

## Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Buğday Bitkisinin Gelişimi Üzerindeki Etkisinin Bitki Gelişimi Benzetim Modellemesi ile Belirlenmesi<sup>1</sup>

Dilruba TATAR Senih YAZGAN

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bursa

Geliş Tarihi : 16.01.2002

**ÖZET :** Bu çalışmada, DSSAT V3 (Decision Support System for Arrotechnology Transfer Version 3) paket programı kullanılarak, Bursa ve yöresinde yetiştirilen Pehlivan buğday çeşidine ilişkin sıcaklık değişikliklerinin ve farklı su uygulama düzeylerinin bitki gelişimi benzetim modellemesi ile bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. Dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan çalışmalar sonucunda yıllık ortalama sıcaklığın, 2 °C ~ 4 °C artacağı beklentisi göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama sıcaklığın 1 °C, 2 °C, 3 °C ve 4 °C artması ve sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100'nün karşılanması koşullarında bitki gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, sıcaklık artışlarının ve su eksikliğinin bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediği, bitkinin duyarlı olduğu çiçeklenme ve başaklanma dönemlerinde toprakta eksilen nemin tamamının karşılanmasının uygun olacağı model sonucu olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Bitki Gelişimi Benzetmesi Modellemesi, DSSAT, Buğday, Verim Tahmini, Sulama

### Determination of Effects of Temperature Increase and Different Water Application Levels on Wheat Growth By Crop Growth Simulation Modeling

**ABSTRACT :** In this study, effects of temperatures changes and different irrigation water application on crop growth of Pehlivan type of wheat cultivated in Bursa is determined using crop growth simulation modeling DSSAT V3(Decision Support System for Arrotechnology Transfer Version 3) software. Assuming the average temperature increase would be 2 °C ~ 4 °C per year according to global warming studies results, the effects of 1 °C, 2 °C, 3 °C and 4 °C increase in mean temperature and irrigation requirements would be met by 50 % and 100 % on crop growth was tested. As a results, it is found out that temperature increases and water deficit negatively effect the crop growth. 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.

### GİRİŞ

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 tepkileri ile ilgili eğitim çalışmaları, tarımsal politik kararların alınması gibi amaçlara hizmet eder (Ritchie ve ark., 1998).

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).

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 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 artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Şaylan ve ark., 1998).

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. Günümüze dek geliştirilmiş bitki gelişimi benzetim modellerini incelediğimizde bu modellerin farklı disiplinlerden araştırmacılar tarafından geliştirildiği görülmektedir. Ülkemizde de farklı disiplinlerdeki araştırmacılar tarafından oluşan grup çalışmaları ile bu tür modellerin ülkemiz koşullarına 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 bitki su tüketimi, CO<sub>2</sub> özümlemesi gibi birçok bitki gelişiminde önemli rol oynayan olayın, bitkiler üzerindeki etkilerinin, farklı açılardan

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Tezinin Bir Bölümüdür.

değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır (Şaylan, 1995).

Bu çalışma, bir tarım ülkesi olan ülkemizde tarımsal çalışmaların modellenmesi gerektiği düşüncesiyle planlanmıştır. Çalışmada, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen ve Türkiye’de tarımsal açıdan büyük önemi sahip buğday bitkisinin gelişimine 1-4 °C sıcaklık artışlarının ve farklı su uygulama düzeylerinin etkileri DSSAT V3 bitki iklim modeli kullanılarak belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada, Bezostaja-1 buğday çeşidinin 1999 yılına ilişkin; dane ağırlığı, hasat indeksi, birim alanda başak sayısı, kuru madde miktarı, meteorolojik, toprak ve bitki verilerine bağlı olarak CERES-Wheat benzetim modelinden yararlanılarak elde edilmiş ve sonuçlar Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen ve Bezostaja-1’den gen almış Pehlivan buğday çeşidi sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

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.

Model için gerekli genetik katsayılar, Bezostaja-1 çeşidinin DSSAT V3 programında hesaplanmış değerlerinden alınmıştır. Çalışmada Bezostaja-1 çeşidine ait diğer genotip özellikler Tablo 1’de, çeşidin genotip karakteristiklerinden GENCALC alt programlarıyla hesaplanan genetik katsayılar ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Bezostaja-1 Buğday Çeşidinin Genotip Özellikleri

Bitki boyu (cm)	Bin dane ağırlığı (gr)	Hektolitreye ağırlığı (kg)	Metrekarede başak sayısı	Başakta dane sayısı
100-130	31-38	77-81	400-600	20-35

Tablo 2. Bezostaja-1 Buğday Çeşidine İlişkin Genetik Katsayılar

Çeşit	Genetik Katsayılar					
	PIV	PID	P5	G1	G2	G3
Bezostaja-1	6.0	2.9	5.0	4.3	3.1	1.9

PIV : Vernelizasyon

PID : Fotoperiyot Katsayısı

P5 : Dane Dolu Süresi Katsayısı

G1 : Dane Sayısı Katsayısı

G2 : Dane Ağırlığı Katsayısı

G3 : Başak Sayısı Katsayısı

Tablo 3. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye	Hacim Ağırlığı (g/cm)	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

İklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden ve Uludağ Üniversitesi Meteoroloji İstasyonundaki otomatik (ADLAS) ölçerden alınan, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, yağış, solar radyasyon, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi değerleridir.

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazilerinden alın toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizlere ait sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir (Demir ve ark., 1996). Bu sonuçlara göre merkez toprakları ağır tekstürlü topraklar sınıfına girmektedir (Özgüven ve Katkat, 1999).

### 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 bilgisayar paket programı kullanılmıştır.

Model ile, bitki verimi ve gelişimi tahmin edilirken, Tablo 4’te verilen özelliklerin tanımlanması gerekmektedir (Anonim, 1994).

Bursa bölgesinin ekolojik koşulları ve bitki çeşidinin fizyolojik özelliklerine bağlı Bezostaja-1 buğday çeşidi için ekim zamanı 25 Ekim olarak belirlenmiş, ekim derinliği 6 cm, sıra aralığı 15 cm, m<sup>2</sup>’de bitki sayısı 500 adet olarak alınmıştır.

Bezostaja-1 buğday çeşidinin gelişme süresi boyunca on günlük dönemlere göre günlük ortalama su tüketimi, mevsimlik net sulama suyu gereksinimi ve sulama zamanının planlanması Penman-Monteith yöntemini esas alan FAO-CROPWAT paket programıyla hesaplanmıştır. Bitki gelişme dönemleri ve bu dönemlere ilişkin k<sub>c</sub> bitki katsayıları ile farklı gelişme dönemlerine ilişkin k<sub>y</sub> verim tepki faktörleri model veri tabanından alınmış ve hesaplamalarda kullanılmıştır (Tablo 5) (Anonim, 1998).

Maksimum bitki su tüketimi ve net sulama suyu gereksinimleri Tablo 6’da verilmiştir. Çiçeklenme ve başaklanma döneminde nem eksikliğinin daha önemli olduğu (Korukçu ve Arıcı, 1987) ve destekleme sulamanın bu dönemde yapılmasının gerekeceği düşüncesiyle, çalışmada Mart, Nisan ve Mayıs ayın ortasına kadar oluşan toplam 97 mm’lik sulama suyu gereksiniminin iki uygulama ile verilmesi düşünülmüştür (Tablo 6). % 50 kısıtlı su uygulama koşulu için Mart ayının ikinci devresinde 13.5 mm, Nisan ayının ikinci devresinde ise 35 mm su uygulaması, kısıtsız (% 100) su uygulaması koşulu içinde, Mart ayının ikinci devresinde 27 mm, Nisan ayının ikinci devresinde ise 70 mm su uygulanması koşulları öngörülmüş ve bu uygulamalara karşın bitki gelişiminde meydana gelen değişimler izlenmiştir.

Uygulanacak amonyum nitrat miktarı, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde yetiştirilen

buğday çeşitleri 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.

Ayrıca, dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan çalışmalarda, ülkemizin bulunduğu enlemlerde sıcaklığın 2 ~ 4 °C arasında artacağı beklentisiyle (Ahrens, 1988) çalışmada, 1 °C, 2 °C, 3 °C ve 4 °C sıcaklık artışlarının, çevresel etmenler olarak bitki gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Tablo 4. 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’ı, 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, ekim 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, kurumadde miktarı, yaprak ve sap ağırlığı, yaprak alanı, kök ağırlığı

Tablo 5. Bezostaja-1 Buğday Çeşidine İlişkin Bitki Gelişme Dönemleri ile Bu Dönemlere İlişkin Bitki Katsayıları, Verim Tepki Faktörleri ve Kök Derinlikleri.

Bitki gelişme dönemleri	1	2	3	4	Toplam
Gelişme dönemi süresi (gün)	65	65	65	35	230
Bitki katsayısı (k <sub>c</sub> )	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

Tablo 6. Bezostaja-1 Buğday Çeşidinin Hasaplanan Su Tüketimi ve Net Sulama Suyu Gereksinimi

Ay	10 günlük dönem no	Bitki gelişme dönemi	Bitki katsayısı k <sub>c</sub>	Et mm/gün	Net sulama suyu gereksinimi mm/mevsim
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

### Bulgular ve Tartışma

#### Sıcaklık Artışı ve Sulama Uygulamalarının Bitki Gelişim Üzerine Etkisi

Sıcaklığın, 1 °C, 2 °C, 3 °C ve 4 °C artması ve mayıs ayının ortasına kadar Cropwat paket programıyla hesaplanan sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100'nün karşılanması durumundaki benzetim sonuçlarına göre; çiçeklenme zamanı, fizyolojik olgunluk, dane ağırlığı, hasat indeksi, birim alanda başak sayısı ve kuru madde miktarı sonuçları aşağıda alt bölümler olarak verilmiştir.

#### Çiçeklenme Süresi

Sıcaklık artışı ve sulama uygulamalarından elde edilen benzetim sonuçlarına göre çiçeklenme zamanı değeri aşağıda verilmiştir.

Tablo 7. 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

Tablo 7 incelendiğinde çiçeklenme zamanının 177-187 gün arasında değiştiği sıcaklık artışlarına bağlı olarak azaldığı, fakat farklı su uygulamalarından etkilenmediği görülmektedir. Bitki sıcaklık artışıyla, gelişimini tamamlaması için gerekli olan sıcaklık değerine daha erken ulaşmakta, artan sıcaklıkla beraber gelişimini erken tamamlamaktadır.

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.

#### Fizyolojik Olgunluk Süresi

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamaları sonucunda elde edilen fizyolojik olgunluk zamanına ilişkin değerler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. 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 °C	227 gün	227 gün
2 °C	225 gün	225 gün
3 °C	222 gün	222 gün
4 °C	219 gün	219 gün

Model benzetim sonuçlarına göre bu değerler, sıcaklık değişimleriyle 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 1 °C sıcaklık artışında 2-3 gün kısalmaktadır. Fizyolojik olgunluğun 25 Haziran 1999 tarihinde tamamlayan Pehlivan çeşidinin toplam fizyolojik olgunluk süresi 243 gün olmuştur.

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 zamanı, uyum içerisinde.

Sıcaklık artışları sonucunda bitkinin gelişimini daha erken tamamlaması nedeniyle, fizyolojik olgunluk süresinin sıcaklık artışlarına bağlı olarak kısılması doğal bir sonuçtur.

#### 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 Tablo 9'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre dane ağırlığı, 0.0397-0.0480 g arasında değişmektedir. Bu değişim, 0.0228 g olan gözlenmiş dane ağırlığı değerine göre % 75-115 düzeyindedir.

En yüksek dane ağırlığı değeri, sıcaklığın 2 °C artması ve % 50-100 su uygulamalarında U.Ü. Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi gözlem sonuçlarına göre % 115 artarak 0.0489 g olarak elde edilmiştir.

Tablo 9. 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

Model sonuçlarına göre dane dolun döneminde kısıtlı olsa da yapılacak sulama uygulamasının dane verimini artıracığı söylenebilir. Çünkü bitki, dane dolun dönemindeki su eksikliğine duyarlıdır ve bu dönemdeki su eksikliği dane ağırlığını olumsuz etkilemektedir (Doorenbos ve Kassam, 1979).

#### Hasat İndeksi

Birim alandan elde edilen dane ağırlığının, toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanan hasat indeksinin, benzetim yapılan yıla ilişkin model sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Aynı yıla ilişkin gerçek hasat indeksi ise 0.35 olarak ölçülmüş ve benzetim sonuçları bu değerle karşılaştırılmıştır.

Hasat indeksinin değişim aralığı sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanması durumunda

sıcaklık artışıyla daha az olurken (0.402-0.426), yarısının karşılanması durumunda daha fazladır (0.265-0.376).

Hasat indeksinin en yüksek olduğu değer 2 °C – 3 °C 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 (Tablo 10).

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.

Tablo 10. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Hasat İndeksi

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

### Birim Alanda Dane Sayısı

Sıcaklık artışı ve farklı sulama uygulamalarında elde edilen benzetim sonuçlarındaki metrekarede dane sayısı sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Yine aynı yıla ilişkin arazideki ölçüm sonuçları ise 7098 dane/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen benzetim sonuçlarına göre, sıcaklık artışı ve % 50 su uygulaması koşulunda metrekarede dane sayısı 5008-8905 dane/m<sup>2</sup>, % 100 su uygulamasında 9912-14515 dane/m<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. U.Ü. Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde gözlem dane/m<sup>2</sup> sayısı ile benzetim sonuçlarından elde edilen dane/m<sup>2</sup> sayısı arasındaki değişim % 30-104 arasında bulunmuştur.

Tablo incelendiğinde metrekarede dane sayısı, su uygulama düzeyindeki azalış ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır.

Tablo 11. Sıcaklık Artışı ve Farklı Su Uygulama Düzeyleri İçin Metrekarede Dane Sayısı

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

Model benzetim sonuçlarına göre, 4 °C sıcaklık artışı ve % 50 su uygulamasında metrekarede dane sayısı % 30 azalarak 5008 dane/m<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. Metrekarede dane sayısında meydana gelen bu azalmaya, çiçeklenme ve başaklanma dönemlerindeki su eksikliğinin neden olduğu söylenebilir. Bu dönemlerdeki su eksikliğinin başak

sayısı, başak boyu ve her bir başaktaki dane sayısında azalmaya yol açtığı, Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından da belirtilmektedir.

### 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 Tablo 12’de verilmiştir.

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.

Sıcaklığın 1 °C, 2 °C, 3 °C ve 4 °C artması ve % 50-100 sulama suyu uygulaması koşullarında elde edilen benzetim sonuçlarına göre olgunluk dönemindeki kuru madde miktarı Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 12. 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

Tablo 13. 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 °C	10352 kg/ha	12904 kg/ha
2 °C	9425 kg/ha	11699 kg/ha
3 °C	8027 kg/ha	10582 kg/ha
4 °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 önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Model sonuçlarına göre olgunluk döneminde meydana gelebilecek topraktaki nem eksikliğinin kuru madde miktarı üzerindeki etkisinin, çiçeklenme dönemine göre daha fazla olduğu söylenebilir. Bunun nedeni

ise, su eksikliğinin gerek çiçeklenme gerekse başaklanma dönemlerinde giderilmemesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca her iki dönemde de 3 °C sıcaklık değişiminde önemli bir azalışın oluşma nedeni açıklanamamaktadır.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Sıcaklık artışı ve sulama uygulamalarının bitki gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla oluşturulan deneme dosyalarında, 1 °C, 2 °C, 3 ve 4 °C sıcaklık artışları ile bitkinin sulama suyu gereksiniminin % 50 ve % 100 su uygulamaları ile karşılanması sonucunda, sıcaklık artışının bitki gelişimi üzerinde etkili olduğu bitki gelişimini sınırlayıcı etkiler yaptığı, sıcaklık artışının yanında toprak nem 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, çiçeklenme ve fizyolojik olgunluk zamanı, dane ağırlığı, hasat indeksi, metrekarede başak sayısı, kuru madde miktarı değerlerinin gerçek değerlere çok yakın sonuçlar vermesi nedeniyle, modelin bitki gelişim etmenlerinin tahmininde kullanılabileceği söylenebilir. Bu tür çalışmaların arazi çalışmalarıyla desteklenmesi ve veri tabanlarının oluşturulması ile model çalışmalarının sınanması gerekmektedir.

### KAYNAKLAR

- Ahrens, C.D., 1988. *Meteorology Today. An Introduction to Weather, Climate and the Environment*, 3<sup>rd</sup> Edition, West Publishing Com. P. 581.
- Anonim, 1994. *Input and Output Files. A Decision Support System for Agrotechnology Transfer Volume 2-1*, p. 1-94.

- Anonim, 1998. E<sub>c</sub> Single Crop Coefficient (K<sub>c</sub>). *Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Cropwater Requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Chapter 6, p. 5-38.
- Demir, 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.
- Doorenbos, J., A.H. Kassam, 1979. *Yield Response ve to Water* FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 164-170.
- Korukçu, A., İ. Arıcı, 1987. Kimi Tahıl Türlerinde Sulamanın Etkinliği, Türkiye Tahıl Simpozyumu, TÜBİTAK ve Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 6-9 Ekim 1987, s. 201-207.
- Özgüven, N.Ç., A.V. Katkat, 1999. *Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durumunun Belirlenmesi*. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 13, s. 43-54.
- Ritchie, J.T., U. Singh, D.C. Godwin, W.T. Bowen, 1998. *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.
- 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.
- 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. *Dünyada ve Türkiye'de Bitki-İklim (Bitki Gelişimi Simülasyon) Modelleri*. Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, İstanbul, 21-23 Ekim 1998, s. 275-283.