	21.0	26.4	29.3	28.9	23.7	16.8	10.7	6.4
Ort. toprak sıcaklığı (10 cm)	16.0	4.6	6.0	8.7	14.2	20.2	25.5	28.3	27.9	23.3	16.8	10.5	6.7
Ort. donlu gün sayısı	35.3	10.6	8.7	6.2	0.8	-	-	-	-	-	0.1	2.5	6.4
Güneşlenme süresi (saat/gün)	6.3	3.3	3.2	4.1	5.6	7.6	9.9	10.6	9.9	8.2	5.6	4.0	3.2
En yüksek sıcaklık(°C)	42.6	23.8	26.1	32.3	36.2	37.0	40.3	41.7	42.6	40.1	36.3	31.0	26.5
En düşük sıcaklık (°C)	-25.7	-20.5	-25.7	-10.5	-4.2	0.8	4.0	8.3	7.6	3.3	-1.0	-8.4	-17.9

KAYNAK: Ekeryılmaz 1995.

3.1.1.3. Toprak Özellikleri

Bursa ilinin değişik topoğrafyası, iklimi ve jeolojik yapı farklılıkları ile bitki örtüsündeki çeşitlilik; değişik özelliklere sahip toprakların oluşumuna neden olmuştur. Bu durum, bitki besin maddeleri kapsamında da kendini göstermektedir. Genel bir değerlendirme ile daha çok aluvyal, kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman, rendzina, hidromorfik aluvyal ve vertisol toprakların yer aldığı söylenebilir. Bursa ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç durumuna göre; Bursa ili tarım topraklarının % 41'i tınlı, % 53.5'i killi-tınlı, % 5'i kumlu bünyeye sahiptir. Bu dağılım ilde tarım için uygun toprak bünyesi varlığını göstermektedir (Anonim 1983).

Araştırma alanında yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin % 91.4'ü killi, % 6.9'u kumlu-killi-tınlı ve % 1.7'sinin de tınlı bünyede oldukları belirlenmiştir. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi araştırma alanında bulunan toprakların çoğunluğu ağır bünyeye sahiptir (Katkat ve ark. 1984).

Araştırma alanı olan U.Ü. Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinin toprak etüd haritası Şekil 3.1'de verilmiştir. Şekil 3.1'den de görüldüğü gibi alanda vertisol (V), rendzina (R), kahverengi orman toprakları (M) ve aluvyal topraklar (A) olmak üzere dört büyük toprak grubu bulunmaktadır.

Vertisol grubu topraklar, arazinin hafif eğimli (% 2-4) olan yerlerinde bulunmaktadır. Orta derin, yada derin profile sahiptirler. Ana maddeleri; açık gri veya bazı bölümlerde beyaza yakın renkte kil, yada kireçce zengin materyallerdir. Rendzina grubu topraklar etüd alanının hafif ve orta eğimli (% 6-9) bölümlerinde yer almaktadır. Derinlikleri çok sığ-sığ arasında değişmekte ve toprak derinliği 50 cm'yi geçmemektedir. Toprak bünyesi killi ve killi-tınlıdır. Kahverengi orman toprakları, alanın en fazla eğime sahip bölümlerinde bulunmaktadır. Ortalama eğim %12 civarında ve toprak derinliği azdır. Erozyon nedeniyle şiddetli aşınım gözlenmektedir. Aluvyal grubu topraklar etüd alanının Nilüfer çayına yakın bölümlerinde bulunmaktadır. Toprak profili orta derinliktedir. Toplam 5045 dekar olan araştırma alanının, 50 dekarında aluvyal karakterli topraklar yer almaktadır (Katkat ve ark. 1984).

Yukarıda da açıklandığı gibi, hafif eğimli arazilerde bulunan orta derin veya derin profilli, ince bünyeli vertisol, hafif yada orta-ince bünyeli profile sahip, orta şiddette erozyona uğramış rendzina ve orta eğimli yerlerdeki çok sığ derinlikte, orta-ince bünyeli ve şiddetli erozyona uğramış kalkersiz kahverengi topraklardan oluşmuştur (Katkat ve ark. 1984).

Araştırma alanında buğday ve ayçiçeği ekim bölgelerinden alınan toprak örneklerine ilişkin tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir (Ekeryılmaz ve Demir 1996).

Çizelge 3.2. Araştırma Alanı Toprak Örneklerinin Tarla Kapasitesi ve Hacim Ağırlığı Sonuçları

Katman derinliği (cm)	Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Tarla kapasitesi	
		(%)	(mm)
0-15	1.35	30.00	60.75
15-30	1.42	30.30	129.08
30-60	1.47	30.70	135.39
60-90	1.67	30.10	150.80

3.1.1.4. Tarımsal Yapı ve Üretim

Araştırma alanında, Marmara iklim kuşağı içerisinde yer alabilecek bitkilerin yetiştirilmesi mümkündür. Çizelge 3.1’deki iklim verilerinin incelenmesinden de görüleceği gibi, üretimi kısıtlayıcı faktör, yaz yağışlarının yetersizliği ile Ocak ve Şubat aylarında görülen donlar olmaktadır. Araştırma alanında yetiştirilen bitkilerin ekim alanları dikkate alındığında, en fazla kuruda buğday ve ayçiçeği üretiminin yapıldığı görülmektedir.

Bu alan topraklarının killi ve geçirgenliğinin çok düşük olması ve ilkbaharda düşen yağışların fazlalığı verimin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum aynı zamanda ürün çeşitlerini büyük ölçüde sınırlamaktadır.

3.1.2. Veri Tabanı

Çalışmada DSSAT v3. bilgisayar paket programının benzetim için gereksinim duyduğu, bitki, iklim ve toprak veri tabanı olmak üzere 3 temel veri tabanı ile bu veri tabanlarının bir araya getirilmesiyle elde edilmiş olan deneme veri tabanı oluşturulmuştur.

3.1.2.1. Bitki Veri Tabanı

DSSAT programının temeli olan bitki veri tabanında, seçilen örnek alanına ilişkin gerekli veri tabanı oluşturulurken, özellikle bu yetiştirilecek bitki çeşidine ilişkin gerekli bilgilerin oluşturulması gerekmektedir. Örnek alanda yetiştirilecek bitki çeşidi seçimine karar verildikten sonra bitkinin fizyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla genetik katsayılarının belirlenmesi gerekir.

Belirli bir çeşidin nasıl bir genotip katsayısına sahip olduğu, maksimum ve minimum sıcaklığa, gün uzunluğuna, toprağın su ve azot içeriğine, çeşidin morfolojisine, genotip-çevre etkileşiminin kontrollü veya tarla koşullarında yapılmasına bağlıdır. Ancak, model kullanıcıları bitkinin yetiştiği ortamı kontrol eden etmenleri tam olarak belirleyemediklerinden, bu katsayıları, ölçüm değerlerinden saptayamamaktadırlar. Buradan hareketle Hunt ve ark. (1993) genotip katsayısını hesaplayan GENCALC (Genotype Coefficient Calculator) adı verilen bilgisayar programını geliştirmişlerdir. Bu programla belirlenen herhangi bir çeşidin genetik katsayıları, anılan çeşidin CERES-Wheat bitki gelişim modeli ile test edilebilmesini sağlamaktadır.

Genetik katsayılar kullanılarak, farklı toprak ve iklim koşullarında bitki gelişim modelleri ile çeşitli genotiplerin özelliklerinin daha doğru tahmin edildiği belirlenmiştir. Bu amaçla bu katsayılarla, çevre ve genotip etkileşimlerini çözmeye yönelik programlardan biri olan GENCALC, arazide ölçülen değerleri ve başlangıçta verilen uygun katsayıları kullanarak, deneme yanılma yoluyla genotipler için genetik katsayıları belirlemektedir (Hunt ve ark. 1993; Hunt ve Pararajasingham 1993).

CERES-Wheat modelinde kullanılan çeşide ilişkin genetik katsayıların hesaplanması Genotip menüsü içerisinde yer alan GENCALC isimli alt program ile yapılmaktadır.

Ülkemizde geniş bir ekim alanına sahip olması, Bursa bölge koşullarında da yetiştiriciliğinin yapılması nedeniyle, DSSAT programı içerisinde genetik katsayıları hesaplanmış olan Bezostaya buğday çeşidi çalışmada kullanılacak bitki çeşidi olarak seçilmiştir.

Rusya orjinli olan Bezostaya, Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından adaptasyon denemelerine tabii tutularak 1970 yılında tescil ettirilmiştir.

Bezostaya çeşidinde 1991 ve 1999 yılları arasında bölge koşullarında yapılan bir çalışmada, kuru koşullarda Ekim ayında ekimi yapılan bu çeşide ilişkin elde edilen başaklanma tarihleri aşağıdaki Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Bezostaya Çeşidinin Bölge Koşullarında Başaklanma Tarihleri

Yıl	1991	1995	1996	1997	1998	1999
Başaklanma tarihi	01.06	24.05	28.05	29.05	01.06	27.05

Çizelgedeki değerler incelendiğinde başaklanma tarihlerinin 24.05-01.06 tarihleri arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler sulanır koşullarda yıllara göre 1-5 gün daha gecikebilmektedir.

Bezostaya çeşidine ait diğer genotip özellikler ise Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bezostaya Çeşidinin Genotip Özellikleri

Bitki boyu (cm)	Bin dane ağırlığı (gr)	Hektolitreye ağırlığı (kg)	Mertekarede başak sayısı	Başakta dane sayısı
100-130	31-38	77-82	400-600	20-35

Bu çeşide ilişkin genetik katsayılar, DSSAT programında GENCALC bilgisayar programında yer alan hesaplanmış değerlerdir ve bu değerler Çizelge 3.5'te verilmiştir. Çeşide ilişkin genetik katsayılar bu çeşidin genotip karakteristiklerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.5. Bezostaya Çeşidine İlişkin Genetik Katsayılar

Çeşit	Genetik katsayılar					
	P1V	P1D	P5	G1	G2	G3
Bezostaya	6.0	2.9	5.0	4.3	3.1	1.9

P1V: Vernalizasyon Katsayısı**P1D:** Fotoperiyot Katsayısı**P5 :** Dane Dolu Süresi Katsayısı**G1 :** Dane Sayısı Katsayısı**G2 :** Dane Ağırlığı Katsayısı**G3 :** Başak Sayısı Katsayısı

Çeşide ilişkin genetik katsayılar da kimi özelliklerin tanımlanması gerekir. Örneğin; FILEA dosyasında modelde incelenen konuya ilişkin olarak; verim (kg/ha), birim dane ağırlığı (g), birim dane sayısı, fizyolojik olgunluk döneminde kuru madde miktarı (kg/ha), hasat döneminde kuru madde miktarı (kg/ha), yaprak alan indeksi, çiçeklenme tarihi, olgunluk tarihi tanımlanmalıdır. Ayrıca modelde anılan parametreler, model sonuçları ile karşılaştırma yapılabilmesi yönünden önemlidir.

3.1.2.2. İklim Veri Tabanı

DSSAT bilgisayar programında çalışmaların kolay yapılması ve kullanıcıların oluşturdukları veri tabanlarına ulaşımını hızlandırmak için programda kısaltmalar kullanılır. Bu amaçla, iklim veri tabanı oluşturulurken de öncelikli olarak iklim istasyonu tanımlanır (UUBU9001.WTH-UUBU9901.WTH). İstasyonun enlem, boylam, denizden yükseklik ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri girilir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. İklim İstasyonu Bilgileri (UUBU9001.WTH-UUBU9901.WTH)

Enlem	40 ⁰ 11'
Boylam	29 ⁰ 04'
Denizden yükseklik (m)	100
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	14.5

KAYNAK: Anonim 1974.

İklim istasyonun tanımlanmasından sonraki aşama bu istasyona ait verilerin girilmesi aşamasıdır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Uludağ Üniversitesi Meteoroloji İstasyonundaki otomatik (ADLAS) ölçerden alınan meteorolojik veriler, Weatherman menüsü içerisinde yer alan iklim verileri kısmında UUBU kısaltmasıyla tanımlanmıştır. DSSAT programında kullanılan iklim verileri maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış, solar radyasyon, çiglenme noktası sıcaklığı, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi değerleridir. Bu verilerin hepsi iklim istasyonu için gerekli veri tabanı oluşturulurken kullanılabilirdiği gibi sadece elde edilen verilerde kullanılabilir. Çalışma alanının iklim verileri, 1990-1999 yıllarına ait günlük maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış ve radyasyon değerlerinden oluşturulmuştur. Günlük veriler girildikten sonra, Weatherman programı içerisinde yer alan Aylık Değerlerin Hesaplanması menüsü yardımıyla günlük iklim değerlerinden benzetim yapılarak aylık iklim verileri ve çok yıllık benzetimle uzun yıllara ilişkin değerler oluşturulmuştur.

3.1.2.3. Toprak Veri Tabanı

DSSAT v3. programında oluşturacağımız bitki modelleri için gerekli olan bir diğer veri tabanı bitki gelişimi için gerekli ortamı sağlayan toprakla ilgili verileri içeren toprak veri tabanıdır.

Toprak veri dosyası, toprak profil özelliklerinin yer aldığı verileri içerir. Bu veriler toprak nem içeriği, toprakta azot, fosfor ve bitki modellerinin kök gelişim kısımlarına ilişkin bilgilerde kullanılır.

Toprak veri dosyasında, toprak bünye tanımlamaları ilk verileri içerir, tekstür ve derinlik bilgileri, toprak örneğinin tanımlandığı çalışma alanı, şehir ve ülkenin enlemi ve boylamı da tanımlanmaktadır.

DSSAT programında toprak menüsü içerisinde, çeşitli bölgeler ve çeşitli toprak özellikleri için programın alt menüsünde tanımlamalar yapılmış olsa da kullanıcılara bitki modellerinde kullanacakları yeni toprak profillerini yaratma imkanı da sağlamaktadır. Yeni toprak profil bilgileri; toprak verileri programında girilip *.SOL dosyası içerisinde hesaplama yapılarak, toprak karakteristik verilerinin yer aldığı veri tabanı oluşturulup benzer özellikte bir toprak veri tabanı seçilerek, tekst editörü yardımıyla direkt toprak parametreleri girilerek oluşturulmaktadır.

Toprak menüleri içerisinde yer alan veriler; toprak profil girdisi (toprak sınıflandırması, tekstür, profildeki tabaka sayısı), eğim ve renk, permeabilite, drenaj, toprak katman derinlikleri, toprak horizonları, kil yüzdesi, kum yüzdesi, silt yüzdesi, kaba fraksiyonları, organik karbon, hacim yoğunluğu, doymuş hidrolik iletkenlik, toplam azot, pH ve doymuş alüminyum'dur.

DSSAT programında UU00010001 kısaltmasıyla tanımlanan araştırma alanının toprak özellikleri; toprak tekstürü, eğim, drenaj, toprak katman derinlikleri, kil yüzdesi, kum yüzdesi, silt yüzdesi ve doymuş hidrolik iletkenlik değerleri tanımlanarak oluşturulmuştur.

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinin, tarım yapılan arazileri 16.000 da'lık Üniversite Kampüs Alanının 3500 da'lık bölümünü oluşturmaktadır.

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazilerinden alınan toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizlere ait sonuçlar Çizelge 3.7'de verilmiştir (Demir ve ark. 1996). Bu sonuçlara göre merkez toprakları ağır tekstürlü topraklar sınıfına girmektedir (Özgüven ve Katkat 1997).

Çizelge 3.7. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	PH
0-30	12.99	38.33	48.68	C	1.533	7.60
30-60	14.13	35.71	50.16	C	1.523	7.80

KAYNAK: Demir ve ark. 1996

Yapılan hidrolik iletkenlik denemelerinde elde edilen sonuçlara göre, toprakların hidrolik iletkenlikleri 0.04-0.0025 cm/sa arasında değişmektedir. En yüksek hidrolik iletkenlik değeri, aluviyal grubu toprakların bulunduğu 50 dekarlık alanda bulunmuştur. Aluviyal toprakların dışındaki alanın toprakları ise genel olarak geçirimsiz topraklar sınıfına girmektedir (Korukçu ve Değirmenci 1993).

Araştırma alanında drenaj sorunlarının nedenlerini, yağışlar ve yağışlardan akışa geçen yüzey akış suları oluşturmaktadır. Alanın bir kısmının düz ve düze yakın bir topoğrafyaya sahip olması ve toprakların "Çok Yavaş" geçirgen sınıfında olması nedeni ile kış yağışları yada normal mevsimlik ortalamasının üzerine çıkan yağışlar, alanın güney ve kuzeybatısındaki düzlüklerde su birikmesine ve tarımsal faaliyetlerin gecikmesine neden olmaktadır (Korukçu ve Değirmenci 1993).

3.2.Yöntem

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezine ilişkin bitki-iklim modellemesi çalışmasında, IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) tarafından geliştirilmiş DSSAT V3 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 3) bilgisayar paket programı kullanılmıştır.

3.2.1. DSSAT Bilgisayar Programı Genel Özellikleri

DSSAT; iklim, toprak ve kültürel uygulama bilgileri için yönetim programları veri tabanını; tahıl bitkileri, baklagiller ve kök bitkileri için benzetim modellerini, mevsimlik ve kısa dönem için analiz eden bir bilgisayar programıdır. DSSAT bitki modelinde, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları, toplam radyasyon ve yağış gibi günlük iklim verileri kullanılır.

DSSAT, bitki benzetim modelleri, veri tabanı girişi, yönetim ve benzetim uygulama programlarıyla bütünleşen bir bilgisayar yazılımını içerir. Sistem 12 adet tahıl, baklagil ve yumru köklü bitkilere ilişkin verim benzetim modelini içermektedir (Çizelge 3.8). Bu bitki benzetim modelleri ile bitki genetiği, iklim ve toprak koşulları ile bitkinin bir fonksiyonu olan büyüme, gelişim ve verim önceden tahminlenebilmektedir (Hoogenboom ve ark. 1998).

Çizelge 3.8. DSSAT Bilgisayar Programında Bitki Gelişimi-Verim Benzetimi Yapılan Bitki Çeşitleri

Bitki	Model	Geliştiren
	Tahıllar	
Arpa	Ceres-Barley	Otter-Nacke et al., 1991
Mısır	Ceres-Maize	Ritchie et al., 1989
Darı	Ceres-Millet	Singh et al., 1991
Pirinç	Ceres-Rice	Singh et al., 1993
Sorgum	Ceres-Sorghum	Alargarswany&Ritchie, 1991
Buğday	Ceres-Wheat	Godwin et al., 1989

Çizelge 3.8. (Devam) DSSAT Bilgisayar Programında Bitki Gelişimi-Verim Benzetimi Yapılan Bitki Çeşitleri

Bitki	Model	Geliştiren
	Baklagiller	
Kurufasulye	Beangro (Dry Bean)	Hoogenboom et al., 1994
Yerfıstığı	Pnutgro (Peanut)	Boote et al., 1989
Soya Fasulyesi	Soygro (Soybean)	Jones et al., 1989
	Kök ve Yumrular	
Aroids	Substor-Aroids	Prasad et al., 1991
Cassavo	Gumcas	Matthews & Hunt, 1994
Patates	Substor-Potato	Griffin et al., 1993

Model ile bitki verimi ve gelişimi hakkında tahminde bulunulurken, modelde çeşit, toprak, iklim ve yetiştirme tekniği gibi özelliklerin tanımlanması gerekmektedir (Çizelge 3.9). Bu verilerden yararlanarak benzetim sonuçları elde edilmektedir.

Çizelge 3.9. DSSAT Bitki Gelişim Modeli İçin Gerekli Minimum Veriler

Parametre	Gerekli minimum veri seti
İklim	Günlük maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, toplam radyasyon
Deneme Yeri	Toprak sınıflaması, enlem, boylam
Deneme	Başlangıç tarihi, parsel ve konuların tanımı, var ise önceki bitkiden kalan artık bitki miktarı
Toprak	Toprağın pH, ekimden önce azot düzeyi, ölçülmüş ise deneme süresince değişimi
Toprak nemi	Toprağın hacimsel su içeriği, ekimden önce ve ölçülmüş ise deneme süresince değişimi
Bitki çeşidi	Çeşidin adı, sıra aralığı, bitki popülasyonu, ekilen toprak derinliği
Gübre	Gübreleme tarihi, kullanılan gübre miktarı ve tipi
Sulama	Sulama tarihi, uygulanan sulama suyu miktarı
Gelişme dönemleri	Modelde belirtilen gelişme dönemlerine ulaşma zamanı, vejetatif ve generatif gelişme dönemleri
Hasat	Hasat alanı, dane verimi, kuru madde miktarı, yaprak ve sap ağırlığı, yaprak alanı, kök ağırlığı

KAYNAK: IBSNAT 1994.

3.2.2. Bitki Benzetim Model Yapısı

DSSAT bilgisayar programında, bitki benzetim modellerinin genel özelliği, girdi ve çıktı dosyaları için aynı formatın kullanılmasıdır. DSSAT'ta veri dosyaları, iklim koşulları, toprak fiziği ve kimyasal karakteristikleriyle tanımlanan konularla ilgilidir ve program içerisinde yer alan tüm modeller tarafından kullanılabilir (Şekil 3.2).

Deneme dosyalarında, önceden girilen örnek araştırma sonucu verileri ile benzetim sonuçlarını karşılaştırmak için, örnek alanına ilişkin araştırma yeri iklim ve toprak özellikleri, seçilen bitki çeşidinin genetik özelliklerinin tanımlanması gerekir (Şekil 3.2).

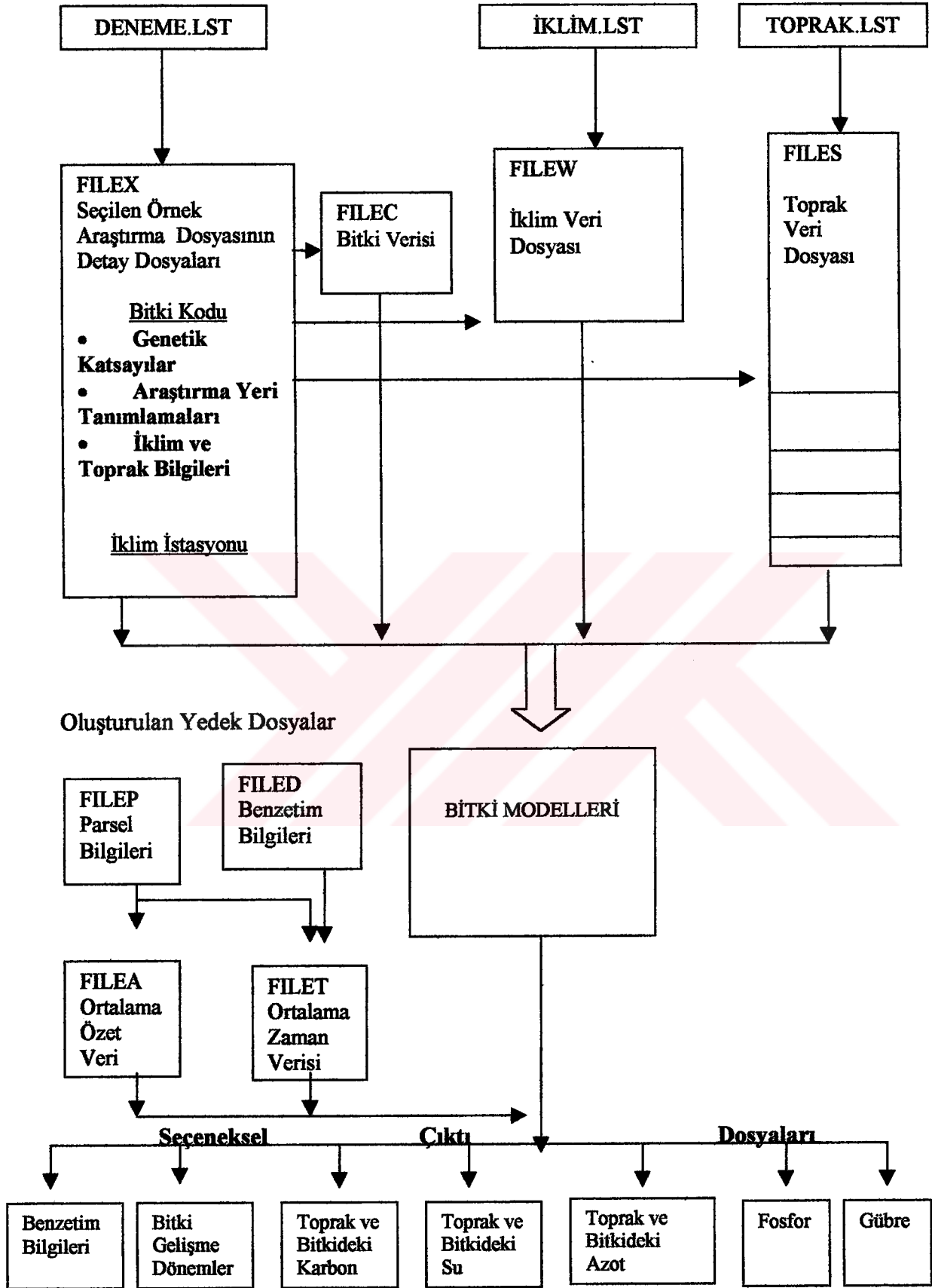
Araştırma alanının karakteristik iklim ve toprak özelliklerinin tanımlandığı dosyalarda oluşturulduktan sonra benzetim aşamasında oluşturulan bitki modellerinde; deneme veri dosyası, iklim veri dosyası ve toprak veri dosyaları bir araya getirilerek seçilen bitki çeşidine göre bitki modelleri oluşturulur. Ayrıca yedek dosyalar kısmındaki bilgiler; örnek alanın parsel bilgileri (parsel alanı, parsel uzunluğu, eğimi vs.), benzetim bilgileri (benzetim başlangıç tarihi), ortalama veri özeti ve ortalama zaman verilerine ilişkin bilgilerde tanımlandıktan sonra bitki modellerinde benzetim yapılarak çıktı dosyaları elde edilir.

Kullanıcının seçimine bağlı olarak elde edilen bu seçeneysel çıktı dosyaları; benzetim bilgileri, seçilen bitki çeşidinin gelişme dönemleri, gelişme dönemlerinde bitkideki ve topraktaki karbon, nem içeriği, bitki gelişme dönemlerinde azot, fosfor ve uygulanan gübre sonucunda verim değerleri bilgileri elde edilmektedir.

DSSAT paket programında; girdi dosyaları, çıktı dosyaları ve deneme veri dosyaları olmak üzere üç dosya yapısı bulunmaktadır ve bu dosyaların içerikleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. DSSAT v3'te Veri Dosyaları ve Programda Tanımlanan Kısaltmaları

Dosya ismi	Örnek dosya ismi	Tanımlama
<u>Girdi Dosyaları:</u>		
<u>Seçilen örnek araştırma sonuç dosyası</u>		
FILEL	DENEME.LST	Seçilen örnek araştırma sonuç dosyasına ilişkin ayrıntıları listeler (FILEXS)
FILEX	UUBU9901.SBX	Örnek araştırma dosyaları için; uygulanan tarım teknikleri, arazi koşulları, bitki yönetimi ve benzetim sonuçları bilgilerini içerir
<u>İklim ve toprak</u>		
FILEW	UUBU9901.WTH	Seçilen iklim istasyonu ve benzetim zaman periyodu için günlük iklim verileri listelenir
FILES	TOPRAK.SOL	Toprak verilerini içerir
<u>Bitki ve uygulanan teknik</u>		
FILEC	WHCER940.CUL	Bitki çeşitlerinde tarım teknikleri ve çeşit için bitki katsayılarını listeler
FILEE	WHCER940.ECO	Bitki çeşitleri için genetik katsayıları içerir
FILEG	WHCER940.SPE	Eksik bitki katsayılarının oluşturulması gerçekleştirilir
<u>Çıktı Dosyaları:</u>		
OUTO	GENELÖZET.OUT	Girdiler, bitki ve toprak değişkenlerinin özeti
OUTS	ÖZET.OUT	Özet bilgi: bitki ve toprak girdi ve çıktı değişkenlerinin özeti
OUTG	GELİŞİM.OUT	Gelişme dönemleri
OUTC	KARBON.OUT	Bitki ve topraktaki karbon
OUTW	SU.OUT	Bitki ve topraktaki su miktarı
OUTN	AZOT.OUT	Bitkideki azot
OUTP	FOSFOR.OUT	Fosfor
OUTD	GÜBRE.OUT	Gübreler, artıklar

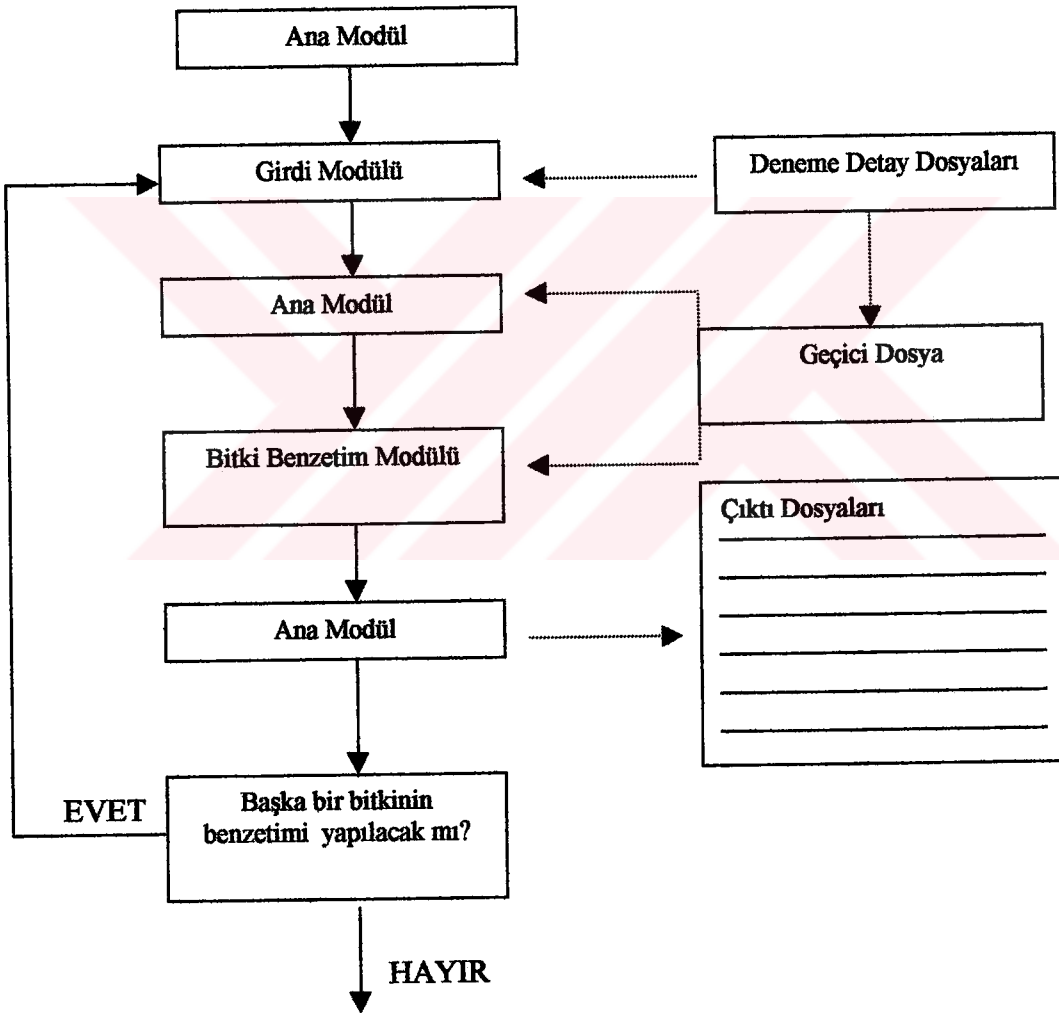


Şekil 3.2. Bitki Modellerinde Kullanılan Girdi, Çıktı ve Deneme Veri Dosya Yapısı

3.2.3. Bitki Gelişimi Benzetim Modeli

DSSAT v3 bitki gelişimi benzetim modeli; ana modül, girdi modülü ve bitki benzetim modülü olmak üzere üç modülden meydana gelmektedir (Şekil 3.3).

DSSAT v3'te girdi ve benzetim modülü tüm bitki gelişimi benzetim modellerinde kullanılır.



Şekil 3.3. DSSAT v3 Bitki Benzetim Modeli Bilgi Akışı (Hoogenboom 1994)

3.2.3.1. Ana Modül

Şekil 3.4'te gösterilen ana Modül, girdilerin ve bitki benzetim modellerinin kontrol edilmesi amacıyla oluşturulmuş bir modeldir (Hooogenboom 1994).

Girdi ve bitki benzetim modülleri ana modülden çağrıldığından, sistemin uygun bir şekilde çalışabilmesi için tüm girdi dosyaları aynı dizin içerisinde bulunmaktadır. Bununla birlikte, girdi dosyalarının bulunduğu dizin tanımlanmış ise modeller herhangi bir veri dizininden çalıştırılabilmektedir. Modelin çalışması için ana modül, girdi verilerinin bulunduğu dizinden çalıştırılır ve girdi ve bitki modülü adı bir komut satırı olarak tanımlanmaktadır.

Ana modülde tanımlanan bitki benzetim modelleri farklı değişkenlerle tanımlanır. Bu değişkenler ise; mısır, arpa, sorgum ve buğday CERES modelleri için GECER940.EXE; çeltik CERES modeli için RICER940.EXE; kurufasulye, soyafasulyesi ve yerfıstığı CROPGRO modelleri için CRGRO940.EXE; cassava CROPSIM- Cassava modeli için CSSIM940.EXE modülü tanımlanmaktadır.

Ana modül programı sadece interaktif benzetimler için kullanılır. Genetik katsayı hesaplayıcısı, mevsimlik analiz, sıra analizi ve coğrafi bilgi sistemi programları gibi DSSAT v3 içerisinde yer alan diğer elemanlar, model girdi modülü ve bitki benzetim modülüne bağlanmak için kendi ana modül programlarını kullanırlar.

3.2.3.2. Girdi Modülü

DSSAT v3 girdi modülü, hata kontrolü ve deneme dosyalarının okunması için geliştirilmiştir. Ayrıca kullanıcının duyarlılık analiz seçeneğinde girdilerde değişiklik yapabileceği bazı seçeneklerde sunar. Model girdi modülünün fonksiyonu, deneme alanına ilişkin deneme dosyalarının okunması, işlem yapmak için gerekli bilginin çıkartılması ve bitki benzetim modülü tarafından okunacak geçici bir girdi dosyasını yaratmaktır.

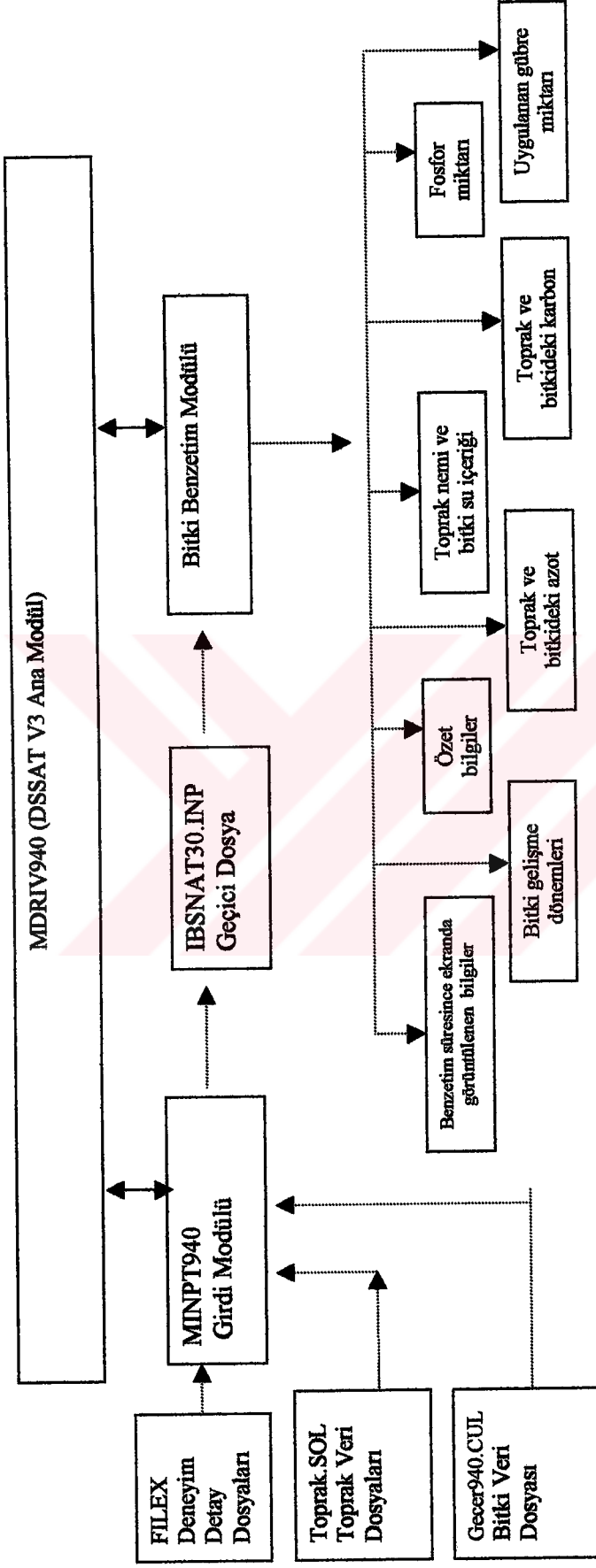
DSSAT v3 bitki benzetim modelinde kullanılmak üzere tanımlanmış formatta sadece bir geçici çıktı dosyası oluşturulması gerektiğinden, diğer bitki benzetim modellerinin sisteme eklenmesini sağlamaktadır.

3.2.3.3. Bitki Benzetim Modülü

Bitki benzetim modülü, girdi modülü tarafından oluşturulan model geçici girdi dosyasını okur ve tek bir mevsimlik benzetim yapar. Bitki modelleri için gerekli girdi bilgisini içerdiğinden, geçici dosya için doğru dosya ismi tanımlanmalıdır. Yeni bitki benzetim modülü eklendiğinde, yeni bitki benzetim modeli girdi dosyasını belirlemek için girdi modülünde bazı değişiklikler yapmak gerekir, yeni formatı yazmak içinde yeni bir alt dizin eklemek gerekmektedir.

Bitki benzetim modülü sonucunda elde edilen benzetim sonuçları, çıktı dosyası olarak ana modüle gönderilir. Model başka bitkiler için de benzetim yapıp yapmayacağımızı sorar, eğer benzetime devam edeceksek girdi modülü seçeneğine geri döner, benzetim sona erdiyse benzetim sonuçlarını çıktı dosyalarından elde edebiliriz.





Şekil 3.4. DSSAT v3 Bitki Benzetim Modülleri ve Girdi/Çıktı Dosyalarının İşleyişi (Hoogenboom 1994)

3.2.4. Programda Oluşturulan Temel Veri Tabanı

DSSAT programında çalışma alanı için gerekli temel veri tabanları oluşturulduktan sonra, örnek deneme alanına ilişkin temel veri dosyası oluşturulur. Temel veri dosyasında, oluşturulan tüm veri tabanları bir araya getirilmektedir ve benzetim modelinin çalışması için gerekli bilgileri kapsamaktadır.

Oluşturduğumuz deneme örneklerinde; uygulanan tarım teknikleri (sulama, gübreleme, ilaçlama vb), çalışma alanının tanımlanması (dren tipi, dren derinliği, toprak tekstürü, toprak derinliği, daha önce tanımlanan toprak ve iklim verileri), seçilen bitki çeşidiyle ilgili bilgiler (ekim zamanı, metrekarede bitki sayısı, ekim yöntemi, sıra aralığı, ekim derinliği vb), çevresel etmenler (gün uzunluğu, radyasyon, maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, nem, rüzgar hızı vb) ve hasat (hasat zamanı, hasat yüzdesi vb) bilgileri oluşturulmaktadır.

Buğdayın ekim zamanı; bölgenin ekolojik koşullarına ve yetiştirilecek çeşidin fizyolojisine bağlı olmakla beraber özellikle iç bölgelerimizde 25 Eylül-25 Ekim; kıyı bölgelerimizde ise 15 Kasım-15 Aralık arasındadır (Ekeryılmaz 1995). Buğdayın ekim zamanını belirleyen temel faktör; toprak sıcaklığıdır. 5 cm'deki toprak sıcaklığı 8-10 °C olduğunda ekim yapılırsa, kök gelişmesi hızlı ve kök tacı derin olur. Bu da soğuğa ve kuraklığa karşı dayanıklılığı artırır (Kün 1988).

Buğday, serin iklim tahılları grubuna girdiğinden genellikle sonbaharda ekilerek kışlık olarak yetiştirilmektedir. Serin iklim tahıllarının çimlenme ve kardeşlenme devreleri arasında belli bir süre (5-60 gün) düşük sıcaklıkta (1-5 °C) kalarak vernalize olması gerekir. Vernalize olmayan serin iklim tahılları, vejetatif devreden generatif devreye geçemez, başka bir ifadeyle çimlenip kardeşlenir fakat sapa kalkıp, çiçek ve tohum bağlayamazlar (Kırtok 1987).

Bursa bölgesinin ekolojik koşulları ve bitki çeşidinin fizyolojik özelliklerine bağlı olarak Bezostaya bitki çeşidinin ekim zamanı iklim koşullarına bağlı 25 Ekim olarak belirlenmiştir. Bu tarihteki toprak sıcaklığı değeri, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Meteoroloji İstasyonunun ADLAS II otomatik ölçerden alınmıştır (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. Bezostaya Buğday Çeşidinin Ekiminin Öngörüldüğü Tarihteki Çok Yıllık Ortalama Toprak Sıcaklığı Değerleri

Ortalama günlük sıcaklık °C	15.4
Ortalama toprak sıcaklığı °C (5 cm)	9.6
En düşük toprak sıcaklığı °C (5 cm)	2.7
Ortalama toprak sıcaklığı °C (10 cm)	10.9
En düşük toprak sıcaklığı °C (10 cm)	5.1

Madran (1991), buğday ekim derinliğinin 5-6 cm , Kırtok (1987) ise 4-6 cm'nin uygun olduğunu, toprak derinliğinin kışlık çeşitlerde daha fazla, yazlık çeşitlerde ise daha az olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sulanan kışlık buğdayda atılacak tohum miktarı 60-100 kg/ha arasında değişmektedir, bitki yoğunluğu 120-200 adet/m², başak yoğunluğu ise 500-800 adet/m² arasında değişmektedir (Reitz 1976).

Kardeşlenme kapasitesi pek çok çeşide göre (Gerek 79, Atay 85, Sultan 95) daha düşük olan Bezostaya'da fazla tohumluk kullanılmakta, dolayısıyla bu çeşitte m²'de başak sayısı 400-600 arasında değişmektedir.

Araştırma alanında ise ekimi yapılan Bezostaya çeşidinin ekim derinliği 6 cm, sıra aralığı 15 cm, m²'de bitki sayısı 500 adet olarak alınmaktadır.

Bezostaya bitkisinin büyüme mevsimi boyunca on günlük periyotlara göre günlük ortalama su tüketimi ve mevsimlik net sulama suyu gereksinimi Penman-Monteith yöntemini esas alan FAO-CROPWAT paket programıyla hesaplanmıştır. Bitki gelişme dönemleri ve bu dönemlere ilişkin k_c bitki katsayıları ile farklı gelişme dönemlerine ilişkin k_y su-verim ilişkisi faktörleri bu hesaplamalarda kullanılmıştır (Çizelge 3.12) (Anonim 1998). Maksimum bitki su tüketimi ve net sulama suyu gereksinimleri Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.12. Bezostaya Bitkisinin Gelişme Devreleri ve k_c Katsayıları

Bitki gelişme dönemleri	1	2	3	4	Toplam
Gelişme dönemi süresi (gün)	65	65	65	35	230
Bitki katsayısı (k_c)	0.60	-	1.20	0.70	
Kök derinliği (m)	0.30	0.60	1.40	1.40	
Su-verim katsayısı	0.20	0.60	0.50	0.40	1.00

Çizelge 3.13. Bezostaya Bitkisinin Su Tüketimi ve Net Sulama Suyu Gereksinimi

Ay	Gün	Dönem	k_c	Et mm/gün	Net sulama suyu gereksinimi mm/mevsim
Ekim	3	1	0.60	1.20	0.0
Kasım	1	1	0.60	1.02	0.0
Kasım	2	1	0.60	0.84	0.0
Kasım	3	1	0.60	0.80	0.0
Aralık	1	1	0.60	0.76	0.0
Aralık	2	1	0.60	0.72	0.0
Aralık	3	1	0.60	0.70	0.0
Ocak	1	2	0.65	0.73	0.0
Ocak	2	2	0.74	0.81	0.0
Ocak	3	2	0.83	0.97	0.0
Şubat	1	2	0.92	1.14	0.0
Şubat	2	2	1.02	1.32	0.0
Şubat	3	2	1.11	1.66	0.0
Mart	1	2/3	1.18	2.00	0.0
Mart	2	3	1.20	2.28	1.8
Mart	3	3	1.20	2.64	6.4
Nisan	1	3	1.20	3.00	11.0
Nisan	2	3	1.20	3.36	15.6
Nisan	3	3	1.20	3.76	21.0
Mayıs	1	3	1.20	4.16	26.5
Mayıs	2	4	1.13	4.29	29.2
Mayıs	3	4	0.99	4.14	29.4
Haziran	1	4	0.84	3.88	28.4
Haziran	2	4	0.70	3.50	13.2
Toplam					182.6

Çalışmada, Bezostaya bitkisinin sulama zamanının planlanması ve her sulamada uygulanacak net sulama suyu gereksinimi CROPWAT paket programıyla hesaplanmıştır. Çiçeklenme ve başaklanma döneminde nem eksikliğinin daha önemli olduğu (Korukçu ve Arıcı 1987) ve destekleme sulamanın bu dönemde yapılmasının önemli olduğu düşüncesiyle, bu dönemler için CROPWAT paket programıyla hesaplanan sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100 karşılanması durumunda verim ve bitki gelişim parametrelerinin tahmini yapılmıştır.

Uygulanacak amonyum nitrat miktarı, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen buğday çeşitlerine uygulanan miktar göz önünde bulundurularak, 30 cm uygulama derinliğinde, 25 kg/ha olarak ön görülmüştür.

Bitkiyle ilgili olarak uygulanan tarım teknikleri (sulama, gübreleme vb), bitki çeşidiyle ilgili bilgiler (ekim zamanı, metrekarede bitki sayısı, ekim yöntemi, sıra aralığı, ekim derinliği vb) deneme veri dosyasında oluşturulduktan sonra çalışmayla ilgili olan çevresel etmenlerdeki (gün uzunluğu, radyasyon, maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, nem, rüzgar hızı vb) değişikliklerde tanımlanmıştır.

Dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan çalışmalarda, ülkemizin bulunduğu enlemlerde sıcaklığın 2~3⁰C arasında artacağı tahmin edilmektedir (WMO ve UNEP 1990). Gelecekteki iklim değişikliği üzerine yapılan matematiksel modellerde, dünyanın ortalama sıcaklığının 2~4⁰C arasında artacağı beklentisi (Ahrens 1988) göz önünde bulundurularak, çalışmada, 1⁰C, 2⁰C, 3⁰C ve 4⁰C sıcaklık artışları, çevresel etmenler olarak temel veri dosyasında oluşturulmuştur.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

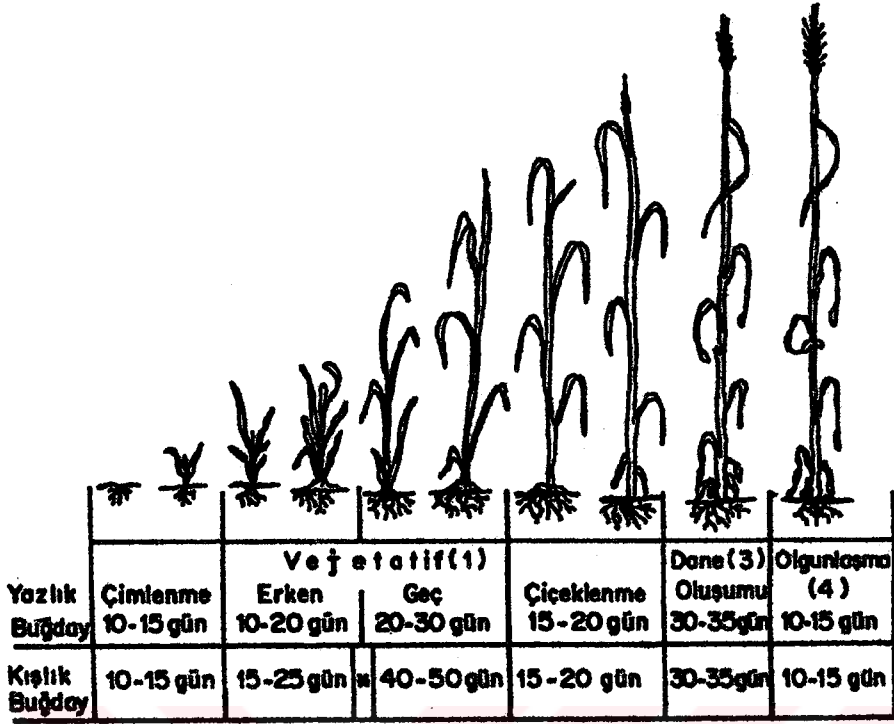
Programda oluşturulan deneme veri tabanlarına göre elde edilen benzetim sonuçları, çıktı dosyası altında yer almaktadır. Bu çıktı dosyaları Ekler bölümünde her bir deneme veri tabanı için verilmiştir. Benzetim sonuçlarında; bitki gelişme dönemleri, ekimden hasada kadar hangi tarihlerde gelişme gösterdiği, toplam gelişme süresi, gelişme dönemlerinde; kuru madde miktarı (kg/ha), yaprak alan indeksi, yaprak sayısı, hasat indeksi, dane ağırlığı, evapotranspirasyon (mm), yağış (mm), sulama miktarı (mm) ve bitkide azot miktarı (kg/ha ve % cinsinden) elde edilmiştir. Ancak gerçek araştırma sonuçlarından elde, dane verimi, kuru madde miktarı, hasat indeksi, m²'de başak sayısı, dane ağırlığı ve evapotranspirasyon değerleri bulunduğundan, benzetim sonuçları değinilen veri tabanı ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Buğdayın Bitki Gelişme Dönemlerinin Belirlenmesi

Ekimi 25/10/1998 tarihinde yapılan Bezostaya çeşidine ilişkin benzetim sonuçları ile aynı tarihte Araştırma ve Uygulama Merkezinde ekimi yapılan Pehlivan buğday çeşidine ilişkin, bitki gelişme dönemleri ve tarihleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bezostaya ve Pehlivan Buğday Çeşitlerinin Farklı Gelişme Dönemleri ve Tarihleri

Gerçek Değerler	Model Sonuçları	Gelişme dönemleri	Gelişme dönemi süresi (gün)	
			Gerçek	Model
25 Ekim 1998	25 Ekim 1998	Ekim	0	0
26 Ekim 1998	26 Ekim 1998	Çimlenme	1	1
01 Kasım 1998	02 Kasım 1998	Çıkış	7	8
20 Mart 1999	24 Mart 1999	Sapa Kalkma	146	150
10 Nisan 1999	15 Nisan 1999	Vejetasyon Sonu	167	172
25 Nisan 1999	26 Nisan 1999	Başaklanma Sonu	182	183
15 Mayıs 1999	08 Mayıs 1999	Dane Dolum Başlangıcı	202	195
25 Haziran 1999	12 Haziran 1999	Olgunlaşma	243	230
25 Haziran 1999	12 Haziran 1999	Hasat	243	230



* Kış dinlenme periyodu 90 günden fazla

Şekil 4.1. Buğday Bitkisinin Gelişme Dönemleri (Doorenbos 1979)

Doorenbos ve Kassam (1979), tarafından yapılan çalışmada yazlık buğdayda gelişme dönemi süresi 100-130 gün, kışlık buğdayda gelişme dönemi süresi 180-250 gün olarak bulunmuştur. Yaptıkları çalışmada, çimlenme süresini 10-15 gün, vejetatif gelişme dönemi süresini 145-165 gün, çiçeklenme süresini 15-20 gün, dane oluşumu süresini 30-35 gün, olgunlaşma süresini ise 10-15 gün olarak belirtmişlerdir (Şekil 4.1).

Benzetim sonuçlarına göre; bitki gelişme dönemi süresi toplam 230 gün, çimlenme süresi 10 gün, vejetatif gelişme dönemi süresi 150 gün, çiçeklenme süresi 12 gün, dane oluşum dönemi süresi 33 gün, olgunlaşma süresi ise 12 gün olarak elde edilmiştir. Benzetim sonuçlarında 230 gün olan gelişme dönemi süresi, gerçekte 243 gün olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar ile gerçek değerleri karşılaştırdığımızda, gelişme dönemi sürelerinin aynı olduğu, gelişme dönemi tarihlerinin ise sadece olgunlaşma ve hasat tarihlerinde farklılık gösterdiği görülmüştür. Arazi denemelerinde Pehlivan çeşidinin, gelişme döneminin uzun sürmesi ve hasatın Bursa yöresinde geleneksel olarak tamamen bitkinin kuruması beklentisiyle geç yapılması bu farklılığın nedeni olarak söylenebilir.

4.2. Sıcaklık Artışı ve Sulama Uygulamalarının Verim Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık artışı ve sulama uygulamalarının verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla oluşturulan deneme dosyalarında; 1°C, 2°C, 3°C ve 4°C sıcaklık artışları ile bitkinin sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100 su uygulamaları ile karşılanması incelenmiş ve sonuçları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Verim

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	4083 kg/ha	5765 kg/ha
1°C	3191 kg/ha	5643 kg/ha
2°C	2662 kg/ha	5338 kg/ha
3°C	2318 kg/ha	4848 kg/ha
4°C	2237 kg/ha	4428 kg/ha

Buğdayın bu bölge için sulama suyu gereksinimi CROPWAT paket programıyla 182 mm olarak bulunmuştur. Ancak uygulamada bu gereksinimin tamamının karşılanması yerine destekleme amacıyla belirli bir miktarı verilmektedir. Çünkü çiçeklenme ve başaklanma döneminde oluşabilecek su eksikliğinin verim üzerindeki etkisi oldukça önemlidir (Korukçu ve Arıcı 1987).

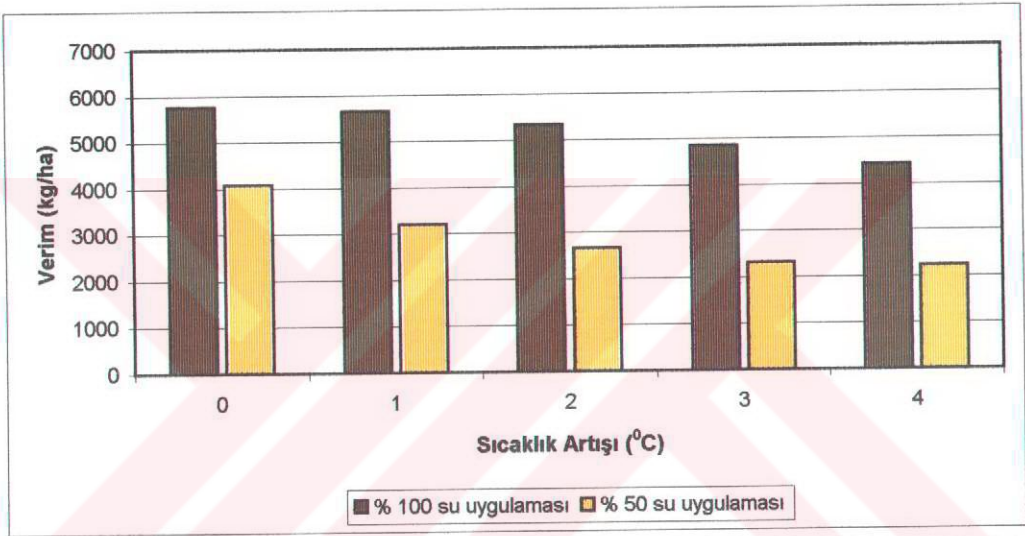
Çalışmada Mart, Nisan ve Mayıs ayının ilk devresine kadar oluşan sulama suyu gereksinimi olan 97 mm’nin tamamının iki uygulama ile verilmesi düşünülmüştür. Kısıtlı su uygulama koşulu olan %50 için Mart ayının ikinci devresinde 13.5 mm, Nisan ayının ikinci devresinde ise 35 mm su uygulaması, % 100 su uygulaması koşulunda ise, Mart ayının ikinci devresinde 27 mm, Nisan ayının ikinci devresinde ise 70 mm su uygulaması koşulları öngörülmüş ve bu uygulamalara karşın elde edilen verim artışları izlenmiştir.

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde verim kayıtları tutulan, Pehlivan buğday çeşidinin 1996-2001 yılları arasındaki verim değerleri Çizelge 4.3’te verilmiştir.

**Çizelge 4.3. Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama
Merkezi Verim Değerleri**

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Verim (kg/ha)	4250	4200	3310	3510	5050	3750

1999 yılı verim değerleri ile DSSAT v3 programında uygulanan senaryolar sonucunda elde edilen benzetim sonuçlarını karşılaştırdığımızda, meydana gelen değişim \pm % 10-65 arasındadır. 1999 yılında elde edilen gerçek verim değeri 3510 kg/ha ile, sıcaklık artışları ve iki farklı su uygulaması koşulunda elde edilen verim değerleri arasında farklılıklar gözlenmiştir.



Şekil 4.2. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Verim Değişimi

Sıcaklık artışının olmadığı, % 50 su uygulaması olması durumunda % 16 artış gösteren verim 4083 kg/ha olurken, % 100 su uygulaması olması koşulunda 5765 kg/ha olmuş ve yaklaşık % 65'lik artış gözlenmiştir. Uygulanan % 50 su düzeyinde verim değerleri 2237-4083 kg/ha oluken, % 100 su uygulamasında bu değerler 4428-5765 kg/ha olmuştur.

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre en yüksek verim, sıcaklık değişiminin olmadığı ve % 100 sulama uygulaması koşulunda elde edilirken, en düşük verim % 36'lık azalışla 4°C sıcaklık artışı ve % 50 sulama uygulamasında elde edilmiştir.

Sıcaklık artışıyla bitki fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilenmekte, verimde azalmalar meydana gelmektedir. Sıcaklık artışının yanında su eksikliği de verimi benzer biçimde etkilemektedir. Çiçeklenme dönemi su eksikliğine en duyarlı dönemlidir.

Çiçeklenme döneminde su eksikliği nedeniyle meydana gelen verim azalışı, daha sonraki dönemlerde yeterli su verilse bile giderilemeyeceği Perrier ve Salkini (1991) tarafından da belirtilmektedir.

Benzetim sonuçlarına göre genel olarak verimdeki azalmaya, sıcaklık artışının ve yeterli sulama yapılmamasının neden olduğu söylenebilir.

Bu sonuçlara göre çiçeklenme ve vejetatif gelişme dönemlerinde bitkinin suya duyarlılığı oldukça fazladır. Dolayısıyla yapılacak destekleme sulamaların bu dönemde olanaklar ölçüsünde toprakta eksilen nemin tamamının karşılanması uygun olacağı söylenebilir.

4.3. Sıcaklık Artışı ve Sulama Uygulamalarının Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi

Uygulanan sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamalarının bitki gelişimi üzerindeki etkilerini incelemek için oluşturulan deneme dosyalarının benzetim sonuçlarını karşılaştırdığımızda farklı uygulamalar için farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Sıcaklığın 1°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması ve % 50-100 su uygulaması koşullarında edilen benzetim sonuçlarına göre; çiçeklenme zamanı, fizyolojik olgunluk, hasat indeksi, metrekarede başak sayısı, dane ağırlığı ve evapotranspirasyon değişim sonuçları aşağıda alt bölümler olarak verilmiştir.

4.3.1. Çiçeklenme Zamanı

Sıcaklık artışı ve sulama uygulamalarını incelediğimiz deneme dosyasında elde edilen benzetim sonuçlarından elde edilen çiçeklenme zamanı değeri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.4. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Çiçeklenme Süreleri

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	187 gün	187 gün
1°C	184 gün	184 gün
2°C	181 gün	181 gün
3°C	179 gün	179 gün
4°C	177 gün	177 gün

Çizelge 4.4 incelendiğinde, çiçeklenme zamanınının 177-187 gün arasında değiştiği, sıcaklık artışlarından etkilendiği, farklı su uygulamalarında değişmediği ve bitkinin daha erken çiçeklendiği görülebilir. Bitki sıcaklık artışıyla, gelişimini tamamlaması için gerekli olan sıcaklık değerine daha erken ulaşmakta, artan sıcaklıkla beraber gelişimini erken tamamlamaktadır. Bu durum bize modelin gelişme dönemlerini hesaplamada kullandığı yöntemin büyüme derece-gün değerine dayandığını göstermektedir. Bu nedenle sulama veya meydana gelebilecek bir yağış model tarafından bu fenolojik dönemlerin hesaplanmasında etkili olmamaktadır.

Elde edilen benzetim sonuçlarındaki çiçeklenme süresi ile gerçek değerleri karşılaştırdığımızda, 25 Ekim 1998 tarihinde ekimi yapılan Pehlivan buğday çeşidinin 25 Nisan 1999 tarihinde çiçeklendiği ve çiçeklenme süresinin 186 gün olduğu ve benzetim sonuçlarında elde edilen çiçeklenme süresiyle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

4.3.2. Fizyolojik Olgunluk

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamaları sonucunda elde edilen fizyolojik olgunluk zamanına ilişkin değerler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Fizyolojik Olgunluk Süreleri

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	230 gün	230 gün
1 ⁰ C	227 gün	227 gün
2 ⁰ C	225 gün	225 gün
3 ⁰ C	222 gün	222 gün
4 ⁰ C	219 gün	219 gün

Model benzetim sonuçlarına göre bu değerler, sıcaklık değerleriyle azalmakta, farklı su uygulama düzeyleri ile değişmemekte ve 219-230 gün arasında olmaktadır. Sıcaklık artışının olmadığı ve % 50-100 su uygulaması koşulunda 230 gün olan fizyolojik olgunluk süresi, her 1⁰C sıcaklık artışında 2-3 gün daha erken olgunluğa

ulaşmaktadır. Fizyolojik olgunluğunu 25 Haziran 1999 tarihinde tamamlayan Pehlivan çeşidinin toplam fizyolojik olgunluk süresi 243 gündür.

Doorenbos ve Kassam (1979), yaptıkları çalışmada buğday bitkisinin fizyolojik olgunluk zamanının 180-230 gün arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu değerler ile benzetim sonuçlarında elde edilen 219-230 gün fizyolojik olgunluk zamani, uyum içerisinde.

Sıcaklık artışları sonucunda bitkinin gelişimini daha erken tamamlaması nedeniyle fizyolojik olgunluk tarihlerinin sıcaklık artışına ters etki göstermesi doğal bir sonuçtur.

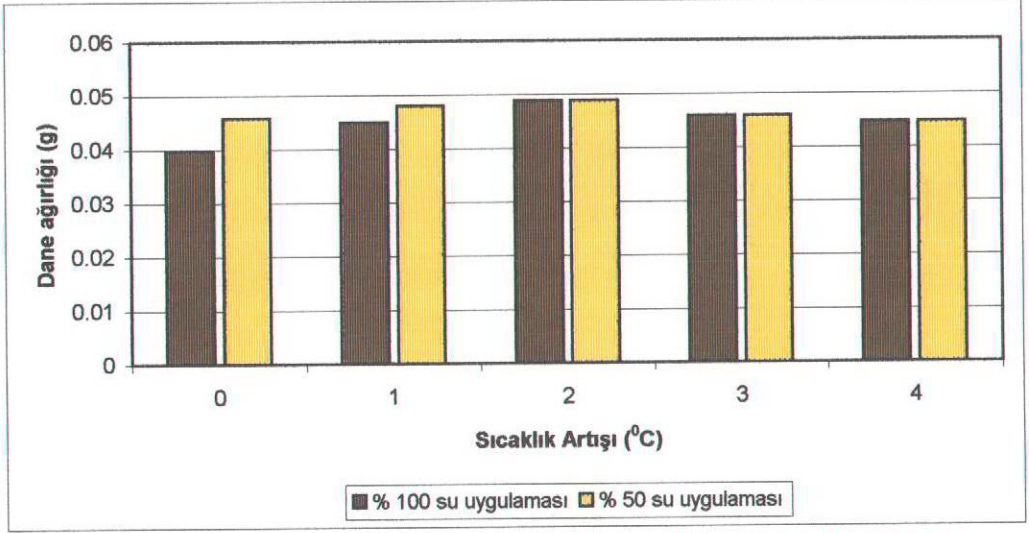
4.3.3. Dane Ağırlığı

Sıcaklığın 1°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması ve sulama suyunun % 50-100'nün uygulanması koşullarında elde edilen benzetim sonuçları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Bu sonuçlara dane ağırlığı, 0.0397-0.0480 g arasında değişmektedir.

Çizelge 4.6. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Dane Ağırlığı

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	0.0397 g	0.0458 g
1°C	0.0450 g	0.0480 g
2°C	0.0489 g	0.0489 g
3°C	0.0459 g	0.0459 g
4°C	0.0447 g	0.0447 g

En yüksek dane ağırlığı değeri, sıcaklığın 2°C artması ve % 50-100 su uygulamalarında % 114 artarak 0.0489 g olarak elde edilmiştir. Dane ağırlığında meydana gelen artış, dane dolum dönemindeki sulamadan kaynaklanmaktadır. Çünkü bitki, dane dolum dönemindeki su eksikliğine duyarlıdır ve bu dönemdeki su eksikliği dane ağırlığını olumsuz etkilemektedir (Doorenbos ve Kassam 1979).



Şekil 4.3. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Dane Ağırlığı Değişimi

Model benzetim sonuçlarına göre dane ağırlığı değeri, sıcaklık artışlarıyla artmakta, farklı su uygulama düzeyleri ile değişmemektedir. Bu artışlar, 0.0228 g olan gözlenmiş dane ağırlığı değerine göre % 75-115 düzeyinde farklılık göstermektedir.

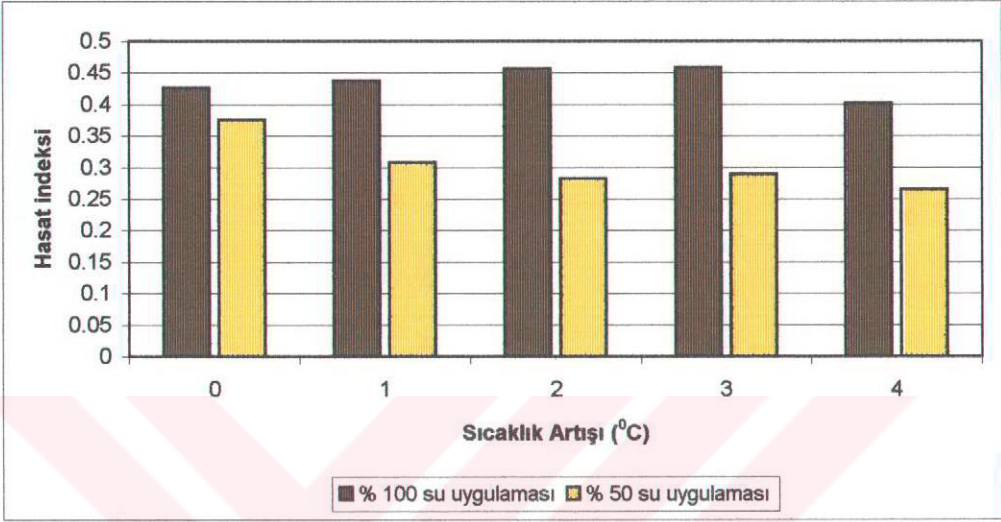
4.3.4. Hasat İndeksi

Hasat indeksi, birim alandan elde edilen dane ağırlığının, toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanmaktadır. Benzetim yapılan yıla ilişkin benzetim sonuçları Çizelge 4.7 ve Şekil 4.4'te verilmiştir. Benzetimi yapılan yıla ilişkin gerçek hasat indeksi 0.35 olarak ölçülmüş ve benzetim sonuçları bu değerle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.7. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Hasat İndeksi

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	0.376	0.426
1 ⁰ C	0.308	0.437
2 ⁰ C	0.282	0.456
3 ⁰ C	0.289	0.458
4 ⁰ C	0.265	0.402

Çizelgeden de görüleceği gibi, hasat indeksi sıcaklık artışlarına bağlı olarak çok değişim göstermemesine karşın, çiçeklenme ve başaklanma döneminde gereksinim duyulan sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanmaması durumunda oldukça azalmaktadır. En düşük hasat indeksi değeri 4⁰C sıcaklık artışı ve % 50 sulama uygulaması koşulunda 0.265 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Hasat İndeksi Değişimi

Hasat indeksinin en yüksek olduğu değer 2⁰C-3⁰C sıcaklık artışı ve % 100 su uygulaması olduğu koşulda elde edilmiştir. Dane ağırlığıyla orantılı olarak artan hasat indeksi, bu dönemde dane ağırlığının da artmasıyla en yüksek değere ulaşmıştır.

Sezen (1993), yüksek verimli çeşitlerde hasat indeksi değerinin 0.38 ile 0.50 arasında değiştiğini belirtmekte ve elde edilen benzetim sonuçları bu değerlerle uyum içerisinde görülmektedir.

4.3.5. Metrekarede Başak Sayısı

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamalarında elde edilen benzetim sonuçlarındaki metrekarede başak sayısı sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Yine aynı yıla ilişkin arazideki ölçüm sonuçları ise 7098 dane/m² olarak hesaplanmıştır.

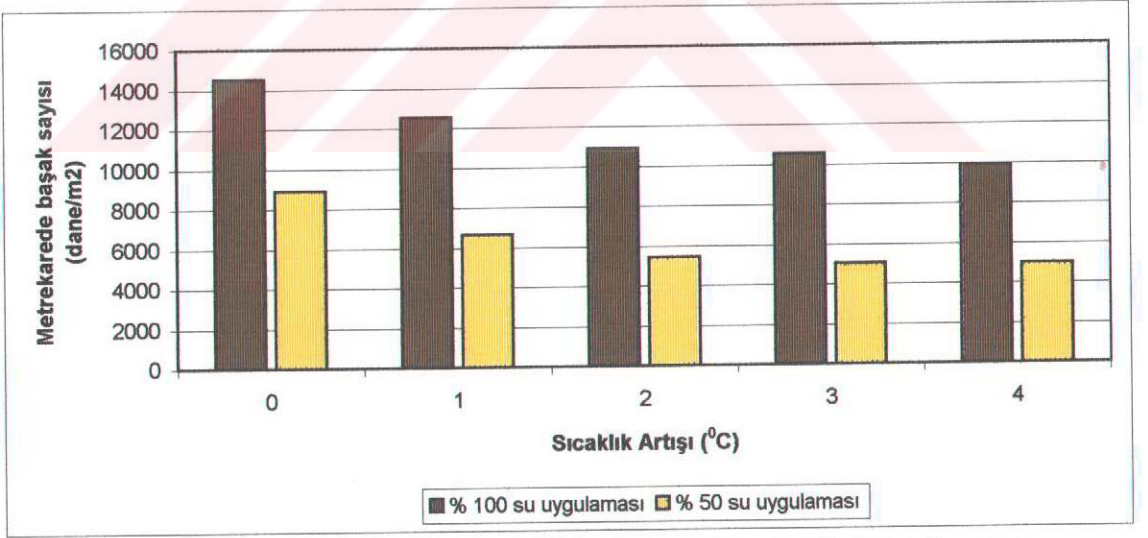
Elde edilen benzetim sonuçlarına göre, sıcaklık artışı ve % 50 su uygulaması koşulunda 5008-8905 dane/m² olan metrekarede başak sayısı, % 100 su uygulamasında

9912-14515 dane/m² olarak elde edilmiştir. Gözlem değerine göre, benzetim sonuçlarında elde edilen metrekarede başak sayısı değerindeki artış % 40-104 arasında değişmektedir.

Çizelge incelendiğinde metrekarede başak sayısı, hem su uygulama düzeyindeki azalışla hem de sıcaklık artışıyla azalmaktadır.

Çizelge 4.8. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Metrekarede Başak Sayısı

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	8905 dane/m ²	14515 dane/m ²
1 ⁰ C	6643 dane/m ²	12532 dane/m ²
2 ⁰ C	5441 dane/m ²	10911 dane/m ²
3 ⁰ C	5046 dane/m ²	10553 dane/m ²
4 ⁰ C	5008 dane/m ²	9912 dane/m ²



Şekil 4.5. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Metrekarede Başak Sayısının Değişimi

Model benzetim sonuçlarına göre, 4⁰C sıcaklık artışı ve % 50 su uygulamasında metrekarede başak sayısı % 30 azalarak 5008 dane/m² olarak elde edilmiştir. Metrekarede başak sayısında meydana gelen bu azalmanın nedeni, çiçeklenme ve başaklanma

dönemlerindeki su eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu dönemlerdeki su eksikliği başak sayısı, başak boyu ve herbir başaktaki dane sayısının azalmasına yol açtığı Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından da belirtilmektedir.

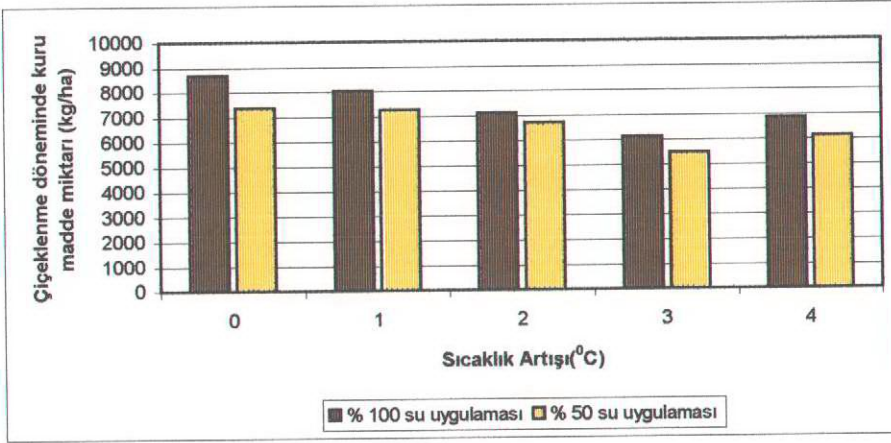
4.3.6. Kuru Madde Miktarı

Sıcaklığın 1°C, 2°C, 3°C ve 4°C artması ve % 50-100 sulama suyu uygulaması koşullarında elde edilen benzetim sonuçlarına göre çiçeklenme dönemindeki kuru madde miktarı Çizelge 4.9 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Çiçeklenme Döneminde Kuru Madde Miktarı

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	7352 kg/ha	8678 kg/ha
1°C	7262 kg/ha	8027 kg/ha
2°C	6720 kg/ha	7110 kg/ha
3°C	5460 kg/ha	6125 kg/ha
4°C	6124 kg/ha	6842 kg/ha

Model benzetim sonuçlarına göre çiçeklenme döneminde kuru madde miktarı, su uygulama düzeyindeki azalışla ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır. % 50 su uygulaması koşulunda 5460-7352 kg/ha olan çiçeklenme dönemindeki kuru madde miktarı, % 100 su uygulaması ile 6125-8678 kg/ha olmuştur. Çiçeklenme dönemindeki su eksikliği verimi olumsuz yönde etkilediği gibi kuru madde miktarının da azalmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.6. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Çiçeklenme Döneminde Kuru Madde Miktarındaki Değişim

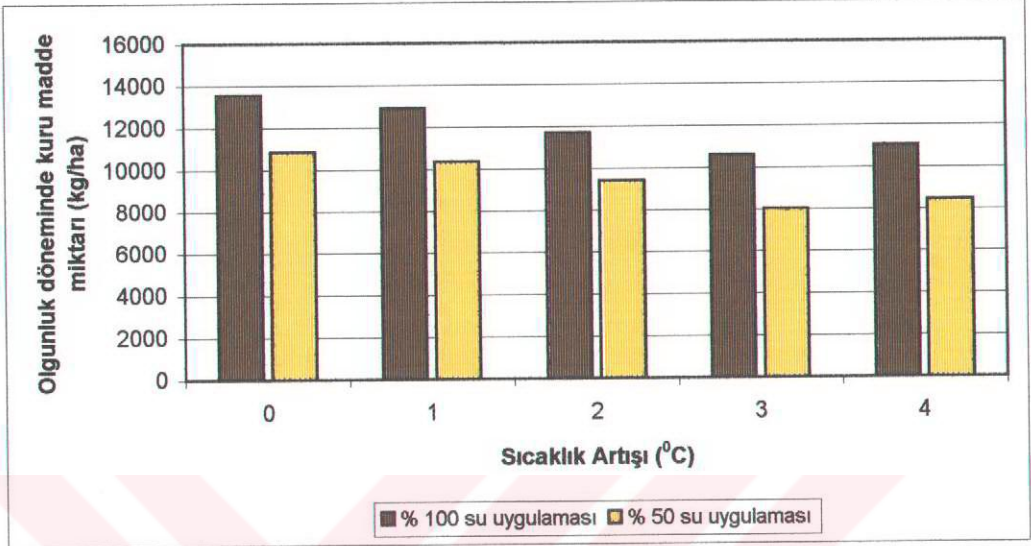
Sıcaklığın 1⁰C, 2⁰C, 3⁰C ve 4⁰C artması ve % 50-100 sulama suyu uygulaması koşullarında elde edilen benzetim sonuçlarına göre olgunluk dönemindeki kuru madde miktarı Çizelge 4.10 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Olgunluk Döneminde Kuru Madde Miktarı

Sıcaklık Artışı	Su Uygulaması	
	% 50	% 100
Sıcaklık artışı yok	10848 kg/ha	13545 kg/ha
1 ⁰ C	10352 kg/ha	12904 kg/ha
2 ⁰ C	9425 kg/ha	11699 kg/ha
3 ⁰ C	8027 kg/ha	10582 kg/ha
4 ⁰ C	8438 kg/ha	11007 kg/ha

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre, olgunluk döneminde kuru madde miktarı, su uygulama düzeyindeki azalışla ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır. Bitkide % 50 su uygulaması koşulunda 8027-10848 kg/ha olan olgunluk dönemindeki kuru madde miktarı, % 100 su uygulaması ile 10582-13545 kg/ha olmuştur. Elde edilen benzetim sonuçları ile gerçekte 10565 kg/ha olarak elde edilen olgunluk döneminde kuru madde miktarı arasında fazla bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Olgunluk dönemindeki su

eksikliği nedeniyle meydana gelen kuru madde miktarındaki azalış, çiçeklenme dönemindeki kuru madde miktarındaki azalıştan daha fazladır. Bunun nedeni ise, su eksikliğinin gerek çiçeklenme gerekse başaklanma dönemlerinde giderilmemesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.7. Sıcaklık Artışı ve % 50-100 Su Uygulaması Koşulunda Olgunluk Döneminde Kuru Madde Miktarındaki Değişim

4.3.7 Bitki Gelişme Dönemlerinde Evapotranspirasyon

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamaları için evapotranspirasyon değeri, programda yer alan olan Penman-Monteith yöntemine göre bulunmuştur.

Sıcaklık artışının olmadığı ve % 50-% 100 su uygulaması koşullarında elde edilen evapotranspirasyon değerlerini karşılaştırdığımızda, sulama uygulamalarına kadar aynı olan evapotranspirasyon değerinin, sulama uygulamalarıyla beraber değiştiği gözlenmiştir (Şekil 4.9).

Su uygulamasının % 50 olması koşulunda, günlük evapotranspirasyon değerleri azalırken, % 100 su uygulaması koşulunda günlük evapotranspirasyon değerleri artış göstermiştir.

Elde edilen benzetim sonuçları ile aynı yıla ilişkin bölge koşullarına ait ölçülmüş evapotranspirasyon değerleri Çizelge 4.11 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

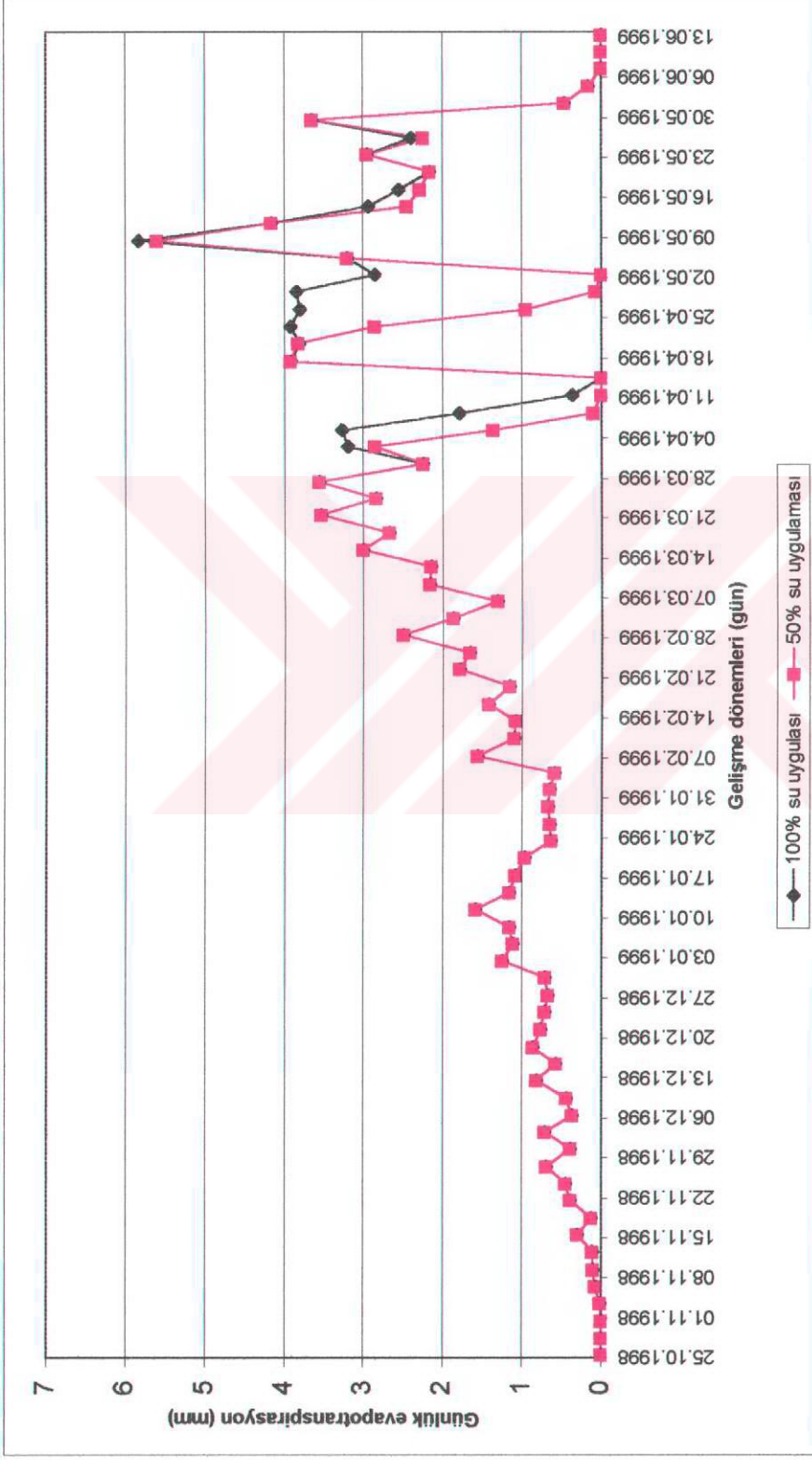
Çizelge 4.11. Ölçülmüş ve Benzetimi Yapılmış Evapotranspirasyon Değerleri

Aylar	Ölçülen evapotranspirasyon (mm)	% 50 Su uygulamasında evapotranspirasyon (mm)	% 100 Su uygulamasında evapotranspirasyon (mm)
Ekim	3.3	2.25	2.25
Kasım	1.29	1.38	1.38
Aralık	1.03	0.94	0.94
Ocak	1.26	1.35	1.35
Şubat	1.96	1.85	1.85
Mart	2.97	2.54	2.66
Nisan	4.07	2.46	3.74
Mayıs	5.45	2.91	4.14
Haziran	8.35	4.43	7.87



Şekil 4.8. Ölçülmüş ve Benzetimi Yapılmış Evapotranspirasyon Değerlerinin Değişimi

Model benzetim sonuçları ve benzetimin yapıldığı yıla ilişkin evapotranspirasyon değerlerini karşılaştırdığımızda, gözlenmiş değerlerle benzetim sonuçları arasındaki farklılığın bilhassa kış aylarında çok az olduğu ancak sıcaklıktaki artışla birlikte yaz aylarında bu farklılığın biraz arttığı görülmektedir.



Şekil 4.9. % 50-% 100 Su Uygulamalarında Evapotranspirasyon Miktarındaki Değişim

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sıcaklık artışı ve sulama uygulamalarının verim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla oluşturulan deneme dosyalarında; 1°C, 2°C, 3°C ve 4°C sıcaklık artışları ile bitkinin sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100 su uygulamaları ile karşılanması sonucunda, sıcaklık artışıyla bitkinin fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilendiği, verimde azalmaların meydana geldiği, sıcaklık artışının yanında su eksikliğinin de verimi benzer biçimde etkilediği görülmüştür..

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre genel olarak verimdeki azalmanın nedeninin, sıcaklık artışı ve yeterli sulama yapılmaması olduğu söylenebilir.

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamaları sonucunda elde edilen benzetim sonucunda, çiçeklenme zamanının 177-187 gün arasında değiştiği, gerçek ölçüm değeri olan 186 gün ile uyum içerisinde olduğu, sıcaklık artışlarından etkilenerek bitkinin daha erken çiçeklendiği ve farklı su uygulamalarında bu değerinde değişmediği sonuçları elde edilmiştir.

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre, 219-230 gün arasında olan fizyolojik olgunluk zamanının Pehlivan çeşidine ilişkin gerçek değeri 243 gündür. Sıcaklık artışlarıyla beraber fizyolojik olgunluk zamanı da erken gerçekleşmektedir.

Model benzetim sonuçlarına göre dane ağırlığı değeri, sıcaklık artışlarıyla artmakta, farklı su uygulama düzeyleri ile değişmemektedir. Benzetim sonuçlarına göre, 0.0397-0.0480 g arasında değişen dane ağırlığının gerçekte elde edilen değeri 0.0228 g'dır.

Hasat indeksinin, sıcaklık artışlarına bağlı olarak çok değişim göstermediği, buna karşın çiçeklenme ve başaklanma döneminde gereksinim duyulan sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanmaması durumunda oldukça azaldığı sonucu elde edilmiştir. Bu dönemdeki bitki su ihtiyacının karşılanması durumunda ise maksimum değere ulaştığı belirlenmiştir.

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamalarında elde edilen benzetim sonuçlarındaki metrekarede başak sayısının 5008-14515 dane/m² arasında değiştiği, gerçekte bu değerinde 7098 dane/m² olduğu, elde edilen sonuçlarla gerçek değerinde uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Model sonuçlarına göre, metrekarede başak sayısının

hem su uygulama düzeyindeki azalışla hem de sıcaklık artışıyla azaldığı, bunun nedeninin de çiçeklenme dönemindeki su eksikliğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Model benzetim sonuçlarına göre çiçeklenme ve olgunluk dönemlerindeki kuru madde miktarının, su uygulama düzeyindeki azalışla ve sıcaklık artışıyla azaldığı, benzetim sonuçları ile gerçek değer arasında fazla bir farklılık olmadığı elde edilmiştir.

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre, sıcaklık artışının olmadığı ve % 50-% 100 su uygulaması koşullarında elde edilen evapotranspirasyon değerlerinin, sulama uygulamalarına kadar değişmediği, sulama uygulamalarıyla beraber arttığı görülmüştür. Su uygulamasının % 50 olması koşulunda, günlük evapotranspirasyon değerleri azalırken, % 100 su uygulaması koşulunda günlük evapotranspirasyon değerlerinin arttığı sonucu elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar bütün olarak değerlendirildiğinde, sıcaklık artışının bitki gelişimi üzerinde etkili olduğu, bitki gelişimini ve verimi sınırlayıcı etkiler yaptığı, sıcaklık artışının yanında yetersiz su eksikliğinin de olumsuz etki yaptığı sonucu elde edilmiştir. Dolayısıyla yapılacak destekleme sulamaların, toprakta eksilen nemin tamamının karşılanması biçiminde uygulanması sonucunda bu etkinin azalacağı söylenebilir.

Modelde elde edilen, dane verimi, çiçeklenme ve fizyolojik olgunluk zamanı, dane ağırlığı, hasat indeksi, metrekarede başak sayısı, kuru madde miktarı ve evapotranspirasyon değerlerinin gerçek değerlere çok yakın sonuçlar verdiği ve modelin verim ve bitki gelişim etmenlerinin tahmininde kullanılabileceği söylenebilir. Bu tür çalışmaların arazi çalışmalarıyla desteklenmesi ve veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, model sonucu ile gerçek verim sonucu arasında bir farklılık bulunmasa da, modelin sıcaklık değişimine gösterdiği reaksiyon buğday bitkisinin veriminde azalmaya neden olmaktadır. Aynı durum, meteorolojik ve tarımsal olarak kurak olan vejetasyon döneminde, sulamanın buğday verimini ciddi miktarda arttırabileceğini de göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan, bitki ile ilgili parametrelerdeki belirsizlikler modelin sonuçlarına olumsuz etkide bulunmuştur. Bu parametrelerin ülkemiz şartlarında geçmişe yönelik belirlenebilmesi için yeterli veri tabanı bulunmamaktadır. Bu nedenle bitki-iklim modelleri çok disiplinli araştırmacıların ortaklaşa çalışmaları sonucunda geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

AHRENS, C.D. 1988. Meteorology Today. An Introduction to Weather, Climate and the Environment, 3rd Edition, West Publishing Com., p. 581.

ALEXANDROV, V.A., G. HOOGENBOOM. 2000. The Impact of Climate Variability and Change on Crop Yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology (104), p. 315-327.

ANONİM 1974. Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni, s. 111-112.

ANONİM. 1983. Köy İşleri ve Kooperatifleri Bakanlığı Bursa İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyaç Raporu. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları TOVED:06, Gen. Yay. No:734, Ankara, 75 s.

ANONİM. 1986. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) IBSNAT Technical Report 5, 58 p.

ANONİM 1998. Et_c Single Crop Coefficient (K_c). Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Cropwater Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Chapter 6, p. 5-38.

APPA, R.O. 1985. Estimation of Food Production Over India Based on Computers. India Meteorological Department Drought Research Unit, Pume, 411005, p.76-82.

BENLİ, E. ve A. TOKGÖZ. 1981. İklim Verilerinden Yararlanarak Buğday Üretiminde Verim Tahmini. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları:26/3, Ankara, s. 89-106.

BENLİ, E., A. BALABAN, S. KODAL, S. OLGUN, M.A.TOKGÖZ, F. ÖZTÜRK, F. SELENAY, İ. ŞAYLAN, Y.E. YILDIRIM. 1990. Türkiye Buğday Üretiminin Tahmini. Ankara Üniversitesi Yayınları:1191, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 654, Ankara, 52 s.

BENLİ, E. 1990. Türkiye Buğday Üretiminin Tahmini. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1191, s. 1-9.

BOUZADI, A. 1991. Cereal Cropping and Supplemental Irrigation in Tunisia. E.R. Perrier and A.B. Salkini (Editors), Supplemental Irrigation in the Near East and North Africa, Kluwer Academic Publication, Chapter 27, p. 513-527.

CARBERRY, P.S., R.C. MUCHOW, R.L. MCCOWN. 1989. Testing the CERES-Maize Simulation Model in a Semi-arid Tropical Environment. Field-Crops- Res. 20(4), p. 297-315.

CHIPANSHI, A.C., E.A. RIPLEY, R.G. LAWFORD. 1999. Large-scale Simulation of Wheat Yields in a Semi-arid Environment Using a Crop-growth Model. *Agricultural Systems* (59), p. 57-66.

ÇALDAĞ, B. 2000. Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki-İklim Modelleri İle Belirlenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 175s.

DEMİR, A.O., A. KORUKÇU, S. YAZGAN. 1996. Bursa Koşullarında Karık ve Damla Sulama Yöntemleri ile Sulanan Çileğin Verim ve Sulama Suyu Gereksinimi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, 30 Mart-2 Nisan 1995, Kemer-Antalya, s. 423-436.

DURAK, M. ve L. ŞAYLAN. 1998. İklim Değişiminin Tarımsal Meteorolojik Etkilerinin Modellerle Belirlenmesi. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, İstanbul, 21-23 Ekim 1998, s. 292-295.

DOORENBOS, J., A.H. KASSAM. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No:33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p.164-170.

EKERYILMAZ, A. 1995. Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Arazisinde İklim Verilerinden Yararlanılarak Ekim Zamanının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, p. 39-50.

EKERYILMAZ, A., A.O. DEMİR. 1996. Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Arazisinde İklim Verilerinden Yararlanılarak Ekim Zamanının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt no:12, s. 63-75.

FRANZINI, E. 1993. Agrometeorologische Untersuchungen an Pferdebohne (*Vicia faba* L.) und Sojabohne (*Glycine max* L.) Anhang Zweier Pflanzenwachstumssimulationsmodelle, Dissertation, Wien, p. 4-8.

GENÇOĞLAN, C. 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uygunluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 220 s.

GÜLER, M. 1980. Buğday Verimi ile Kullanılan Su ve Azot Miktarı Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 212 s.

GÜLER, M. 1987. Orta Anadolu Yıllık Meteorolojik Verileri Buğday Verimi ve İlişkisi, Bu İlişkinin Verim Tahmininde Kullanılması. Türkiye Tahıl Simpozyumu, TÜBİTAK, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa, 6-9 Ekim 1987, s. 271-279.

HODGES, T., D. BOTNER, L. SAKAMOTO, J. HAYS-HAUNG. 1987. Using the CERES-Maize Model to Estimate Production for the U.S. Conbelt. *Agricultural and Forest Meteorology* 40 (4), p. 293-303.

HOOGENBOOM, G., J.W. JONES, K.J. BOOTE. 1991. A Decision Support System for Prediction of Corn Yield. Evapotranspiration and Irrigation Management. Irr. And Drain. Proc. 1991, IR Div/ASCE Honolulu, p. 198-204.

HOOGENBOOM, G. 1994. Crop Models. A Decision Support System for Agrotechnology Transfer version 3. Volume 2-2, p. 109-114.

HOOGENBOOM, G., J.W. JONES, K.J. BOOTE. 1998. Identifying Seasonal Environmental Stress Effects on Plant Growth and Development Using a Crop Simulation Model. Understanding Options for Agricultural Production, Kluwer Academic Publishers, p. 95-116.

HUNT, L.A., S. PARARAJASINGHAM, J.W. JONES, G. HOOGENBOOM, D.T. IMAMURA, R.M. OGASHI. 1993. SOFTWARE GENCALC: Software to Facilitate the Use of Crop Models for Analyzing Field Experiments. Agronomy Journal (85), p. 1090-1094.

HUNT, L.A., S. PARARAJASINGHAM. 1993. GENCALC Genotype Coefficient Calculator User's Guide Version 2.0 Department of Crop Science Publication No.LAH-01-93, Crop Simulation Series No.1 (43), p. 213-227.

IBSNAT 1994. Input and Output Files. A Decision Support System for Agrotechnology Transfer Volume 2-1, p. 1-94.

JONES, J.W., J.T. RITCHIE. 1985. Crop Growth Models. Management of Farm Irrigation Systems. Edited by G.J. Hoffman, T.A. Howell, Solomon, ASAE, p. 44-52.

JONES, J.W., J.T. RITCHIE. 1990. Crop Growth Models. Management of Farm Irrigation Systems. Edited by G.J. Hoffman, T.A. Howell, Solomon, ASAE, p. 68-79.

KATKAT, A.V., F. AYLA, İ. GÜZEL. 1984. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliğinin Arazisinin Toprak Etüdü ve Verimlilik Durumu. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:3, s. 71-78.

KIRTOK, Y. 1987. Genel Tarla Bitkileri (Serin ve Sıcak İklim Tahılları). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No.30, 105 s.

KORUKÇU, A., İ. ARICI. 1987. Kimi Tahıl Türlerinde Sulamanın Etkinliği. Türkiye Tahıl Simpozyumu, TÜBİTAK ve Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 6-9 Ekim 1987, s. 201-207.

KORUKÇU, A., İ. ARICI, S. YAZGAN, K.S. GÜNDOĞDU. 1989. Bursa ve Yöresinde Su Kaynaklarına İlişkin Sorunlar. Marmara Bölgesinde Verimlilik Sorunları Sempozyumu, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 387, s. 109-119.

KORUKÇU, A. ve H. DEĞİRMENCİ. 1993. U.Ü. Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Arazisinin Drenaj Sorunları ve Çözüm Yolları Üzerinde Bir İnceleme. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:9, s. 151-161.

KÜN, E. 1988. Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1032, A.Ü. Basımevi Ders Kitabı:299, s.55, Ankara.

KÜN, E., M.S. ADAK, H. ULUKAN, H.Y. EMEKLİLER, N. DURUTAN, M. GÜLER, M. KARACA ve B. YILMAZ 1989. Türkiye'nin Tahıl Üretim Potansiyeli ve Stratejisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği 3. Teknik Kongresi, 8-12 Ocak 1990, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, A.Ü. Ziraat Fakültesi, s. 255-271.

LANDAU, S., R.A.C. MITCHELL, V. BARNETT, J.J. COLLS, J. CARIGON, K.L. MOORE, R.W. PAYNE. 1998. Testing Winter Wheat Simulation Models's Predictions Against Observed UK Grain Yields. Agricultural and Forest Meteorology (89), p. 85-99.

LARGE, E.G. 1954. Growth Stages of Cereals: Illustration of the Feekes Scale. Plant Pathology, 3(4), p. 120-128.

MADRAN, N. 1991. Yeni Tarım Kılavuzu. Hacettepe Taş Yayınları, 83s.

MUSICK, J.T., K.B. PORTER. 1990. Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewart and D.R. Nielson (Editors). Am. Soc. of Agron., Inc. Number 30, Madison, Wisconsin USA, p. 598-632.

OLGUN, M., Y. SERİN, F. PARTİGÖÇ. 1998. Erzurum Şartlarında Yağış Verileri Yoluyla Buğday, Mercimek ve Nohutta Verim Tahmini. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, İstanbul, 21-23 Ekim 1998, s. 243-253.

ÖZGÜVEN, N.Ç., A.V. KATKAT. 1996. Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durumunun Belirlenmesi. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:13, s. 43-54.

PENNING DE VRIES, F.W.T., D.M. JANSEN, H.F.M. TEN BERGE, A. BAKEMA. 1989. Simulation of Ecophysiological Processes of Growth in Several Annual Crops, Pudoe Wageningen, p.1-8.

PERRIER, E.R., A.B. SALKINI. 1991. Verification of Supplemental Irrigation of Spring Wheat. E.R. Perrier and A.B. Salkini (Editors) Supplemental Irrigation in the Near East and North Africa, Kluwer Academic Publishers, Chapter 17, p. 293-313.

REITZ, L.P. 1976. Wheat in the United States. US. Dept. Agric. Inf. Bull, 386 p.

RITCHIE, J.T. 1985. A User-Orientated Model of the Soil Water Balance in Wheat. Models in Wheat Agronomy. Wheat Growth and Modelling. Vol:86(27), p. 293-307.

RITCHIE, J. T., U. SINGH, D.C. GODWIN, W.T. BOWEN. 1998a. Cereal Growth, Development and Yield. In Understanding Options for Agricultural Production. G. Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P. K. Thornton (Editors), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 79-98.

RITCHIE, J., D. GODWIN. 1998b. Soil Water Balance and Plant Water Stress. Understanding Options for Agricultural Production, Kluwer Academic Publishers, p. 65-89 .

SEZEN, S.M. 1993. Çukurova Koşullarında Buğdayda Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve CERES-Wheat Bitki Büyüme Modelinin Test Edilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101 s.

SEZEN, S.M. 1998. CERES-Wheat V3 Bitki Büyüme Modelinin Çukurova Koşullarında Değerlendirilmesi. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İstanbul, s. 301-309.

SÖNMEZ, N., E. BENLİ, S. KODAL, A. TOKGÖZ. 1982. Meteorolojik Verilere Dayanan Ürün Tahmini. Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Ürün Kayıpları Seminer Bildirileri, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara Alman Kültür Merkezi, Deutsche Stiftung Für Internationale Entwicklung, Ankara, 13-17 Aralık 1982, s. 541-588.

ŞAYLAN, L. 1994. Bitki Gelişim Modelleri. Hasad Dergisi, 106, s. 18-20.

ŞAYLAN, L. 1995. Bitki Gelişimi Simülasyon Modellerinin Toprak, Bitki ve Su İlişkisinin Analizinde Kullanılması. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, 30 Mart-2 Nisan 1995, Kemer-Antalya, s. 311-317.

ŞAYLAN, L., M. DURAK, B. ÇALDAĞ. 1998. Dünya'da ve Türkiye'de Bitki-İklim (Bitki Gelişimi Simülasyon) Modelleri. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, İstanbul, 21-23 Ekim 1998, s. 275-283.

TANIN, Y. 1987. Meteorolojik Parametreler Yardımıyla Buğday Üretimi Ön Tahmini. Türkiye Tahıl Sempozyumu, TÜBİTAK, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa, 6-9 Ekim 1987, s. 259-270.

TSUKIBOYASHI, S. 1976. Results of an Experimental Study of Forecasting Wheat Production in Turkey Using Meteorological Data. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, s. 45-58.

TUBIELLO, F.N., C. ROSENZWEIG, T. VOLK. 1995. Interactions of CO₂, Temperature and Management Practices: Simulations with a Modified Version of CERES-Wheat. Agricultural Systems (49), p. 135-152.

ROSENZWEIG, C., F.N. TUBIELLO. 1996. Effects of Changes in Minimum and Maximum Temperature on Wheat Yields in The Central US A Simulation Study. Agricultural and Forest Meteorology (80), p. 215-230.

WHISLER, F.D., B. ACOCK, D.N. BAKER, R.E. FYE, H.F. HODGES, J.R. LAMBERT, H.E. LEMMON, J.M. MCKINON ve V.R. REDDY. 1986. Crop Simulation Models in Agronomic Systems. Academic Press, Advanced in Agronomy (40), p. 140-207.

WIT, C.T., H. KEULEN. 1975. Simulation of Transport Processes in Soil. Center for Agricultural Publication And Documentation, Wageningen, p. 89-101.

WMO. 1990. Agricultural Meteorology Programme. Simulation of Primary Production. CagM Report No:33A, Geneva, p. 1-14.

WMO ve UNEP 1990. Climatic Change. The IPCC Impact Assesment, Ed: W.J. McG. Tegart, G.W. Sheldon and D.C. Griffiths, Australian Government Pub. Service, Canberra, 52 p.

YAZAR, A., B. ÇEVİK, O. TEKİNEL, K. TLC, R. KANBER, R. BAŞTUĞ. 1989. Çukurova Koşullarında Yağmurlama Yöntemiyle İkinci Ürün Soyada Evapotranspirasyon-Verim İlişkisinin Belirlenmesi. TÜBİTAK TOAG 551 Sonuç Raporu, 78 s.

YAZAR, A. 1991. Field Verification of the Soybean Crop Growth Simulation Model "Soygro" Under Çukurova Conditions. Doğa-Tr.Journal of Agriculture and Forestry 15, p. 166-180.



TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm Bölüm Başkanım Sayın Prof. Dr. İsmet ARICI'ya, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç.Dr. Senih YAZGAN'a, lisans ve yüksek lisans eğitimimde bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Ali Osman Demir, Doç.Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU, Yrd.Doç.Dr.Ercan Őimőek, Yrd.Doç.Dr. Hasan DEĞİRMENCİOĞLU'na, çalıőmamda bana yardımcı olan bölüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Dilruba TATAR



ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Bursa Muradiye İlkokulunda, orta öğrenimini Ağrı Atatürk Ortaokulunda, lise öğrenimini Bursa Ertuğrulgazi Lisesinde tamamladı. 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden bölüm birincisi, fakülte ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Uludağ Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



Ek 1. Sıcaklık Artışı Olmadığı ve % 100 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
24 MAR	150	Vej. Gel.B.	4700	4.17	13.0	158	368	27	43	118	2.5	.00	.11
14 NİS	171	Vej. Gel.S.	6349	4.90	16.0	206	368	97	65	138	2.2	.36	.34
23 NİS	180	Başaklanma	8678	4.63	16.0	248	368	97	23	142	1.6	.00	.00
5 MAY	192	Tane Dolumu	11550	4.15	16.0	295	399	97	7	136	1.2	.15	.00
7 HAZ	225	Olgunlaşma	13545	.00	16.0	359	456	97	0	134	1.0	.51	.00
7 HAZ	225	Hasat	13545	.00	16.0	359	456	97	0	134	1.0	.51	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	187	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	230	-99
Tane Verimi (kg/ha)	5765	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0397	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	14515	-99
TANE/BAŞAK	13.77	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.93	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	8678	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	142	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	13545	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	7779	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.426	-99
YAPRAK SAYISI	16.00	-99
Tane N (kg N/ha)	110	-99
Biyomas N (kg N/ha)	134	-99
Sap N (kg N/ha)	24	-99
TOHUM N (%)	1.90	-99

BUĞDAY VERİM : 5765 kg/ha

Ek 2. Sıcaklık Artışı Olmadığı ve % 50 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
24 MAR	150	Veç. Gel.B.	4700	4.17	13.0	158	368	14	30	119	2.5	.00	.15
14 NİS	171	Veç. Gel.S.	5773	4.68	16.0	193	368	49	29	131	2.3	.00	.41
23 NİS	180	Başaklanma	7352	4.45	16.0	223	368	49	0	135	1.8	.00	.05
5 MAY	192	Tane Dolumu	8860	4.19	16.0	250	399	49	5	134	1.5	.10	.00
7 HAZ	225	Olgunlaşma	10848	.00	16.0	311	456	49	0	129	1.2	.10	.00
7 HAZ	225	Hasat	10848	.00	16.0	311	456	49	0	129	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	187	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	230	-99
Tane Verimi (kg/ha)	4083	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0458	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	8905	-99
TANE/BAŞAK	9.01	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.71	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	7352	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	135	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	10848	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	6765	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.376	-99
YAPRAK SAYISI	16.00	-99
Tane N (kg N/ha)	80	-99
Biyomas N (kg N/ha)	129	-99
Sap N (kg N/ha)	49	-99
TOHUM N (%)	1.96	-99

BUĞDAY VERİM : 4083 kg/ha

Ek 3. 1⁰C Sıcaklık Artışı ve % 100 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	14	1	2.2	.00	.00
22 MAR	148	Veç. Gel.B.	4869	4.06	14.0	164	368	27	0	121	2.5	.00	.15
12 NİS	169	Veç. Gel.S.	6337	5.07	17.0	205	368	97	36	141	2.3	.00	.41
22 NİS	179	Başaklanma	8027	4.72	17.0	239	368	97	24	144	1.8	.00	.05
5 MAY	192	Tane Dolumu	10840	4.34	17.0	282	399	97	5	143	1.5	.10	.00
9 HAZ	227	Olgunlaşma	12904	.00	17.0	364	456	97	0	139	1.2	.10	.00
9 HAZ	227	Hasat	12904	.00	17.0	364	456	97	0	199	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	184	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	227	-99
Tane Verimi (kg/ha)	5643	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0450	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	12532	-99
TANE/BAŞAK	13.99	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	5.11	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	8027	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	144	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	12904	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	7261	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.437	-99
YAPRAK SAYISI	17.00	-99
Tane N (kg N/ha)	111	-99
Biyomas N (kg N/ha)	139	-99
Sap N (kg N/ha)	28	-99
TOHUM N (%)	1.96	-99

BUĞDAY VERİM : 5643 kg/ha

Ek 4. 1°C Sıcaklık Artışı ve % 50 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki Nemi kg/ha	N %	Stres H ₂ O N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00 .00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00 .00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00 .00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00 .00
22 MAR	148	Veç. Gel.B.	4869	4.06	14.0	164	368	14	14	119	2.5	.00 .15
12 NİS	169	Veç. Gel.S.	5696	4.81	16.0	192	368	49	0	131	2.3	.00 .41
24 NİS	179	Başaklanma	7262	4.52	16.0	223	368	49	3	135	1.8	.00 .05
5 MAY	192	Tane Dolumu	8056	4.39	16.0	237	399	49	21	134	1.5	.10 .00
9 HAZ	227	Olgunlaşma	10352	.00	16.0	315	456	49	0	129	1.2	.10 .00
9 HAZ	227	Hasat	10352	.00	16.0	315	456	49	0	129	1.2	.10 .00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	184	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	227	-99
Tane Verimi (kg/ha)	3191	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0480	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	6643	-99
TANE/BAŞAK	7.85	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.85	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	7262	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	136	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	10352	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	7160	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.308	-99
YAPRAK SAYISI	17.00	-99
Tane N (kg N/ha)	59	-99
Biyomas N (kg N/ha)	130	-99
Sap N (kg N/ha)	71	-99
TOHUM N (%)	1.84	-99

BUĞDAY VERİM : 3191 kg/ha

Ek 5. 2⁰C Sıcaklık Artışı ve % 100 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	N H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
20 MAR	146	Vej. Gel.B.	4712	3.50	13.0	167	368	0	16	119	2.5	.00	.15
10 NİS	167	Vej. Gel.S.	5919	4.63	16.0	211	368	27	0	131	2.3	.00	.41
20 NİS	177	Başaklanma	7110	4.28	16.0	236	368	97	44	135	1.8	.00	.05
2 MAY	189	Tane Dolumu	9740	3.91	16.0	278	399	97	2	134	1.5	.10	.00
7 HAZ	225	Olgunlaşma	11699	.00	16.0	369	456	97	0	129	1.2	.10	.00
7 HAZ	225	Hasat	11699	.00	16.0	369	456	97	0	129	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	181	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	225	-99
Tane Verimi (kg/ha)	5338	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0489	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	10911	-99
TANE/BAŞAK	13.31	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.68	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	7110	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	136	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	11699	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	6362	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.456	-99
YAPRAK SAYISI	17.00	-99
Tane N (kg N/ha)	100	-99
Biyomas N (kg N/ha)	128	-99
Sap N (kg N/ha)	28	-99
TOHUM N (%)	1.87	-99

BUĞDAY VERİM : 5338 kg/ha

Ek 6. 2^oC Sıcaklık Artışı ve % 50 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	N H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
24 MAR	150	Veç. Gel.B.	4712	3.50	13.0	167	368	0	16	122	2.5	.00	.15
14 NİS	171	Veç. Gel.S.	5513	4.35	16.0	198	368	14	0	123	2.3	.00	.41
23 NİS	180	Başaklanma	6720	4.03	16.0	223	368	49	9	124	1.8	.00	.05
5 MAY	192	Tane Dolumu	7203	3.97	16.0	233	399	49	2	122	1.5	.10	.00
7 HAZ	225	Olgunlaşma	9425	.00	16.0	321	456	49	0	118	1.2	.10	.00
7 HAZ	225	Hasat	9425	.00	16.0	321	456	49	0	118	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	181	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	225	-99
Tane Verimi (kg/ha)	2662	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0489	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	5441	-99
TANE/BAŞAK	6.85	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.39	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	6720	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	124	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	9425	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	6764	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.282	-99
YAPRAK SAYISI	17.00	-99
Tane N (kg N/ha)	50	-99
Biyomas N (kg N/ha)	118	-99
Sap N (kg N/ha)	69	-99
TOHUM N (%)	1.87	-99

BUĞDAY VERİM : 2662 kg/ha

Ek 7. 3°C Sıcaklık Artışı ve % 100 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemli mm	Bitki N kg/ha	%	N H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
19 MAR	145	Vej. Gel.B.	3890	2.58	15.0	170	372	27	30	119	2.5	.00	.15
9 NİS	166	Vej. Gel.S.	5386	3.90	18.0	213	372	97	29	131	2.3	.00	.41
18 NİS	175	Başaklanma	6125	3.66	18.0	230	372	97	0	135	1.8	.00	.05
1 MAY	188	Tane Dolumu	8991	3.29	18.0	280	372	97	5	134	1.5	.10	.00
4 HAZ	222	Olgunlaşma	10582	.00	18.0	371	460	97	0	129	1.2	.10	.00
4 HAZ	222	Hasat	10582	.00	18.0	371	460	97	0	129	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	179	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	222	-99
Tane Verimi (kg/ha)	4848	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0459	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	10553	-99
TANE/BAŞAK	15.27	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	3.93	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	6125	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	116	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	10582	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	5734	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.458	-99
YAPRAK SAYISI	18.00	-99
Tane N (kg N/ha)	95	-99
Biyomas N (kg N/ha)	114	-99
Sap N (kg N/ha)	19	-99
TOHUM N (%)	1.96	-99

BUĞDAY VERİM : 4848 kg/ha

Ek 8. 3°C Sıcaklık Artışı ve % 50 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki Nemi kg/ha	N %	Stres H ₂ O N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	15	1	2.2	.00
19 MAR	145	Veç. Gel.B.	3890	2.58	13.0	170	368	14	0	119	2.5	.00
9 NİS	166	Veç. Gel.S.	4712	3.40	16.0	200	368	49	17	131	2.3	.00
18 NİS	175	Başaklanma	5460	3.19	16.0	217	368	49	0	135	1.8	.00
1 MAY	188	Tane Dolumu	6299	3.07	16.0	235	399	49	0	134	1.5	.10
4 HAZ	222	Olgunlaşma	8027	.00	16.0	323	456	49	0	129	1.2	.10
4 HAZ	222	Hasat	8027	.00	16.0	323	456	49	0	129	1.2	.10

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	179	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	222	-99
Tane Verimi (kg/ha)	2318	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0459	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	5046	-99
TANE/BAŞAK	7.52	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	3.43	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	5460	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	109	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	8027	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	5709	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.289	-99
YAPRAK SAYISI	18.00	-99
Tane N (kg N/ha)	45	-99
Biyomas N (kg N/ha)	102	-99
Sap N (kg N/ha)	56	-99
TOHUM N (%)	1.96	-99

BUĞDAY VERİM : 2318 kg/ha

Ek 9. 4^oC Sıcaklık Artışı ve % 100 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	N H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
18 MAR	144	Vej. Gel.B.	5174	4.11	13.0	187	372	0	30	119	2.5	.00	.15
7 NİS	164	Vej. Gel.S.	6391	5.23	16.0	218	372	27	29	131	2.3	.00	.41
29 NİS	174	Başaklanma	6842	4.97	16.0	232	372	97	0	135	1.8	.00	.05
10 MAY	186	Tane Dolumu	9744	4.46	16.0	282	372	97	5	134	1.5	.10	.00
1 HAZ	219	Olgunlaşma	11007	.00	16.0	376	460	97	0	129	1.2	.10	.00
1 HAZ	219	Hasat	11007	.00	16.0	376	460	97	0	129	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	177	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	219	-99
Tane Verimi (kg/ha)	4428	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0447	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	9912	-99
TANE/BAŞAK	15.34	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	5.25	-99
Biomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	6842	-99
Biomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	160	-99
Biomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	11007	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	6579	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.402	-99
YAPRAK SAYISI	18.00	-99
Tane N (kg N/ha)	89	-99
Biomas N (kg N/ha)	155	-99
Sap N (kg N/ha)	66	-99
TOHUM N (%)	2.01	-99

BUĞDAY VERİM : 4428 kg/ha

Ek 10. 4^oC Sıcaklık Artışı ve % 50 Su Uygulaması Koşulunda Benzetim Sonuçları

BİTKİ GELİŞME DÖNEMLERİ

Tarih	Bitki Yaşı	Büyüme Dönemi	BIOMAS kg/ha	YAI	Yaprak Say.	ET mm	Yağış mm	Sulama mm	Toprak Nemi mm	Bitki N kg/ha	%	H ₂ O	Stres N
25 EK	0	Ekim	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
25 EK	0	Benzetim Baş.	0	.00	.0	0	16	0	90	0	.0	.00	.00
26 EK	1	Çimlenme	0	.00	.0	0	24	0	90	0	.0	.00	.00
2 KAS	8	Çıkış	62	.01	2.0	0	62	0	90	1	2.2	.00	.00
18 MAR	144	Veç. Gel.B.	5174	4.11	13.0	187	372	14	30	119	2.5	.00	.15
7 NİS	164	Veç. Gel.S.	5643	4.68	16.0	205	372	49	29	131	2.3	.00	.41
29 NİS	174	Başaklanma	6124	4.44	16.0	219	372	49	0	135	1.8	.00	.05
5 MAY	186	Tane Dolumu	7202	4.24	16.0	240	372	49	5	134	1.5	.10	.00
1 HAZ	219	Olgunlaşma	8438	.00	16.0	327	460	49	0	129	1.2	.10	.00
1 HAZ	219	Hasat	8438	.00	16.0	327	460	49	0	129	1.2	.10	.00

TEMEL GELİŞME VE BÜYÜME DEĞİŞKENLERİ

Değişken	Gözlenen	Ölçülen
Çiçeklenme Zamanı (gün)	177	-99
Fizyolojik Olgunluk (gün)	219	-99
Tane Verimi (kg/ha)	2237	-99
Tane başına Ağırlık (g)	.0447	-99
Tane Sayısı (tane/m ²)	5008	-99
TANE/BAŞAK	8.91	-99
Maksimum YAI (m ² /m ²)	4.70	-99
Biyomas (kg/ha) Çiçeklenme Dön.	6124	-99
Biyomas N (kg N/ha) Çiçeklenme Dön.	141	-99
Biyomas (kg/ha) Olgunluk Dön.	8438	-99
Sap (kg/ha) Olgunluk Dön.	6201	-99
Hasat İndeksi (kg/kg)	.265	-99
YAPRAK SAYISI	18.00	-99
Tane N (kg N/ha)	45	-99
Biyomas N (kg N/ha)	136	-99
Sap N (kg N/ha)	91	-99
TOHUM N (%)	2.01	-99

BUĞDAY VERİM : 2237 kg/ha