

## Bursa Koşullarında Sıcaklık ve CO<sub>2</sub> Değişimlerinin Mısır Bitkisinin Verim ve Evapotranspirasyon Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Dilruba OKAY<sup>(1)</sup>

Çiğdem DEMİRTAŞ<sup>(2)</sup>

**Özet:** Bu çalışmada, Bursa koşullarında mısır bitkisine ilişkin verim ve evapotranspirasyon tahmini, CERES-Maize bitki gelişim modellemesi ile incelenmiştir. Dünyada sıcaklık artışları konusunda yapılan tahminlere göre, ülkemizin bulunduğu enlemlerde kışın sıcaklığın 2°C, yazın ise 2~3°C arasında artacağı tahmini göz önünde bulundurularak, yıllık ortalama sıcaklığın 3°C artması ve azalması ile, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması koşullarında verim ve evapotranspirasyon üzerindeki etkisi sınanmıştır. Sonuç olarak, mısır bitkisinde sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artışların verim miktarını ve evapotranspirasyonu arttırdığı, CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki artışların tek başına daha az etkili olduğu model sonucu olarak elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** CERES-Maize, bitki gelişim modellemesi, evapotranspirasyon, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu

### Estimation of Temperature and CO<sub>2</sub> Effects on Maize Yield and Evapotranspiration under Bursa Conditions

**Abstract:** In this study, yield and evapotranspiration of Maize were investigated with CERES-Maize crop growth models in Bursa region. According to the studies related to temperature increases in the world, it is expected that temperature in Turkey will be increased 2°C in winter and 2-3°C in summer. Thus, effects of increases and decreases in average annual temperature with 3°C and increases in CO<sub>2</sub> concentration with 50 % and 100 % on yield and evapotranspiration were investigated. It is determined that increases in temperature and CO<sub>2</sub> concentration rised the amount of yield and evapotranspiration. It is observed that increases in CO<sub>2</sub> concentration rised yield, but lower when compared to other parameters.

**Key words:** CERES-Maize, crop growth modelling, evapotranspiration, CO<sub>2</sub> concentration

### Giriş

Dünyada iklim değişikliklerini incelemek amacıyla yapılan araştırma sonuçlarına göre kimi parametrelerde bu değişikliğin gözlemlendiği sonucuna varılmıştır. Bitki gelişimi, iklim değişimine karşı oldukça duyarlı olduğundan tarım ve ormancılık faaliyetlerinin etkilenebileceği kaçınılmazdır. Bu nedenle gelecekteki iklim değişiminin bitkisel üretime olan etkilerini önceden belirleyebilmek amacıyla yoğun olarak bitki-iklim modelleri kullanılmaya başlanmıştır (Çaldağ, 2000).

Bitki gelişim modellerinin geliştirilmesinin başlıca nedenleri, mevcut koşulları tanımlamak, uzun zaman alan araştırmalara göre daha kısa sürede sonuçlar almak, öncelikleri belirlemek, bilgileri bir bütün haline getirmek ve disiplinler arası koordinasyonu sağlamaktır (Tatar, 2001).

Bitki gelişim modelleri, bitkinin fenolojik gelişme dönemlerine bağlı olarak su stresinin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini dikkate alan, bitki gelişimini dinamik olarak simüle eden modellerdir. Bu modeller, bitki veriminin uzamsal varyasyonunu ve su stresinin hesaplanmasını sağlayan sulama modelleriyle birlikte kullanılmaktadır. Farklı senaryoları kapsamlı bir şekilde

değerlendirme imkanı sunan modeller, sulama yönetimini geliştirmek için son derece önemlidir (Cavero, 2001).

Uluslararası bilim adamı grubu; üretimi, kaynak kullanımını ve farklı bitki üretim uygulamaları ile olası riskleri tahminlemek amacıyla, son yıllarda tarım teknolojileri transferinde karar destek sistemi DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 3)'ı geliştirmişleridir. CERES (Crop Estimation Through Resource and Environment Synthesis) modeller grubu DSSAT sisteminin bölümlerinden olup, bu model grubunda mısır, sorgum, arpa, darı ve diğerlerinin simülasyonu yapılır (Hoogenboom ve ark., 1998).

CERES-Maize bitki gelişim modelinde, kullanıcılar için farklı sulama zamanları ve sulama miktarları ile elde edilecek sonuçları karşılaştırma imkanı da bulunmaktadır (Gençoğlan, 1996).

Bitki gelişimini yalnızca toprak-bitki-su ilişkilerine bağlı olarak açıklamak yeterli değildir. Atmosferdeki gazların değişiminin de göz önüne alınması gerekir. Özellikle fotosentez olayının yapıtaşı olan CO<sub>2</sub> gazı bitki gelişiminde oldukça etkilidir.

<sup>(1)</sup> **Yazışma Adresi:** İstanbul Tarım İl Müdürlüğü, Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü, İSTANBUL, dilrubaokay@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, BURSA

Atmosferik kirlilik sonucunda, 20. yy. başlarında atmosferde 290 ppm olan karbondioksit, 1987 yılında 345 ppm'e çıkmıştır (Ahrens, 1988). Tahminler bu miktarın gelecek yüzyıl içerisinde 600 ppm'e çıkacağı yönündedir. Karbondioksit, yeryüzünden yansıyan uzun dalga radyasyonunu su ile birlikte emerek atmosferin daha da ısınmasına neden olmaktadır. Bilim adamları, karbondioksit miktarındaki artışın bazı bitkilere gübre etkisi yaparak gelişimi hızlandıracağını belirtmektedir. Fakat asıl araştırılması gereken konu ise, iklimdeki bu değişikliğin tarıma olası etkisidir. Bugünkü koşullarda bu durum ancak bitki iklim benzetim modelleri ile tahmin edilebilir (Şaylan, 1995).

Dünyada özellikle gelişmiş ülkeler, gelecekte meydana gelebilecek küresel iklim değişimlerinin ekonomik ve sosyal etkilerinin neler olacağı konusunda senaryolar üretmekte, ulusal ve uluslar arası tarım politikalarına yön vermekte ve bu amaçla bitki gelişim modellerini kullanmaktadır.

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 önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılık sadece 1974 ve 1985 yıllarında gözlenmiş, farklılığın nedeni 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. Verim-yağış arasındaki ilişkinin tanımlandığı regresyon modelinde, hava sıcaklığına ilişkin senaryolar, global iklim modelinde (GCM) oluşturulmuştur. Güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu (330 ppm) koşulunda, yüksek sıcaklık ve yağışa bağlı olarak toplam bitki gelişme süresinin kısaldığı ve mısır veriminde azalmaların olduğu gözlenmiştir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonundaki artışın doğrudan etkili olduğu benzetimlerde, 1961-1990 yıllarında 330 ppm olan güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun, 2020 yılında 447 ppm, 2050 yılında 554 ppm, 2080 yılında ise 697 ppm olacağı tahminlenmiştir. Güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda, kışlık buğday ve mısır verimlerinin 2020, 2050 ve 2080 yıllarında artacağı, kışlık buğdayın vernalizasyon süresinin ve toplam bitki gelişme süresinin kısaldığını, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tek başına artmasının mısır gelişimini ve verimi etkilemeyeceği sonucunu elde etmişlerdir.

Çalışmada, Bursa koşullarında sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki değişimin, mısır bitkisinin verim ve evapotranspirasyon üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) tarafından geliştirilmiş DSSAT V3 paket programı içerisinde yer alan CERES-Maize bitki gelişim modeli kullanılmıştır. Gelecekte meydana gelebilecek iklim değişikliklerinin; sıcaklık değerlerinin 3°C artması ve azalması, güncel atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun (330 ppm), %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması ve bu değişimlerin kombinasyonlarının, verim ve evapotranspirasyon üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla senaryolar üretilmiştir.

Çalışmada uzun yıllık ortalama günlük maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, radyasyon iklim verilerinden yararlanılmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1999). CERES-Maize bitki gelişim modelinde gerekli olan toprak (toprak sınıfı, yüzey eğimi, renk, permeabilite, drenaj sınıfı, toprak profili ve horizonları, kum, kil, silt yüzdeleri gibi), bitki (bitki çeşidi, ekim tarihi, sıra aralığı, sulama, gübreleme gibi) veri tabanı oluşturularak bitki gelişiminin benzetimi yapılmıştır.

CERES-Maize bitki gelişim modelinde bitki su tüketimi, Penman-Monteith veya Priestley-Taylor yöntemlerinden biriyle hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada bitki su tüketimi hesaplama yöntemlerinden Penman-Monteith kullanılmıştır.

### Penman-Monteith yöntemi:

Penman, 1948 yılında geliştirdiği ilk eşitliğinde evapotranspirasyon için gerekli enerji ihtiyacı ve buharlaşmayı azaltacak mekanizmaları dikkate almış, ancak su buharı transferini sağlayacak yaprak direncini hesaba katmamıştır (Eşitlik 1).

$$\lambda E_0 = (\Delta R + \gamma E_a) / (\Delta + \gamma) \quad (1)$$

Yaprak direncini de hesaba kattığı eşitliği 1963 yılında geliştirmiştir (Eşitlik 2) (Kashyap ve Panda, 2001).

$$ET_o = \frac{1}{\lambda} \left[ \left( \frac{\Delta}{\Delta + \lambda} \right) (R_n - G) + \left( \frac{\gamma}{\Delta + \lambda} \right) (6.43) (W_f) (e_s^o - e_z) \right] \quad (2)$$

Eşitlikte;

$\lambda$ : Buharlaşma gizli ısı (MJ/kg)  $\lambda = 2.501 - 0.002361 \times T$

T: Ortalama hava sıcaklığı (°C)

$\Delta = 0.2 [0.00738 \times T + 0.8072]^7 - 0.00016$

$\Delta$ : Basınç-sıcaklık doğrusu eğimi (kPa/°C)

$\gamma$ : Psikrometrik sabite (kPa/°C)

$\gamma = c_p P / 0.622 \times \lambda$

$c_p$ : Sabit basınçtaki sıcaklık (kJ/kg/°C)

$R_n$ : Net solar radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün)

G: Yere olan ısı akış yoğunluğu (MJ/m<sup>2</sup>/gün)

$W_f$ : Rüzgar fonksiyonu

$W_f = 1 + 0.0536 \times U_z$

$U_z$ : z metre yükseklikteki rüzgar hızı (m/sn)  
 $Z$ : Ölçüm yüksekliği (m)  
 $e_z^0 - e_z$ : z yüksekliğindeki buhar basıncı açığı (kPa)

Doorenbos ve Pruitt (1975, 1977), modifiye ettikleri Penman eşitliğinde, çim bitkisini referans bitki olarak almışlar, yerel iklim özelliklerine göre düzeltilmiş c katsayısı ile evapotranspirasyonu hesaplamışlardır (Eşitlik 3).

$$ET_o = c \left[ \left( \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_n) + \left( \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) (2.7) (W_f) (e_z^0 - e_z) \right] \quad (3)$$

c: Düzeltme katsayısı

$$W_f = 1 + 0.864 \times u_z$$

## Bulgular ve Tartışma

### Verim

Model sonuçlarından elde edilen, sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki değişimin verim üzerindeki etkileri Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’den de görüldüğü gibi; sıcaklık değişiminin olmadığı, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun ise güncel (330 ppm) olduğu durumda verim 1542 kg/ha olarak elde edilmiştir. Sıcaklığın 3<sup>0</sup>C artması koşulunda verim %7.2 artarken, 3<sup>0</sup>C azalması durumunda %7.7 azalmıştır.

Çizelge1. Benzetim sonucunda elde edilen verim değerleri  
 Table 1. Yield values obtained as a result of simulation

Sıcaklık ve CO <sub>2</sub> Değişimi <i>Temperature and CO<sub>2</sub> Changes</i>	Verim (kg/ha) <i>Yield</i>
Sıcaklık değişimi yok, 330 ppm CO <sub>2</sub> <i>No change in temperature, 330 ppm CO<sub>2</sub></i>	1542
3 <sup>0</sup> C sıcaklık artışı, 330 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature increase, 330 ppm CO<sub>2</sub></i>	1654
3 <sup>0</sup> C sıcaklık azalışı, 330 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature decrease, 330 ppm CO<sub>2</sub></i>	1423
Sıcaklık değişimi yok, 495 ppm CO <sub>2</sub> <i>No change in temperature, 495 ppm CO<sub>2</sub></i>	2460
3 <sup>0</sup> C sıcaklık artışı, 495 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature increase, 495 ppm CO<sub>2</sub></i>	2484
3 <sup>0</sup> C sıcaklık azalışı, 495 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature decrease, 495 ppm CO<sub>2</sub></i>	1613
Sıcaklık değişimi yok, 660 ppm CO <sub>2</sub> <i>No change in temperature, 660 ppm CO<sub>2</sub></i>	3574
3 <sup>0</sup> C sıcaklık artışı, 660 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature increase, 660 ppm CO<sub>2</sub></i>	3140
3 <sup>0</sup> C sıcaklık azalışı, 660 ppm CO <sub>2</sub> <i>3<sup>0</sup>C temperature decrease, 660 ppm CO<sub>2</sub></i>	2891

CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 (495 ppm) artması koşulunda verim, sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının değişmediği koşuldaki verime göre %59.5 artarak 2460 kg/ha olmuştur. CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile beraber sıcaklığın 3<sup>0</sup>C artması koşulunda verim %61 artmış, sıcaklığın 3<sup>0</sup>C azalması durumunda ise %4.6 artarak 1613 kg/ha sonucu elde edilmiştir.

CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %100 artması koşulunda %132 artan verim, 3574 kg/ha olarak tahmin edilmiştir. CO<sub>2</sub> konsantrasyondaki artışla beraber sıcaklığın 3<sup>0</sup>C artması ve azalması koşullarında sırasıyla verim değeri 3140 kg/ha ve 2891 kg/ha olarak tahmin edilmiştir. Sıcaklık artışıyla beraber verimdeki artış %103 iken, sıcaklık azalışında bu artış %87 olmuştur.

Model sonuçlarına göre, sıcaklık ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarındaki artışların verim miktarını arttırdığı, bu artışların CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 660 ppm olması koşulunda %103- %132 arasında artışlara neden olduğu sonucu elde edilmiştir. Sıcaklık azalışları sonucu elde edilen verimdeki artışın, sıcaklık artışlarına göre çok fazla olmadığı, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun 495 ppm olması koşulunda %4.6’lık bir artış gözlenirken, 660 ppm konsantrasyonda bu artışın %87’lik verim artışına neden olduğu sonucu elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artışı ve sıcaklık azalışlarının, sıcaklık artışına göre daha az verim artışına neden olduğu görülmüştür.

### Evapotranspirasyon

CERES-Maize bitki gelişim modelinde Bursa çok yıllık gerçek iklim verileri kullanılarak, bitki su tüketimi Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır.

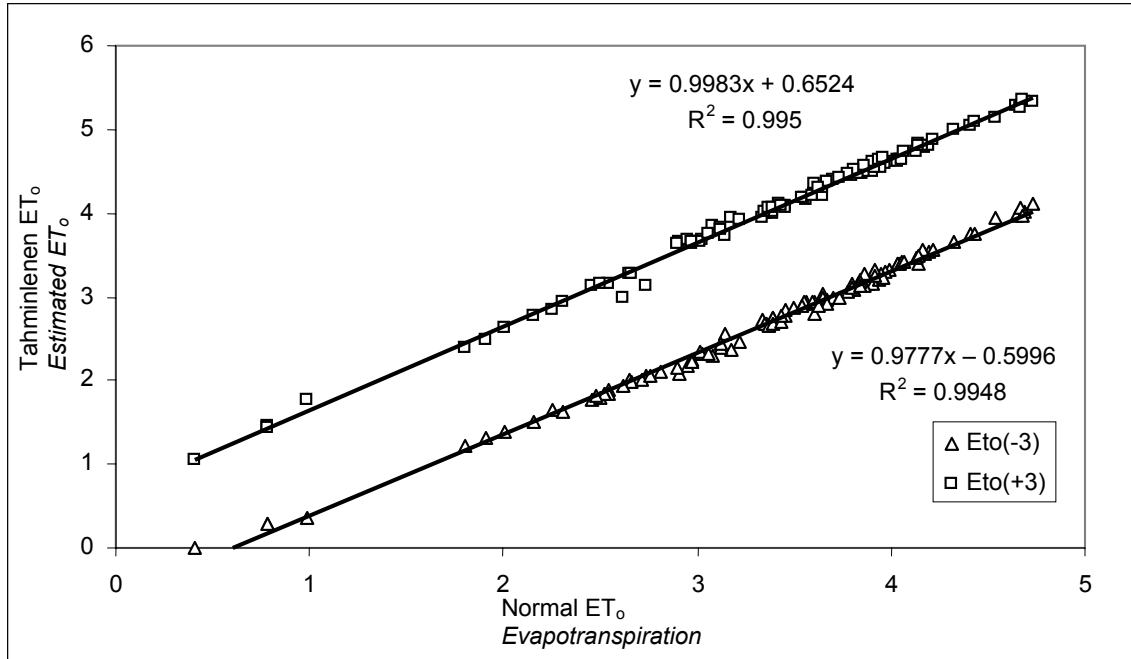
Uygulanan iklim senaryolarına göre hesaplanan evapotranspirasyon değerleri, gerçek iklim verileri ile hesaplanan değerlerle karşılaştırıldığında 3<sup>0</sup>C’lik sıcaklık azalışı sonucu bulunan bitki su tüketimi değerleri ile arasındaki belirleme katsayısı 0.9948, 3<sup>0</sup>C’lik sıcaklık artışı ile hesaplanan bitki su tüketimi değerleri arasındaki belirleme katsayısı ise 0.995’tir (Şekil 1).

Güncel CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun (330 ppm), %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması sonucu elde edilen ETo değerlerinde herhangi değişiklik olmadığı görülmüştür.

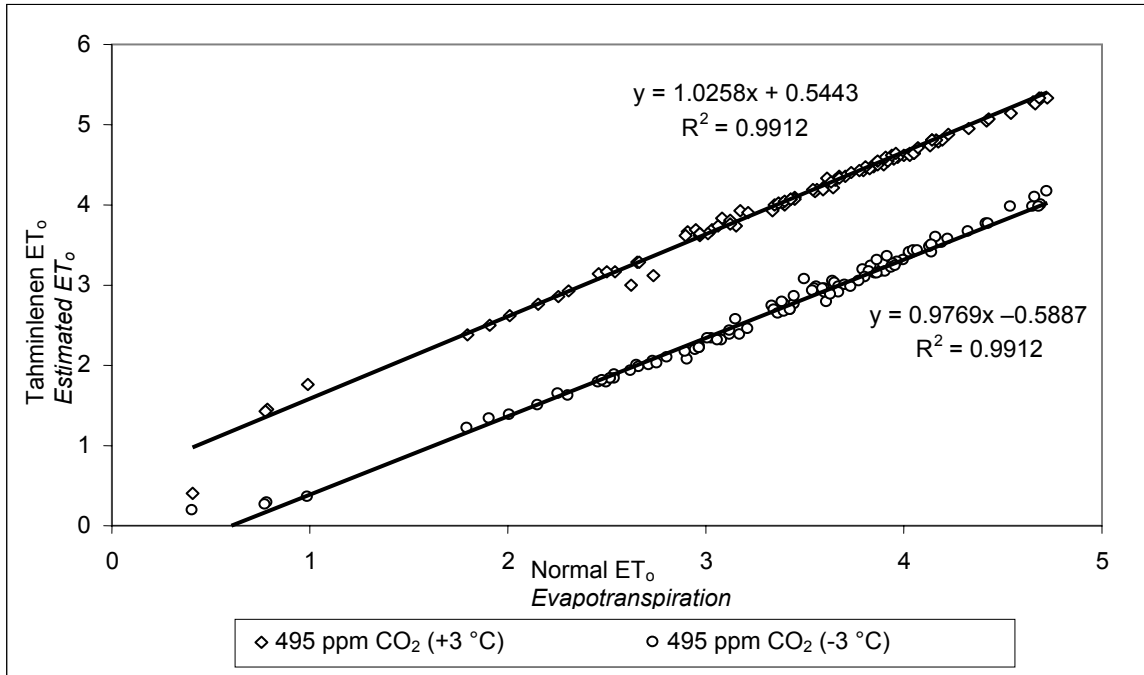
CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 artması (495 ppm) ve sıcaklık değerlerinin 3<sup>0</sup>C artması ve azalması sonucunda, belirleme katsayısı 0.9912 olarak elde edilmiştir (Şekil 2). CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %100 artması (660 ppm) ve sıcaklık değerlerinin 3<sup>0</sup>C artması ve azalması sonucunda ise belirleme katsayısı sırasıyla 0.9961 ve 0.9923’dır (Şekil 3).

Yukarıda verilen ilişkilere bağlı olarak bitki su tüketimi değerlerinde meydana gelen artış ve azalışların, tek başına atmosferik karbondioksit değerlerinde yapılan %50 ve %100’lük artışlara bağlı olmadığı, gerçek etkinin sıcaklık değerlerinde yapılan değişiklikler sonucu elde edildiği sonucuna varılmıştır.

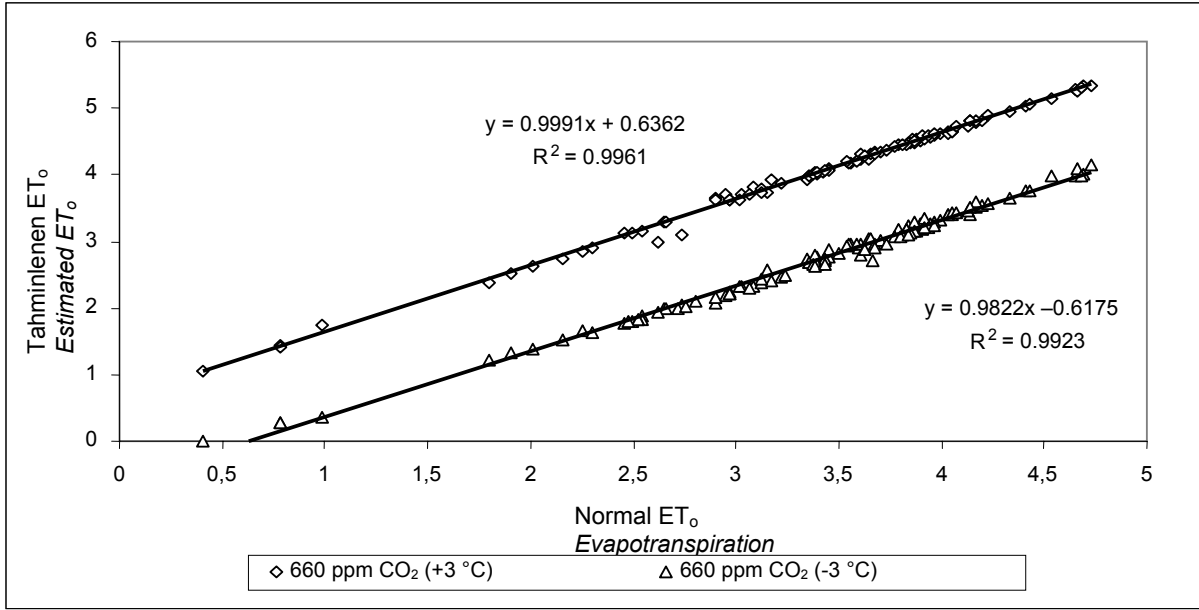
Mısır bitkisinin gelişme dönemi boyunca toplam bitki su tüketimi değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Gerçek iklim verileriyle hesaplanan bitki su tüketimi 382.2 mm olup, uygulanan iklim senaryolarına göre karşılaştırıldığında; CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 (495 ppm) ve %100 (660 ppm) artması koşullarında elde edilen değerler arasındaki değişikliğin çok fazla olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 1. Penman-Monteith Yönteminde Sıcaklık Değişimleri Sonucu Elde Edilen ET<sub>0</sub>.  
 Figure 1. ET<sub>0</sub> Obtained From Temperature Changes in Penman-Monteith Method



Şekil 2. 3<sup>o</sup>C Sıcaklık artışı ve azalışı, 495 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda hesaplanan ET<sub>0</sub>.  
 Figure 2. ET<sub>0</sub> Calculated for the condition of 3<sup>o</sup>C increase and decrease in temperature, 495 ppm CO<sub>2</sub> concentration



Şekil 3. 3<sup>0</sup>C Sıcaklık artışı ve azalışı, 660 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonu koşulunda hesaplanan ET<sub>0</sub>  
 Figure 3. ET<sub>0</sub> Calculated for the condition of 3<sup>0</sup>C increase and decrease in temperature, 660 ppm CO<sub>2</sub> concentration

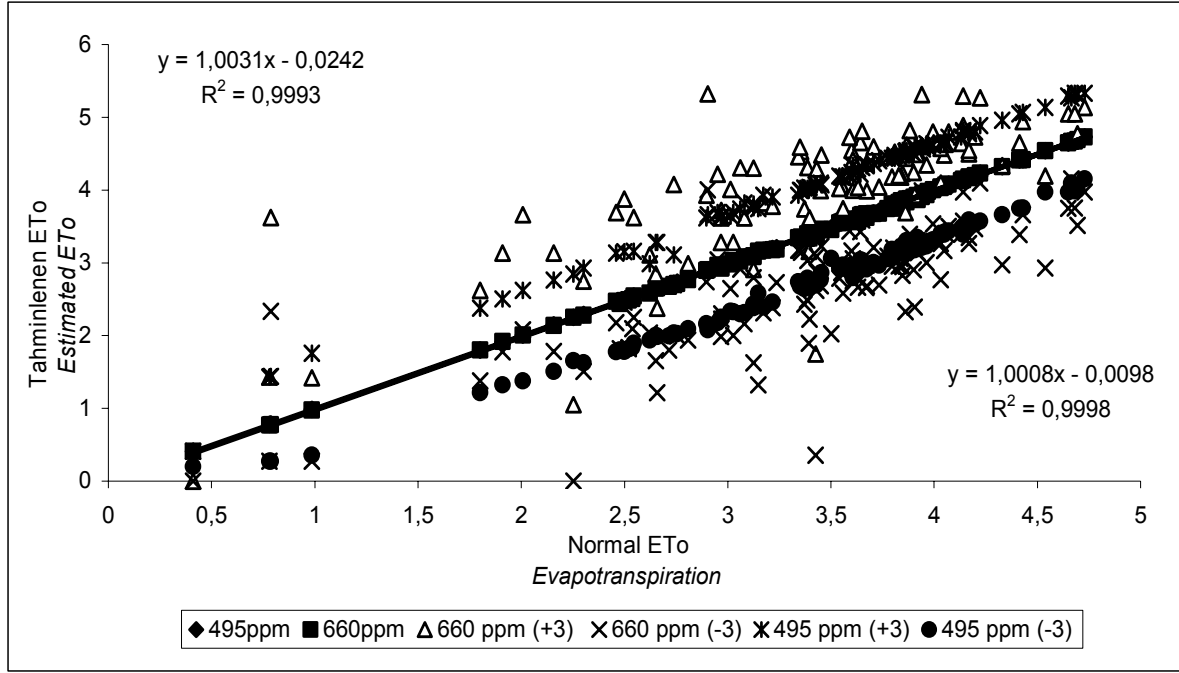
Çizelge 2. Toplam bitki su tüketimi değerleri  
 Table 2. Total plant water consumption values

Sıcaklık ve CO <sub>2</sub> Değişimi Temperature and CO <sub>2</sub> Changes	Toplam Bitki Su Tüketimi (mm) Evapotranspiration
Sıcaklık değişimi yok, 330 ppm CO <sub>2</sub> No change in temperature, 330 ppm CO <sub>2</sub>	382.2
Sıcaklık değişimi yok, 495 ppm CO <sub>2</sub> No change in temperature, 495 ppm CO <sub>2</sub>	381.4
Sıcaklık değişimi yok, 660 ppm CO <sub>2</sub> No change in temperature, 660 ppm CO <sub>2</sub>	380.6
3 <sup>0</sup> C sıcaklık artışı, 495 ppm CO <sub>2</sub> 3 <sup>0</sup> C temperature increase, 495 ppm CO <sub>2</sub>	388.5
3 <sup>0</sup> C sıcaklık azalışı, 495 ppm CO <sub>2</sub> 3 <sup>0</sup> C temperature decrease, 495 ppm CO <sub>2</sub>	280.3
3 <sup>0</sup> C sıcaklık artışı, 660 ppm CO <sub>2</sub> 3 <sup>0</sup> C temperature increase, 660 ppm CO <sub>2</sub>	388.5
3 <sup>0</sup> C sıcaklık azalışı, 660 ppm CO <sub>2</sub> 3 <sup>0</sup> C temperature decrease, 660 ppm CO <sub>2</sub>	305.6

Sıcaklığın 3<sup>0</sup>C, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun da %50 ve %100 artması koşulunda %1.6'lık artış elde edilmiştir.

Sıcaklığın 3<sup>0</sup>C azalması, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 artması koşulunda toplam bitki su tüketimi %27, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %100 artması koşulunda ise %20 azalmıştır.

Gerçek iklim verileri ile model sonucunda tahminlenen toplam bitki su tüketimi değerleri arasındaki belirleme katsayısı; CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun %50 ve %100 artması sonucunda sırasıyla 0.9998 ve 0.9993 (Şekil 4) olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Gerçek iklim verileri ile tahminlenen toplam bitki su tüketiminin karşılaştırılması  
Figure 4. Comparison of measured and simulated values of  $ET_o$ .

## Sonuç

Ülkemizin bulunduğu iklim kuşağının çeşitliliğinden, bitki-iklim modelleri ile yapılan çalışmaların önemi daha çok ortaya çıkmaktadır. Bitki-iklim modelleri ile ülkemiz koşullarında hangi bitkiden, hangi bölgemizde en fazla verim alınacağı hesaplanabildiği gibi, yeni geliştirilen çeşitlerin uzun zaman alan adaptasyon çalışmalarının sonuçları da kısa sürede elde edilebilir.

Bu çalışmada da amaçlanan, diğer ülkelerde geliştirilmiş olan bitki-iklim modellerinin ülkemizde kullanılma olanaklarının analiz edilmesi ve gelecekte meydana gelebilecek iklim değişikliklerinin sonuçlarının tartışılmasıdır.

Model sonucunda elde edilen toplam bitki su tüketiminin, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonundaki artışlarla arttığı, tek başına  $CO_2$  konsantrasyonundaki artışlardan etkilenmediği,  $CO_2$  konsantrasyonundaki artışın yanısıra sıcaklığın azalması durumunda azalan bitki su tüketiminin özellikle %50'lik  $CO_2$  konsantrasyonu artışından daha fazla etkilendiği söylenebilir.

Sonuç olarak, sıcaklık ve  $CO_2$  konsantrasyonundaki artışlarla mısır bitkisinin verim miktarı ve evapotranspirasyonu artmış,  $CO_2$  konsantrasyonunun artması ve sıcaklığın azalması durumunda ise bu artışlar daha az etkili olmuştur.

## 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.
- Alexandrov, V.A., Hoogenboom, G., 2000. The Impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, (104), p. 315-327.
- Cavero, J., Playan, E., Zapata, N., Faci, J.M., 2001. Simulation of Maize Grain Yield Variability within a Surface-Irrigated Field. *Agronomy Journal*, (93), p. 773-782.
- Çaldağ, B., 2000. *Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki-İklim Modelleri İle Belirlenmesi*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 175 s.
- 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*. ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 220 s.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Boote, K.J., 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.
- Kashyap, P.S., Panda, R.K., 2001. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development

- of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. *Agricultural Water Management*, 50, p. 9-25.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1999. *İklim Verileri*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Şaylan, L., 1995. Bitki gelişimi simülasyon modellerinin toprak, bitki ve su ilişkisinin analizinde kullanılması. **5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri**, Kültürteknik Derneği, 30 Mart-2 Nisan 1995, Kemer-Antalya, s. 311-317.
- Tatar, D., 2001. *Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde Bitki-İklim Modellemesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 77s.