

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Clever Mwika MAAMBO

**CROPGRO-AYÇİÇEK MODELİNİN FARKLI SULAMA
REJİMLERİNDEKİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE
AKDENİZ KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN
AYÇİÇEK ÜRETİMİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2022

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CROPGRO-AYÇİÇEK MODELİNİN FARKLI SULAMA
REJİMLERİNDEKİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE
AKDENİZ KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AYÇİÇEK
ÜRETİMİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Clever Mwika MAAMBO

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez 23/09/2022 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. S.Metin SEZEN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr.Mustafa ÜNLÜ
ÜYE

.....
Doç. Dr. S. Seda YAMAÇ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2020-13267

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CROPGRO-AYÇİÇEK MODELİNİN FARKLI SULAMA REJİMLERİNDEKİ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ VE AKDENİZ KOŞULLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN AYÇİÇEK ÜRETİMİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Clever Mwika MAAMBO

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
Yıl: 2022, Sayfa: 223
Jüri : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
: Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

Bu araştırma, Akdeniz koşullarında damla sulama sistemiyle sulanan ayçiçeğinde Oleko çeşidinde farklı sulama programlarının verim ve su kullanımı üzerine etkilerini belirlemek ve ayçiçeği verimini tahmin etmede CROPGRO V4.7.5 modelinin performansının ve duyarlılığının belirlenmesi amacıyla 2010 ve 2011 yıllarında yürütülmüştür. Bu araştırma ayrıca Akdeniz bölgesinde iklim değişikliğinin ayçiçeği verimine olası etkilerinin tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada ana konuları sulama aralıkları(CPE), alt konuları ise sulama düzeyleri (IL) oluşturmuştur. Sulama programında 3 farklı sulama aralığı, yığılımlı buharlaşma değerlerinden (CPE₁: $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm; CPE₂: $\Sigma E_o = 50 \pm 5$ mm; CPE₃: $\Sigma E_o = 75 \pm 5$ mm olduğunda sulama) oluşurken, 4 farklı sulama düzeyi (IL₁= 0.50; IL₂=0.75; IL₃=1.00; IL₄=1.25) oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu ayçiçeği dane verimini istatistiksel olarak %1 hata seviyesinde önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Her iki deneme yılında da en yüksek verim CPE₂-IL_{1,25}, en düşük verim ise susuz konudan alınmıştır. Sulama aralığı ve sulama düzeyi; ayçiçeğinde verimi, yaprak alanını, hasat indeksini, su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) önemli derecede etkilemiştir. Sonuçta; CPE₂IL_{1,25} sulama programı yörede yüksek ayçiçeği ürünü almak için önerilebilir. Model çalışmasının ilk bölümünde DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modelinin kalibrasyon ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Ardından iklim projeksiyonu verileri bitki simulasyon modelinde girdi olarak kullanılarak olası iklim değişikliklerinin ayçiçeği verimi üzerine etkileri ortaya konulmuştur. Çalışmada RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları ve HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modelleri iklim projeksiyonları olarak kullanılmıştır. Gelecek dönem kısa dönem (KD) 2023-2040, orta dönem (OD) 2041-2070, uzun dönem (UD) 2071-2098 olmak üzere üç ayrı periyotta değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Tarsus iklim koşullarında kısıtlı sulama altında ayçiçeği verimi, RCP4.5 senaryosunda KD ve OD dönemlerinde sırasıyla %6.8 ve %5.0 artarken, UD döneminde %8.1 azalacaktır. RCP8.5 senaryosunda ayçiçeği verimliliği KD'de %7.1, OD ve UD dönemlerinde sırasıyla %13.4 ve %28.9 azalacaktır. Benzer şekilde, tam sulama koşullarında, RCP4.5 senaryosunda ayçiçeği veriminin KD ve OD dönemlerinde sırasıyla %7.6 ve %8.2 oranında artması, UD döneminde ise %2.9'luk bir azalma beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda ayçiçeği veriminin KD'de %6.3 artması beklenirken, OD ve UD dönemlerinde sırasıyla %2.3 ve %22.2'lik bir azalma beklenmektedir. CROPGRO-Ayçiçeği modeli simulasyon sonuçlarında elde edilmiş ayçiçeği verimi ve bitki büyüme parametrelerinin kestirilen değerlerinin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, CROPGRO- Ayçiçeği modeli farklı sulama yönetimi koşulları altında ayçiçeğinin verimini doğru olarak tahmin etmek için kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Ayçiçeği, sulama aralığı, sulama düzeyi, Sulama Programı, CROPGRO-Ayçiçeği modeli, iklim değişimi

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINING THE PERFORMANCE OF THE CROPGRO-SUNFLOWER MODEL IN DIFFERENT IRRIGATION REGIMES AND EVALUATING THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON SUNFLOWER PRODUCTION IN MEDITERRANEAN CONDITIONS

Clever Mwika MAAMBO

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

Supervisor : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
Year: 2022, Pages: 223
Jury : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
: Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Assoc. Prof. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

This research was carried out to determine the performance and sensitivity of the CROPGRO V4.7.5 model in determining the effects of different irrigation programs on yield and water use in sunflower (Oleko) irrigated with drip irrigation system in Mediterranean conditions in 2010 and 2011. In the irrigation program, 3 different irrigation intervals are formed from accumulated evaporation values (CPE_1 : $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm; CPE_2 : $\Sigma E_o = 50 \pm 5$ mm; CPE_3 : $\Sigma E_o = 75 \pm 5$ mm), 4 different irrigation levels ($IL_{0.50} = 0.50$; $IL_{0.75} = 0.75$; $IL_{1.00} = 1.00$; $IL_{1.25} = 1.25$). According to the results obtained; irrigation interval and irrigation level interaction was found to significantly affect total sunflower grain yield at 1% error level statistically. In both experimental years, the highest yield was recorded from CPE_2 - $IL_{1.25}$ and the lowest yield was recorded from CPE_3 - $IL_{0.50}$. The total amount of irrigation water applied to the subjects varied between 199mm and 578 mm while plant water consumption values varied between 243mm and 611 mm in both years. Irrigation interval and irrigation level; The yield of Sunflower significantly affected dry matter, leaf area, harvest index, water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE) values. Based on the results, the CPE_2 - $IL_{1.25}$ irrigation program can be recommended for high yields in the region. In the first part of the model study, the calibration and evaluation of the DSSAT CROPGRO-Sunflower model was made. Then, using the climate projection data as input in the plant simulation model, the effects of possible climate changes on sunflower yield were revealed.

The data sets of 3 Global Climate Models (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M) and RCP4.5 and RCP8.5 scenarios were used to create climate projections. The upcoming period were evaluated in three separate periods, namely near-term(KD) 2023-2040, mid-term(OD) 2041-2070, and long-term(UD) 2071-2098. To comprehensively evaluate the possible impacts of climate change, the analyzes were made in two separate categories as recommended full irrigation (CPE_2 - $IL_{1.25}$) conditions and deficit irrigation (CPE_2 - $IL_{1.00}$) under water scarcity conditions. According to the results of the study, sunflower productivity under water scarcity in Tarsus climatic conditions will increase by 6.8% and 5.0% in KD and OD periods respectively whereas decrease by 8.1% in the UD period in RCP4.5 scenario. In the RCP8.5 scenario sunflower productivity will increase by 7.1% in KD whereas decrease by 13.4% and 28.9% in OD and UD periods respectively. Similarly, In full irrigation conditions, sunflower yield is expected to increase by 7.6% and 8.2% in KD and OD periods respectively while a 2.9% decrease is expected in the UD period in RCP4.5 scenario. In the RCP8.5 scenario sunflower yield is expected to increase by 6.3% in KD while a decrease by 2.3% and 22.2% is expected in OD and UD periods respectively. The CROPGRO-Sunflower model simulation results showed that the estimated values of sunflower yield and plant growth parameters were close to the measured values. Therefore, the CROPGRO-Sunflower model can be used to accurately predict sunflower yield under different irrigation management conditions.

Key words: Sunflower, irrigation interval, irrigation level, irrigation scheduling, CROPGRO-Sunflower model, climate change

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Tarsus'ta 2010 ve 2011 yıllarında yürütülen "Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Uygulanan Geleneksel ve Kısmi Kök Kuruluğu (PRD) Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Ayçiçeği Verimi ve Yağ Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi" adlı TAGEM ayçiçeği proje sonuç raporunun çıktıları CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu tezin temel amacı, Doğu Akdeniz bölgesinde son yıllarda yoğun olarak yetiştirilen ve sürekli ekim alanları artan ayçiçeği bitkisinde verimi, bitki gelişimi, verim bileşenleri ve bitki gelişiminin benzetimi sağlanarak, ölçülen deneme sonuçları ile CROPGRO-Ayçiçeği (V.4.7.5) model sonuçlarını karşılaştırmaktır. Ayrıca, CROPGRO-Ayçiçeği modelinin tahmindeki başarımını istatistiksel olarak değerlendirmek ve yapılan duyarlılık analizi ile iklim değişikliğinin ayçiçeği verimliliği üzerindeki etkisini tahmin etmektir.

Çalışma, ayçiçeğinde üç farklı sulama aralığı (CPE) altında yer alan dört farklı sulama düzeyinde (IL) gerçekleştirilmiştir. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülen çalışmada ana konuları yığışimli buharlaşma değerlerine göre oluşturulan 3 farklı sulama aralığı ($CPE_1 = 25 \pm 2.5$ mm; $CPE_2 = 50 \pm 5.0$ mm ve $CPE_3 = 75 \pm 7.5$ mm), alt konuları ise 4 farklı sulama düzeyi (IL) ($IL_{0.50} = 0.50$; $IL_{0.75} = 0.75$; $IL_{1.00} = 1.00$; $IL_{1.25} = 1.25$) oluşturmuştur.

Her iki deneme yılına ait ayçiçeğinin gelişme dönemleri, deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, herbir deneme konusuna ait toprak su içeriklerinin bitki gelişim dönemleri boyunca değişimi, ayçiçeği bitkisine ait su tüketimi değerleri, ayçiçeği bitkisinden hasat edilen verim, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanlarına (IWUE) ait bulgular elde edilmiştir. Ölçülen gözlemlere ilişkin kimi parametrelerde sulama aralığı (CPE) ile sulama düzeyi (IL) interaksyonu önemli, kimi parametrelerde sadece sulama aralığı, kimi parametrelerde ise sadece

sulama düzeyi ayrı ayrı önemli, kiminde ise hem sulama aralığı hem de sulama düzeyi tekssel olarak istatistiksel önemli çıkmıştır.

En yüksek ayçiçeği verim değerleri her iki deneme yılında da CPE₂IL_{1.25} deneme konusundan elde edilirken, yıllara göre 4758 ve 4890 kg ha⁻¹'dir. En düşük ayçiçeği verim değerleri susuz konuda 1670 ve 1700 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Çalışmada Oleko ayçiçeği çeşidine ait olan genetik katsayıların saptanması, diğer bir ifade ile CROPGRO-Ayçiçeği modelinin kalibrasyonu “deneme-yanılma” yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyon için 2010 yılına ait ayçiçeğinde gelişme dönemleri (çiçeklenmeye ve olgunlaşmaya varış süresi), yaprak alan indeksleri, etkili kök derinliğindeki toprak su içeriği değişimi ve ayçiçeği verim değerleri kullanılmıştır. Kestirilen ve ölçülen değerler yakın bir eşleşme ($\pm\%$ 10) elde edildiğinde, kullanılan genetik katsayılar kabul edilmiştir.

CROPGRO-Ayçiçeği modelinin tahmindeki başarımı değerlendirmesinde grafiksel ve istatistiksel iki farklı yöntem kullanılmıştır. Grafiksel yöntemde ölçülen ve kestirilen veriler zamansal olarak grafiklenmiş ve görsel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel yöntemde ise incelenen herbir parametre için hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. CROPGRO-Ayçiçeği modelinin değerlendirmesi aşamasında modelinin başarımı 2011 yılına ait ayçiçeği deneme sonuçlarından elde edilen ölçülen verilerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülen ayçiçeği verim ve verim bileşenleri ile modelde kestirilen değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak verilmiştir.

Ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış süreleri arasında % hata (E) değeri 2010 yılında -9.68 ile +8.11, 2011 yılında ise -12.50 ile +11.48 arasında hesaplanmıştır. RMSE değeri 2010 yılı için 3.87 gün, 2011 yılı için 3.95 gün olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi rejimlerinde ayçiçeğinin çiçeklenmeye varış süresini benzetimde iyi başarımla sergilemiştir.

Ölçülen ve kestirilen ayçiçeği verim değerleri arasında 2010 yılında % hata değeri %-38.74 ile +24.84, 2011 yılında ise % -92.59 ile +28.38 arasında belirlenmiştir. RMSE değeri 2010 yılı için 582.7 kg ha⁻¹, 2011 yılı için ise 804.4 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi rejimlerinde ayçiçeği verimini benzetimde 2010 yılında iyi, 2011 yılında ise kısmen uygun performans göstermiştir.

Ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 2010 yılında sulama aralığı ve sulama düzeyine bağlı olarak 0.50-1.15, 2011 yılında ise 0.42-1.40 arasında yer almıştır.

Üç Küresel İklim Modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M) ait iklim veri setleri RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları ile birlikte iklim projeksiyonları oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Gelecek dönem kısa:2023-2040, orta:2041-2070 ve uzun:2071-2098 olmak üzere üç ayrı periyotta değerlendirilmiştir. İklim değişikliğinin olası etkilerini kapsamlı değerlendirebilmek amacıyla analizler tezde önerilen CPE₂IL_{1.25} tam sulama koşulları ve su kıtlığı koşullarında önerilen kısıntılı sulama (CPE₂IL_{1.00}) olmak üzere iki ayrı kategoride yapılmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre tam sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönem olan 2023-2040 yıllarında ortalama % 7.6 artış olacağı, orta dönem olan 2041-2070 yıllarında verim değişiminin ortalama % 8.2 artış, uzun dönem olan 2071-2098 yıllarında ise ortalama % -2.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. Tam sulama koşullarında RCP8.5 iklim senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönemde ortalama % 6.3 artış, orta dönemde ortalama % -2.3 oranında azalış, uzun dönemde ise ortalama % -22.2 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir.

Kısıntılı sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönemde ortalama % 6.8 artış olacağı, orta dönemde verim değişiminin ortalama % 5.0 artış, uzun dönemde ise ortalama % -8.1 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. Kısıntılı sulama koşullarında RCP8.5 iklim

senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönemde ortalama % 7.1 artış, orta dönemde ortalama % -13.4 oranında azalış, uzun d nemdede ise ortalama % -28.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir.

Araştırma sonucunda, iklim değişikliğinin özellikle uzun vade de tam ve kısıntılı sulama koşullarındaki tarımsal üretim üzerine önemli olumsuz etkilere sebep olacağı ortaya konmuştur.

Tarsus koşullarına göre kalibre edilen CROPGRO-Ay ı eği modeli ile bitki gelişme dönemlerini (   eklenmeye ve olgunluğa varış süresi, LAI'nin zamansal değişimi) kestirimde mükemmel, ay ı eği dane verimi, HI, maksimum LAI kestirilennde iyi ve uygun performans göstermiştir. Ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki fark genel anlamda kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır. Sonuçta, CROPGRO-Ay ı eği modeli Akdeniz koşullarında Oleko yağlık ay ı eği fenolojisini ve dane verimini kestirimde güvenle kullanılabilir. İ lim değişikliğinin ay ı eği bitkisi üzerindeki olası etkilerinin kestirilmesi ve ayrıntılı olarak raporlanması ileride bu konuda çalışacak karar vericilerin planlamalarına katkı sağlaması açısından oldukça önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Tez konusunu seçiminde, tezin yürütülmesinde, değerlendirilmesinde ve yazımında yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Semih Metin SEZEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde yer alarak çalışmalarımın her aşamasında verdikleri destek ve katkılarından dolayı Sayın Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ ve Sayın Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ'a teşekkür ederim.

TUBİTAK-BİDEP Proje kapsamında bölümümüze uluslararası misafir öğretim üyesi olarak gelen Yrd. Doç. Dr. Ishfaq AHMAD'a modelin kullanılması ve değerlendirilmesinde gösterdiği ilgi ve anlayıştan dolayı teşekkür ederim.

İklim değişikliği konusunda gerekli iklim projeksiyonları, iklim verileri ve model hakkındaki katkı ve önerileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Dr. Hüdaverdi GÜRKAN'a teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölüm Başkanlığına ve maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (Proje no: FYL-2020-13267) içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XVI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Ayçiçeğinde Hastalık ve Zararlılar	30
2.2. Ayçiçeğinde Bitki Büyüme Modelleri ile ilgili Araştırmalar	31
2.3. Modellerde Kalibrasyon ve Geçerlilik.....	37
2.4. Olası İklim Değişiminin Ayçiçeği Verim, Büyüme ve Gelişimine Etkileri.....	39
2.5. İklim Değişikliği İçin CROPGRO-Ayçiçek Modelinin Duyarlılık Analizi	41
3. MATERYAL VE METOD.....	45
3.1. Materyal.....	45
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı	45
3.1.2. Araştırmada kullanılan ayçiçek çeşidi ve özellikleri	45
3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri.....	45
3.1.4. Araştırma yerinin tarımsal yapısı.....	48
3.1.5. Araştırma yerinin toprak özellikleri.....	49
3.1.6. Araştırmada kullanılan su kaynağı.....	50
3.2. Metod	51
3.2.1. Deneme metodu	51
3.2.2. Araştırma konuları	52

3.2.3. Toprak ve su analiz yöntemleri	52
3.2.4. Araştırmada izlenen kültürel işlemler, gözlem ve ölçümler	53
3.2.4.1. Denemenin kurulması ve tarımsal işlemler.....	53
3.2.4.2. Toprak hazırlığı ve ekim.....	54
3.2.4.3. Gübreleme.....	54
3.2.4.4. Bakım ve tarımsal mücadele.....	55
3.2.4.5. Sulama	56
3.2.4.5.1. Damla sulama sistemi	56
3.2.4.5.2. Konulara uygulanan sulama suyu miktarı.....	56
3.2.4.6. Gözlemler ve ölçmeler.....	57
3.2.4.7. Hasat	58
3.2.5. Toprak nemi ölçümleri.....	58
3.2.6. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)	59
3.2.7. Yağ Analizleri.....	60
3.2.8. Analiz ve değerlendirme Metotları	60
3.2.9. DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli hakkında genel bilgiler	60
3.2.9.1. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modeli.....	65
3.2.9.2. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli minimum veri seti (MVS)	68
3.2.9.2.1. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli iklim verileri	70
3.2.9.2.2. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli toprak profiline ilişkin veriler.....	75
3.2.9.2.3. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde ürün yetiştiriciliğine ait gerekli veriler	76
3.2.9.2.4. Modelin kalibrasyonu ve değerlendirilmesinde gerekli dosyalar (File A ve File T)	77

3.2.9.2.5. Modelde su bütçesi eşitliği	78
3.2.9.2.6. CROPGRO-Ayçiçeği model için gerekli genetik katsayıları.....	79
3.2.9.2.7. CROPGRO-Ayçiçeği modelinin kalibrasyonu ve değerlendirilmesi	83
3.2.9.2.8. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde kullanılan iklim değişimi projeksiyonları	85
3.2.10. Analiz ve değerlendirme metotları.....	93
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	95
4.1. Ayçiçeği Bitkisinin Gelişme Dönemleri	96
4.2. Ayçiçeği Bitkisinde Deneme Konulara Ait Sulama Suyu Miktarları, Sulama Zamanları ve Sayıları	97
4.3. Ayçiçeğinde Deneme Konularına Ait Toprak Su İçeriği	100
4.4. Deneme Konulara İlişkin Ayçiçeği Bitki Su Tüketimi Değerleri	104
4.5. Ayçiçeğinde Dane Verimi.....	105
4.6. Ayçiçeğinde Su Kullanım (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)	112
4.7. Ayçiçeğinde Bitki Su Tüketimi (ET)- Verim İlişkileri (Y).....	118
4.8. Ayçiçeğinde Sulama Suyu (I) - Verim İlişkileri (Y).....	121
4.9. Ayçiçeği Bitkisinde Verim Bileşenlerine İlişkin Sonuçlar	123
4.9.1. Hasatta ayçiçeği bitki boyu.....	123
4.9.2. Ayçiçeğinde konulara ait yaprak alan indeksi (LAI) değerleri	126
4.9.3. Ayçiçeğinde bitki sap çapı	130
4.9.4. Ayçiçeğinde tabla çapı.....	132
4.9.5. Ayçiçeğinde tablada çekirdek sayısı	134
4.9.6. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı	136
4.9.7. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranı	139
4.9.8. Ayçiçeğinde hasat indeksi.....	140

4.10. Ayçiçeğinde Hastalık Gözlemi, Patojenlerin İzolasyonu ve Tanısı	142
4.11. Ayçiçeğinde Yağ %'si	143
4.12. Ayçiçeğinde Verim Tepki Etmeni (ky), Yağ Verimi Tepki Etmeni (kyyağ).....	146
4.13. Ayçiçeğinde Bitki Su Tüketimi (ET) - Yağ %'si İlişkileri	153
4.14. Ayçiçeğinde Sulama Suyu (I)-Yağ %'si İlişkileri	155
4.15. CROPGRO-Ayçiçeği Modeli Benzetim Sonuçları.....	156
4.15.1. Ayçiçeği Oleko çeşidine ilişkin kalibrasyon ve genetik katsayıların belirlenmesi.....	156
4.15.2. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış süresi (ÇVS).....	158
4.15.3. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış süresi (OVS)	161
4.15.4. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen verim değerleri	163
4.15.5. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen Hasat indeksleri.....	166
4.15.6. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen yaprak alan indeksleri	167
4.15.7. DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modelinde verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları.....	173
4.15.7.1. DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile tam sulama koşullarında verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları	173
4.15.7.2. DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile kısıntılı sulamada verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları	175
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	176
KAYNAKLAR	187
ÖZGEÇMİŞ.....	223

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Araştırmanın Yürütüldüğü Yıllara İlişkin İklimsel Veriler ve Uzun Yıllık Ortalama Değerleri.....	47
Çizelge 3.2. Bitki Gelişimi Süresince Oluşan Yağış Değerleri.....	48
Çizelge 3.3. Adana ili ve Türkiye’de ayçiçeği ekiliş alanları, üretim miktarları ve ortalama verim değerleri	49
Çizelge 3.4. Deneme yeri topraklarına ait bazı fiziksel özellikler	50
Çizelge 3.5. Deneme yeri toprakları verimlilik analiz sonuçları.....	50
Çizelge 3.6. Sulama suyuna ilişkin analiz sonuçları	51
Çizelge 3.7. Deneme yıllarına ilişkin gübre uygulama tarihleri, gübre dozları ...	55
Çizelge 3.8. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 Bitki Büyüme Modelinin Çalıştırılmasında Gerekli Minimum Veri Seti.....	70
Çizelge 3.9. CROPGRO-Ayçiçeği OLEKO çeşidine ait genetik katsayılar	79
Çizelge 3.10. CROPGRO Ayçiçeği ekotip özelinde genetik katsayı listesi	80
Çizelge 3.11. Seçilen iklim modelleri ve iklim senaryoları	90
Çizelge 3.12. Tarsus havzası yıllık ortalama sıcaklık projeksiyonları.....	92
Çizelge 3.13. Tarsus havzası yıllık toplam yağış projeksiyonları.....	92
Çizelge 4.1. Ayçiçeği bitkisine ilişkin kimi gelişme dönemleri	97
Çizelge 4.2. CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3 ’e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)	98
Çizelge 4.3. CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3 ’e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)	99
Çizelge 4.4. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketim Değerleri (ET).....	104
Çizelge 4.5. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları.....	106
Çizelge 4.6. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları	106
Çizelge 4.7. Konulardan elde edilen ayçiçeği dane verimleri.....	107
Çizelge 4.8. Araştırma yılında konulara göre uygulanan toplam sulama suyu, bitki su tüketimi, verim, su kullanma ve sulama suyu kullanma etkinliği değerleri.....	113
Çizelge 4.9. WUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	114

Çizelge 4.10. WUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	114
Çizelge 4.11. Konulardan elde edilen ayçiçeği WUE değerleri.....	116
Çizelge 4.12. IWUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	117
Çizelge 4.13. IWUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	117
Çizelge 4.14. Konulardan elde edilen ayçiçeği IWUE değerleri	118
Çizelge 4.15. Bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları	124
Çizelge 4.16. Bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları	125
Çizelge 4.17. Konulara ilişkin ayçiçeği bitki boylarına ilişkin LSD sınıflandırması	126
Çizelge 4.18. Bitki sap çapına ilişkin varyans analiz sonuçları	130
Çizelge 4.19. Bitki sap çapına ilişkin varyans analiz sonuçları	130
Çizelge 4.20. Sap çaplarına ilişkin LSD sınıflandırması	131
Çizelge 4.21. Tabla çapına ilişkin varyans analiz sonuçları	132
Çizelge 4.22. Tabla çapına ilişkin varyans analiz sonuçları	132
Çizelge 4.23. Tabla çaplarına ilişkin Duncan sınıflandırması	133
Çizelge 4.24. Tablada çekirdek sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları	134
Çizelge 4.25. Tablada çekirdek sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları	135
Çizelge 4.26. Tablada çekirdek sayısına ilişkin Duncan sınıflandırması.....	136
Çizelge 4.27. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı ilişkin varyans analiz sonuçları.....	136
Çizelge 4.28. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı ilişkin varyans analiz sonuçları.....	137
Çizelge 4.29. Ayçiçeğinde bindane ağırlığına ilişkin Duncan sınıflandırması	138
Çizelge 4.30. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranına ilişkin varyans analiz sonuçları	139
Çizelge 4.31. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranına ilişkin varyans analiz sonuçları	139
Çizelge 4.32. Ayçiçeğinde iç / kabuk oranına ilişkin LSD sınıflandırması	140
Çizelge 4.33. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	141
Çizelge 4.34. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	141
Çizelge 4.35. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin LSD sınıflandırması.....	142
Çizelge 4.36. Ayçiçek yağ %'sine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	144
Çizelge 4.37. Ayçiçek yağ %'sine ilişkin varyans analiz sonuçları	144
Çizelge 4.38. Ayçiçeği yağ %'sine ilişkin LSD sınıflandırması.....	145

Çizelge 4.39. Ayçiçeğinde verim tepki etmeni (k_y), yağ verimi tepki etmeni ($k_{y_{yağ}}$) değerleri.....	146
Çizelge 4.40. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde Oleko çeşidine ait genetik katsayılar.....	158
Çizelge 4.41. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde Oleko ekotipi ait genetik katsayılar.....	158
Çizelge 4.43. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi	159
Çizelge 4.44. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi	161
Çizelge 4.45. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi	162
Çizelge 4.46. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi	163
Çizelge 4.47. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri	164
Çizelge 4.48. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri	165
Çizelge 4.49. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde hasat indeksi (HI) hata yüzdesi	166
Çizelge 4.50. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde farklı iklim modelleri ve iklim senaryolarında tam sulama koşulunda bitki gelişme dönemi değişimi.....	175
Çizelge 4.51. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde farklı iklim modelleri ve iklim senaryolarında kısıntılı sulama koşulunda dane verimi değişimi ..	175
Çizelge 4.52. CROPGRO-Ayçiçeği kısıntılı sulamada bitki gelişme dönemi değişimi.....	176



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	DSSAT modüler yapısı ve bileşenleri	64
Şekil 3.2.	DSSAT bitki büyüme modelinde iş akış şeması	65
Şekil 3.3.	CROPGRO - Ayçiçeği bitki büyüme modelinde kullanılan girdi ve çıktı dosyaları	73
Şekil 4.1.	Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi.....	102
Şekil 4.2.	Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi.....	103
Şekil 4.3.	Herbir sulama aralığı için bitki su tüketimi-verim ilişkisi.....	119
Şekil 4.4.	Birleştirilmiş bitki su tüketimi- verim ilişkisi	119
Şekil 4.5.	Her bir sulama aralığı için bitki su tüketimi-verim ilişkisi	120
Şekil 4.6.	Birleştirilmiş bitki su tüketimi- verim ilişkisi	120
Şekil 4.7.	Herbir sulama aralığı için sulama suyu- verim ilişkisi	121
Şekil 4.8.	Birleştirilmiş sulama suyu- verim ilişkisi.....	122
Şekil 4.9.	Her bir sulama aralığı için sulama suyu- verim ilişkisi.....	122
Şekil 4.10.	Birleştirilmiş sulama suyu- verim ilişkisi.....	123
Şekil 4.11.	Deneme konularında LAI'nin zamansal olarak değişimi	128
Şekil 4.12.	Deneme konularında LAI'nin zamansal olarak değişimi	129
Şekil 4.13.	Herbir sulama aralığına ilişkin verim tepki etmenleri	148
Şekil 4.14.	Birleştirilmiş verim tepki etmeni.....	148
Şekil 4.15.	Herbir sulama aralığına ilişkin verim tepki etmenleri.....	149
Şekil 4.16.	Birleştirilmiş verim tepki etmeni.....	149
Şekil 4.17.	Herbir sulama aralığına ilişkin yağ verim tepki etmenleri ($ky_{yağ}$)	150
Şekil 4. 18.	Birleştirilmiş yağ verim tepki etmeni($ky_{yağ}$)	151
Şekil 4.19.	Herbir sulama aralığına ilişkin yağ verim tepki etmenleri ($ky_{yağ}$)	152
Şekil 4.20.	Birleştirilmiş yağ verim tepki etmeni ($ky_{yağ}$).....	152
Şekil 4.21.	ET-Yağ %'si ilişkisi	153
Şekil 4.22.	ET-Yağ %'si ilişkisi	154
Şekil 4.23.	Ayçiçeği sulama suyu miktarı ile yağ %'si arasındaki ilişkiler.....	155
Şekil 4.24.	Ayçiçeği sulama suyu miktarı ile yağ %'si arasındaki ilişkiler.....	156

Şekil 4.25. CPE1 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	167
Şekil 4.26. CPE2 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	168
Şekil 4.27. CPE3 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	169
Şekil 4.28. CPE ₁ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	170
Şekil 4.29. CPE ₂ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	171
Şekil 4.30. CPE ₃ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi	172

1. GİRİŞ

Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde, esas olarak yetersiz yağış miktarı ve artan nüfus baskısı nedeniyle su sınırlı bir kaynak haline gelmiştir. Ayrıca, ülkemizde iklim değişikliğinden kaynaklanan özellikle yaz aylarında sıcaklıklarının yükselmesi, kış aylarında ise yağışlarının azalması ve dağılımının bozulması, kuraklıkların artması, su kaynaklarının hacminde ve kalitesinde azalma, toprağın bozulması, kıyı bölgelerde erozyon, taşkın ve sel gibi etkiler direk olarak su kaynakları üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle, suyun sulama suyunun daha iyi kullanılmasını ve çevresel etkilerin azalmasına imkan sağlayacak, yüzey akış veya drenaj yoluyla kaybolan su kayıplarını azaltabilecek, su kullanım randımanını yükseltecek, bitkinin sulama programını optimize edebilecek, ürün ve kalitede pozitif etki gösterecek basınçlı sulama stratejilerine ciddi bir şekilde gereksinim vardır. Anılan basınçlı sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırması ile ülkemizdeki su kaynakları üzerindeki baskı azalacak ve daha randımanlı bir şekilde işletimi sağlanacaktır.

İklim değişikliğinin su kaynaklarımız üzerinde oluşturabileceği zararı en aza indirebilmek için ülkemizde su dengesinin korunması, su kaynaklarının planlı ve verimli kullanılması ve su kaynaklarının büyük bir oranını tarımsal sulamada kullanan çiftçileri bilinçlendirilerek sulama suyu kullanımında su tasarrufu sağlanabilir. Yarı kurak sulanan alanlarda su, yalnızca sınırlı bir kaynak olarak değil, aynı zamanda bir üretim faktörü ve üretimle ilgili önemli bir ekonomik girdi olarak kabul edilir.

Yağlı tohumlu bitkiler içerisinde gerek ekim alanı gerekse üretim miktarı bakımından ilk sırada ayçiçek ülkemizde genellikle yağlık olarak yetiştirilirken, bitkisel yağ gereksiniminin de yaklaşık olarak %50'sini karşılamaktadır (Semerci, 2019). Ayçiçeği tohumu yüksek kaliteli yağ içeriği (% 22-50) ile bitkisel ham yağ üretimi kapsamında ülkemizde yağ sanayi sektörünün önemli girdilerinden birisidir. Ayrıca, yemeklik yağ veya biyodizel olarak kullanılırken, ayçiçeği

kalıntıları hayvan yemi veya toprak verimliliği için yeşil gübreler olarak kullanılmaktadır (Sezen ve ark., 2013).

Ayçiçeği yağı yüksek besin değeri ve içerdiği doymamış yağ asitleri oranının yüksek (% 69) olması ile 2018 yılında dünya bitkisel ham yağ üretiminin %9.5'ini, ülkemizde ise %46.0'sını karşılaması nedeniyle önemli bitkisel yağlardan birisidir (USDA, 2020).

Türkiye'de hızlı nüfus artışı ve kişi başına artan tüketim nedeniyle bitkisel yağ tüketimi değerlerinde yıldan yıla gereksinim artarken, ülkemizin yağ üretimi miktarı tüketimi karşılayamamakta, giderek artan yağ açığı diğer bir deyişle yağlı tohum ve ham yağ ithalat yoluyla yurtdışından sağlanılmaktadır. Ayçiçeği üretiminin yetersiz olmasının başlıca sebeplerinden birisi, düzensiz ve geliş güzel sulama uygulamaları altında yetiştirilmekte ve kuru koşullarda sadece yağışa dayalı üretim yapılarak birim alandan elde edilen düşük verimden kaynaklanmaktadır. Ancak en uygun sulama programlarının yöre çiftçisine kazandırılmasıyla verim ve yağ artışı sağlanarak, yüksek nitelikli verim ile ürünün pazarlanmasını kolaylaştıracaktır. Hem ülke ekonomisine hem de çiftçilerin gelir düzeyinin yükselmesine katkıda bulunacaktır. Geliştirilecek olan sulama programı ile hem nitelikli hem de yüksek düzeyde ürün alınması mümkün olacak, bu da üreticiye artı değer olarak yansıyacaktır. Ülke açısından bakıldığında ayçiçeği bitkisinin sulu koşullarda yetiştiril mesi planlanığında ülke ekonomisine önemli geri sağlayacak, yağlı tohum veya ham yağ olarak ithalatı azaltacaktır. Bu sayede bitkisel yağ sanayinin en önemli sorunu olan yağlı tohumların üretim azlığı giderilmiş olacaktır.

Ayçiçeği öncelikle Trakya-Marmara, Ege ve Karadeniz Bölgeleri olmak üzere birçok yerde yetişebilmektedir. Ayrıca, son yıllarda özellikle Çukurova-Akdeniz, Ege Bölgesi ve daha çok çerezlik olarak da İç Anadolu Bölgesinde ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. 2020/21 sezonunda ülkemizde ayçiçeği üretim miktarı 2 milyon ton'a ulaşırken, bu değer 1.9 milyon tonu yağlık olarak üretilmiştir. İl bazında ülkemizdeki yağlık ayçiçeği üretim alanları ve miktarları incelendiğinde, en yüksek üretim sırasıyla Tekirdağ (353000 ton), Konya (278000

ton), Edirne (240000 ton), Kırklareli (226000 ton) ve Adana (195000 ton) illerinde gerçekleşmiştir. Bu illerdeki üretim toplam üretimin %73.2'ü iken, Adana ili %9.8'sini oluşturmaktadır (TÜİK, 2022). Aynı illerdeki ayçiçeği ekim alanları incelendiğinde Tekirdağ (142 bin ha), Edirne (90 bin ha), Adana (60 bin ha), Kırklareli (77 bin ha) ve Konya (66 bin ha) ile ülkemiz yağlık ayçiçeği ekim alanı olan 650000 ha alanın %67'sini oluşturmuştur. Yağlık ayçiçeği üretiminin yapıldığı illerde (Tekirdağ, Adana, Konya, Edirne, Kırklareli ve Çorum) uygun koşullarda basınçlı sulama sistemleri sulanan koşullarda bilinçli sulama yapılması üretim performansımız artacak, ülkemizin yağ üretimini önemli ölçüde artarak ve üretici gelirinde de önemli katkılar sağlayacaktır. Belirtilen illerin yağ üretim miktarı toplam ülke yağ üretimin %73.2'sini oluşturmaktadır (Ticaret Bakanlığı, 2020).

Dünya ayçiçeği ekim alanı, üretim ve verim durumu incelendiğinde 2018/19 yetiştirme periyodunda ekim alanı 27.4 milyon hektar, üretim 52.5 milyon ton, ortalama verim ise 1920 kg ha⁻¹'dir. Ayçiçeği tarımı dünyada en fazla Ukrayna, Rusya ve Arjantin'de yapılırken, Türkiye ilk 10 ülke arasında yer almaktadır. Bu ülkeler 2018 yılında dünya üretiminin % 75'ini gerçekleştirmişlerdir (FAOSTAT, 2022).

Dünya ayçiçeği yağı tüketimi 2018 yılı itibarıyla 18.698.000 ton düzeyindedir. Belirtilen miktarın yaklaşık 4.960.000 tonu Avrupa Birliği ülkelerinde, 2.450.000 tonu Rusya'da tüketilirken, Türkiye'de tüketim 1.094.00 ton düzeyinde gerçekleşmiştir. Ayçiçeği yağı üretiminde Türkiye'nin yıllık yağlık ayçiçeği kırma kapasitesi ise 2018 yılında 2.160.000 ton olarak gerçekleşmiştir (Ticaret Bakanlığı, 2020).

Ülkemizde ekimi yapılan yağlı tohumlu bitkiler içerisinde ekim alanı ve üretim bakımından birinci sırayı ayçiçeği almaktadır. Ülkemizde son 9 yılın ortalamasına göre 1.3 bin tonluk ayçiçek üretimi ile son on yıllık ortalaması 42 milyon ton olan dünya ayçiçek üretiminin %3'ten fazlasını gerçekleştirmektedir. Türkiye'de yıllara göre değişmekle beraber yaklaşık 530-690 bin hektar alanda

ayçiçeği ekimi yapılmaktadır. Türkiye ayçiçeği ekim alanı, üretim ve verim durumu incelendiğinde 2018/19 yetiştirme sezonunda ekim alanı 648934 ha, üretim 52.5 milyon ton, ortalama verim ise 2773 kg ha⁻¹'dir (Ticaret Bakanlığı, 2020).

2018 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de toplam ayçiçeği ekim alanı 7.344.651 da, üretim miktarı ise 1.949.229 ton olmuştur. Ayçiçeği üretim alanlarının %88.4'ünü ve üretim miktarının %92.3'ünü yağlık ayçiçeği oluşturmaktadır. Türkiye, 2018 yılı verilerine göre dünya ayçiçeği ekim alanlarının % 2.8'ini, üretim miktarının da %3.8'ini karşılamaktadır. Türkiye'de ayçiçeği verimi 2770 kg/ha olup dünya ortalama değerinden (1948 kg/ha) %42.2 oranında daha yüksektir (FAOSTAT, 2022)

Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) bitkisi su stresine yüksek oranda adapte olabilen ve aynı zamanda uygulanacak sulama su miktarına ve zamanlamasına bağlı olarak yüksek verim elde edilebilen tarla bitkisidir. (Zivotic, 2005; Karam ve ark., 2007). Ayçiçeğinde bitki gelişme dönemlerinde su stresine tepkisi farklı olmaktadır. Çiçekleme ve daha sonraki gelime dönemlerinde oluşabilecek su stresi bitki gelişimini ve kaliteyi olumsuz etkilerken, ilk gelişme dönemlerinde çok az etkilidir (Unger, 1990). Robinson (1971), su stresini vejetatif dönemdeki etkisinin generatif dönemi kıyasla daha az olduğunu belirtmiştir. Stone ve ark. (1996), yetersiz su koşullarında dahil çiçeklenme döneminde ayçiçeği bitkisinin su stresine girmesini önlenmesi ve dane dolum döneminde kısıntılı sulama programını önermiştir.

Dünyadaki mevcut üretim sistemleri iklim değişikliğine karşı gün geçtikçe daha savunmasız hale gelmektedir (Debaeke ve ark., 2017a; Rahman ve ark., 2018; Wiebe ve ark., 2019). Değişen iklimin ürünlerin üretimini azaltması ve sonucunda özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde gıda güvenliği için bir tehdit oluşturması beklenmektedir (Ahmed ve ark., 2018; Yasin ve ark., 2021).

Sıcaklık artışı ve belirsiz yağış düzensizlikleri yetiştirilen bitkilerin gelişme dönemlerini, büyümesi ve verimi üzerinde olumsuz etkilere sahip olacak ve bu etkiler kurak bölgelerde daha net görülecektir (Ahmad ve ark., 2019; Ullah ve ark.,

2019). İklimsel projeksiyonlardaki değişim, bitki üretim sistemlerindeki adaptasyonlar için iklim değişikliği çalışmalarında en önemlisidir. İklim değişiklikleri, sıcaklıktaki uzun vadeli değişiklikleri, yağış dağılımlarındaki dalgalanmaları, artan CO₂ seviyelerini içerir (IPCC, 2021).

İklim değişikliğinden kaynaklanan artan su kıtlığı ve kuraklık nedeniyle, tarım işletmeciliği ile ekonominin diğer sektörleri arasındaki zorlu rekabet bağlamında, sulama için önemli miktarda su kullanımının gerçekleşmesi beklenmektedir. Ayrıca, küresel nüfus artış hızı, tarımda su kullanımı üzerinde doğrudan bir etkiyle, gelecekte gıda talebinin kaçınılmaz artışına işaret edecektir. Herbir ülkenin sahip olduğu su kaynakları ile gıda üretim kapasitesi arasında önemli bir ilişki bulunduğundan, bitkilerin sulama suyu gereksinimlerinin doğru bir şekilde saptanması, gıda ihtiyacının karşılanması, aşırı su tüketiminin önlenmesi ve su kaynaklarının korunması açısından yüksek derecede gereklidir. Su kaynaklarının yanlış kullanımı, suyun iletilmesindeki altyapı eksikliği ve ayrıca iklim değişikliği nedeniyle bugün su kaynağının sınırlı olduğu ülkelerde kritik seviyelere ulaşmıştır. Ayrıca, iklim senaryolarının birçoğunda Akdeniz bölgesinde iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde olumsuz etkileri olacağı, yeraltı suyu kaynaklarının özellikle yaz dönemindeki yüksek sıcaklık, yağış eksikliği ve aşırı su talebi nedeniyle azalacağı belirtilmiştir (Sezen ve ark., 2022).

Yarı kurak ve kurak bölgelerde tarımsal verimliliği engelleyen temel faktör su kıtlığı ve kuraklıktır. Bu yüzden, ülkenin her geçen gün artan gıda gereksinimi gidermek için tarımsal sulama yönetiminin su kaynakları, yetiştirilen ürün deseni, enerji ve toprağı göz önünde bulundurarak düzenleme zorunluluğu vardır. Bu sayede tarımsal sulama yapılan alanlarda sulama uygulamalarından beklenen yararın elde edilebilmesi için küresel su krizini çözecek değişikliklerinde birlikte planlanması gerekecektir. Ayrıca, enerji ve su tasarrufu gerçekleştirecek, yüzey akış ve derine sızma gibi kayıpları en az seviyeye indiren, çevre dostu, verim ve kalitede olumlu etki yapacak, yetiştirilen ürüne şartların gerektirdiği koşullarda uygun sulama yöntemi ile yeterli sulama suyunu zamanında uygulayarak, üreticiye

değişik sulama programlamaları sağlamalıdır. Basınçlı sulama sistemleri ile sulama programının birlikte kullanılması ürün verimini ve su kullanım randımanını önemli derecede arttıracak, topraktan buharlaşma kayıpları özellikle damla sulama sisteminde önemli ölçüde azalacaktır. İklim değişikliğinin su kaynakları ve tarım sektöründe oluşturduğu olumsuz baskı belirli düzeyde azaltılabilecektir (Sezen ve ark., 2022).

Ülkemizde iklim değişikliği kapsamında yürütülen 2016-2098 yıllarını kapsayan dönem için geliştirilen iklim projeksiyonlarında sıcaklıkların 1.5 - 3.7°C artış göstereceği, yağışlarda ise azalma olacağı ve mevsim içinde dağılımında değişeceği belirtilmiştir (Akçakaya ve ark., 2015, Demircan ve ark., 2017). İklim değişikliği ile oluşacak sıcaklık artışı ile bitkilerin büyüme hızlarında, özellikle tarla bitkilerinde çiçeklenme ve hasat dönemlerinde farklılıklara yol açacağı, şimdiden bu tarihlerin birkaç gün ya da hafta olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Bu ölçekte bir küresel ısınmanın ülkemize uzun vadede faydadan çok zarar getirebileceği unutulmamalıdır. Sıcaklık artışı bitki gelişme dönemi sürelerini azaltacak, bu durumda üreticiler kullandıkları tohum çeşitleri seçiminde değerlendirmeye giderek kuraklığa dayanımı daha fazla olan çeşitlere yönelecektir. Mevcut durumda kullanılan ayçiçeği çeşitleri yarı kurak Akdeniz bölgesi için şu anda uygun olsa da, ilkbahar sonlarında meydana gelen aşırı sıcaklık ile yağış eksikliği ve dane doldurma döneminde aşırı su stresi oluşacaktır (Sezen ve ark., 2022).

İklim parametreleri (sıcaklık, yağış, atmosferdeki CO₂ seviyesi) oluşabilecek değişiklikler tarımsal üretimde önemli etkilere neden olabilecektir. Birleşmiş milletler tarım ve gıda örgütü (FAO) raporlarına göre Türkiye'nin iklim değişikliği kapsamında 2030 yılından 2100 yılına dek bitkisel üretimin giderek azalacağı ve bu oranların ilerleyen zamana göre daha şiddetli olacağı vurgulanmıştır (Anonymous, 2022). Ancak, ülkemizde iklim değişikliğinin gelecekte bitkisel üretime olası etkileri konusunda yapılan araştırma sayısı yok denecek düzeydedir.

Dellal ve ark., (2011) Akdeniz bölgesinde ayçiçeği veriminin 2050 yılı iklim göstergeleri kapsamında % 6.8 oranında azalma olacağı belirtilmiştir. Ülke genelinde ise bu azalma oranı % 6.5 olarak tahmin edilmiştir. İklim değişikliğinden kaynaklanan ekim alanının azalması ve verim düşüklüklerinin bir sonucu olarak, ülkemizin ayçiçeği üretimi % 12.9 oranında düşeceği öngörülmüştür.

İklim değişikliğinin diğer bir deyişle sıcaklık, yağış ve atmosferdeki CO₂ seviyesinde meydana gelebilecek farklılığın tarımsal üretim üzerine olası etkilerini bitki benzetim modelleri ve bölgesel iklim modelleri göstergeleri birlikte kullanarak tahmin edilebilir.

Model kavramı, en basit anlamda gerçek olayı basit yaklaşımlarla benzeştirmeye çalışarak olay hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak, gelecek ile ilgili daha iyi kestirimlerde bulunmak, mevcut durumu analiz etmek ve gelecekteki olası durumu görebilmektir. Bitki büyüme modelleri, iklim ve toprak koşulları ile bitki fizyolojisine ilişkin dinamik olayları matematiksel ilişkilerden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin kestiriminde kullanılan yaklaşımlardır. Olası seçeneklerin değerlendirmesinde de yaygın olarak kullanılan modeller, belirli sınırlar içinde çalışmakta ve belirli varsayımlara dayanmaktadır (Hoogenboom ve Ark., 2019). Model ile bitki organları (yaprakları, kökü, gövdesi), verimi ve verim bileşenlerinin büyümesini tahmin ederek gerçek bir ürünün davranışını benzetim yapabilir. Bu nedenle, bitki benzetim modelleri, yalnızca toplam biyokütlenin veya hasat edilebilir verimin son durumunu tahmin etmekle kalmaz, aynı zamanda bitkinin büyümesi ve gelişmesiyle ilgili ana süreçler hakkında nicel bilgiler verir. Modellerin etkin kullanılabilirliği için bitki büyüme ve gelişiminin olduğu çevre hakkında ayrıntılı bilgilerin derlenmiş olması gerekmektedir (Jame ve Cutforth, 1996; Laniado ve ark., 2013).

Bitki benzetim modelleri, uygun şekilde değerlendirildiğinde geleneksel arazi denemelerinde uygulanması zor ve pahalı olan çeşitli koşullarda yetiştirilen bitkinin davranışını incelemek için oldukça güçlü araçlardır. Arazi koşullarında uzun yıllar ve büyük masraflar gerektiren en uygun sulama zamanının belirlenmesi,

yeni bitki tür ve çeşidinin o yöre iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayıp sağlayamayacağı, tarımsal kuraklık, iklim değişikliği gibi olası durumların bitkisel üretime etkisi gibi konularda kısa zamanda sonuca ulaşmak bitki büyüme modelleri ile mümkün olmaktadır. Bunun yanında bitki büyüme modelleri; su-verim fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, sulama programı stratejilerinin belirlenmesinde, yarı kurak bölgelerde yağışlardan dolayı tarımsal üretimde oluşabilecek riskin saptanmasında, bitkinin günlük gelişiminin tahmin edilmesinde, bitkisel üretimin değişik aşamalarına karar verilmesinde, gelecekte olabilecek iklim değişikliklerinin verim üzerine etkisinin saptanmasında kullanılmaktadır (Sezen, 2000).

Bitki büyüme modellerinin geliştirilmesinin başlıca önemli nedenleri mevcut durumu tanımlamaları, bilimsel araştırmalardaki eksiklikleri göstermeleri, araştırmada öncelikleri belirlemeleri, farklı yönlerden bilgileri bir bütün haline getirmeleri ve disiplinler arası koordinasyonu sağlamalarıdır. Ayrıca, bitki büyüme modelleri kullanımı ile politikada karar vericilere, yayım hizmetleri yapan kuruluşlara veya bilim adamlarına önemli katkı ve bilgiler sağlayabileceği açıktır. (Jones ve ark., 1998; Sezen ve ark., 2021).

Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemi (DSSAT: Decision Support System for Agrotechnology Transfer) 40'tan fazla bitki için dinamik bitki büyüme modellerini içeren yazılım uygulama programıdır. DSSAT, 30 yılı aşkın bir süredir dünya genelinde 150'den fazla ülkede araştırmacılar, eğitimciler, danışmanlar, yayım şirketleri, çiftçiler, özel sektör, politika ve karar vericiler tarafından kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019). DSSAT toprak-bitki-atmosfer dinamiğinin bir fonksiyonu olarak büyüme, gelişme ve verimi tahmin etme özelliğine sahiptir. Bitki büyümesi, gelişme, verim, sulama ve N alımını karakterize etmek için yaygın kullanılan model paketidir (Yakoub ve ark, 2017). DSSAT modeli, dünya çapında çeşitli iklim koşullarında farklı yetiştirme koşullarında sulama programı (Rinaldi ve ark., 2003; Todorovic ve ark., 2009; Kadiyala ve ark., 2015; Rötter ve ark., 2012; López-Cedrón ve ark., 2008), gübre

yönetimi (Li ve ark., 2015; Salmerón ve ark., 2014), iklim değişimi etkisini (Nasim ve ark., 2016; Kadiyala ve ark., 2021) saptamak amaçlı kullanılmaktadır. Model ile gerek uzun yıllık, gerekse yıllık üretim stratejileri tahmin edebilir. Ayrıca, model kullanıcıları ölçülen değerler ile modelin tahmini değerlerini karşılaştırabilir.

Dünyada çoğu alanlarındaki su kaynaklarının yıldan yıla ve bölgeden bölgeye değişmesi, bitkilerin yetiştirme mevsimin ve alanlarını sınırlamaktadır. Su kaynağı yanında iklimde de görülen değişimler, çiftçiler için risk oluşturmaktadır. İklim, bitki, toprak parametrelerini toprak-su dengesine ilişkilendiren modeller, tarımdaki riskleri en aza indirmede ön bilgiler sunar. Anılan modellerden CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planların risk analizinde, yetiştirme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin kararında, büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modelinin amacı kullanıcılara verim tahmini yapmak olduğundan modelin başarısı, verimi belirleyen temel özelliklere etki eden etmenlere bağlıdır. Bu etmenler; iklim, bitki gelişme dönemleri, genetik özelliği; bitki organlarının (sap ve yaprak) büyümesi, gelişmesi, sararması ve kuru madde miktarları; bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerindeki su ve azot eksikliğidir (Ritchie, 1985).

Tarımsal işletmecilikte, OILCROP-SUN V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanıcıların farklı sulama tarihleri ve sulama miktarları sunarak en iyi sulama stratejilerini seçme ve karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Anılan modelde, sulama programları değiştirilerek sonuçları karşılaştırma olanağı da bulunmaktadır. Söz konusu model ile kullanıcılara, toprak suyu belirli bir değere düştüğünde sulamanın yapılması gerektiğini bildirmektedir (Jones ve Ritchie, 1990).

Bu çalışmada damla sulama yöntemiyle sulanan yağlık ayçiçeğinde tam sulama ve farklı kısıntılı sulama düzeylerinde dane verimi, kimi verim bileşenleri (bindane, tabla çapı, tabla'da çekirdek sayısı, bitki boyu vb.), uygulanan sulama suyu ve evapotranspirasyon, yağ verimi, su-verim ilişkileri, birim sulama suyu ile daha fazla kaliteli ürünü verebilecek sulama programları, su kullanım (WUE) ve

sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) değerleri saptanmıştır. TAGEM Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Topçu Lokasyonunda 2010 ve 2011 yıllarında yürütölen “Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Uygulanan Geleneksel ve Kısmi Kök Kuruluğu (PRD) Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Ayçiçeği Verimi ve Yağ Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli proje sonuç raporu verileri ve çıktıları CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde veri seti olarak kullanılmıştır. Proje sonuç raporlarına ait proje çıktıları ile bitki benzetim modelinden elde edilen çıktılar karşılaştırılmıştır. Sunulan bu tez ile DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: Tarımsal Teknoloji Transferinde Karar Destek Sistemleri) model sistemi içerisinde yer alan CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modelinin modelinin Akdeniz iklim koşullarında farklı sulama aralığı ve sulama düzeyleri altında yetiştirilen ayçiçeği bitkisi için verim, verim bileşenleri ve toprak su içeriğini tahmin etmede kullanım olanakları araştırılmıştır. Ayrıca, gelecekteki iklim senaryoları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir ayçiçek üretimine yönelik önemli tehditler öngördüğünden dolayı Akdeniz bölgesinde Tarsus’da geleceğe yönelik ayçiçeği verim kestirimi yapmak ve iklim değişiminin ayçiçeği üzerindeki etkilerini ve belirsizlikleri değerlendirerek ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu nedenle 2 farklı iklim senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) ile geliştirilmiş 3 farklı küresel iklim modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL_ESM2M) ait projeksiyonlar kullanılarak bilimsel olarak karşılaştırılabilir sonuçların elde edilmesi planlanmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgular ayçiçeği üretim yapan bölgedeki çiftlere ve bu konuda çalışan bilimsel anlamda ilgili kuruluşlara, sulama birliklerine, çiftçi örgütlerine, araştırma kuruluşlarına önemli katkı sağlayacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ayçiçeği, yarı kurak ve kurak iklim koşullarına sahip tropikal ve subtropikal bölgelerin bir bitkidir ve genellikle kuru koşullarda yetiştirilir. Bu nedenle ayçiçeği, sıcaklık ve kuraklık gibi çevresel koşullarından önemli derecede etkilenmektedir (Pekcan ve ark., 2015; Robert ve ark., 2016). Ayrıca, farklı iklim değişikliği senaryoları incelendiğinde erken kuraklıkların başlamasıyla birlikte ayçiçeği verimi kuraklık stresinden önemli ölçüde etkilenebilecektir (Debaeke ve ark., 2017).

Ayçiçeği bitkisi susuz koşullarda yetiştiriciliği bilinmesine rağmen, uygulanan sulama suyuyla önemli ölçüde olumlu tepki vermektedir. Dünyada ve ülkemizde ayçiçeği su tüketimi, sulama suyu gereksinimi, sulama programı, su verim ilişkileri, yağ verimi, su kullanma randımanı, bitki büyüme modellemesi ve iklim değişikliğinin ayçiçeği verimliliği üzerindeki etkileri ile ilgili birçok yayınlar yapılmış olup, hali hazırda devam etmektedir. Aşağıda bu çalışmalardan bazıları özet olarak sunulmuştur.

Omay (1972), Menemen’de yapılan araştırmada ayçiçeği büyüme mevsimi boyunca 3 kez olmak üzere toplam 208 mm sulama suyu uygulamış ve sonuçta mevsimlik toplam bitki su tüketimini 506 mm olarak belirlemiştir.

Decau ve All (1973), Fransa’da yürüttükleri denemelerde ayçiçeğinin verim ve kalite özelliklerini iklim değerleri ile karşılaştırmışlardır. Sonuçta, sulamanın sıcaklığa ve nem koşullarına bağlı olarak ayçiçeğinde verim ve yağ oranını artırdığını bildirmişlerdir.

Bogachev (1973), Ukrayna’da atık sularla sulanmış ayçiçeğinde 1000 dane ağırlığının % 10.9-23.2 arasında arttığını, buna karşın dış kabuk ağırlığının % 0.5-1.6 arasında azaldığını saptamıştır. Aynı çalışmada, danedeki yağ oranının azaldığı belirlenmiştir.

Doorenbos ve Kassam (1979), ayçiçeğinde mevsimlik sulama suyu gereksiniminin 600 - 1000 mm arasında değiştiğini belirtmiştir. Toplam sulama suyunun %20'si vejetatif, %55'i çiçeklenme, %25'i ise dane oluşum döneminde tüketilmektedir. Ayçiçeğinde verim artışı sağlayabilmek için toprakta etkili kök derinliğindeki kullanılabilir nemin %45-50'si tüketildiğinde sulama programı başlanılmalıdır.

Oylukan (1974), Eskişehir'de ayçiçeğinin sulama suyu miktarını 385 mm, mevsimlik su tüketimi ise 620 mm olarak saptanmıştır. Sulamalar bitki boyu 40-50 cm ulaştığında, tabla oluşumunda, çiçeklenmede ve dane dolum döneminde önerilmiştir.

Pal ve Yadav (1974), Hindistan'da yürütülen çalışmada topraktaki farklı nem düzeyleri ve azot miktarlarının, ayçiçeği çeşitlerinde verim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. İki ayçiçeği çeşidinde, topraktaki kullanılabilir nemin % 20, 40, 60 ve 80'inde sulama ile 0, 4, 8 ve 12 kg/da azot dozları denenmiştir. Azot ve topraktaki kullanılabilir nem düzeyi arttıkça ayçiçeği tohum veriminin arttığı bildirilmiştir.

Longo ve Restuccia (1975), İtalya'da sulama, gübreleme ve bitki sıklığının ayçiçeği verimine etkilerini araştırdıkları bir seri denemede 2.5, 3.75 ve 5 bitki m⁻² bitki sıklığı ile üç ayrı sulama konusunu (a-ekimde bir kez sulama, b-ekimde ve tabla oluşum döneminde olmak üzere iki kez sulama, c-ekimde ve çiçeklenme başlangıcında olmak üzere iki kez sulama) incelemişlerdir. En yüksek verimin 3.75 bitki m⁻² sıklığında, yalnızca ekimde sulanan konudan; 5 bitki m⁻² sıklığında ise iki kez sulama yapılan konulardan (b ve c) elde edildiğini belirtmişlerdir.

Murriel (1975), Romanya'da yaptığı bir çalışmada çeşitli sulama programlarının ve kritik fizyolojik devrelerde sulamanın ayçiçeği verimine etkilerini araştırmıştır. Sulama konuları evapotranspirasyonla kaybolan suyun % 100, % 75 ve % 50'sinin verilmesi esasına göre düzenlenmiştir. Kontrol olarak susuz konuda denemeye alınmıştır. Araştırma sonunda, konulara göre dane verimleri sırasıyla 357, 314, 301 ve 267 kg/da olarak elde edilmiştir. Sulama

konularına göre yağ oranları % 42.3-47.8; 100 dane ağırlığı ise 6.7-8.9 gr arasında değişmiştir. En yüksek değerler evapotranspirasyonla kaybolan suyun tamamının karşılandığı konulardan elde edilmiştir. Aynı çalışmanın ikinci bölümünde ise konulara 0, 110, 230 ve 520 mm sulama suyu uygulanmıştır. Elde edilen dane verimleri sırasıyla 185, 234, 281 ve 311 kg/da; yağ oranları % 41.6, 53.5, 43.8 ve 47.9; 100 tane ağırlıkları ise 4.6, 5.2, 5.9 ve 6.8 gr olarak belirlenmiştir.

Osman ve Talha (1975), Mısır'da yaptıkları çalışmada sulama programlarının ayçiçeğinde verim ve yağ oranına etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde bir grup parsellere 13 günde bir, 0-60 cm toprak katmanında kullanılabilir nemin % 40, 60, 80, 100 ve 120'si uygulanmıştır. İkinci grup parsellere ise 0-60 cm toprak katmanında kullanılabilir nemin % 100'ü 7, 11, 15, 20 ve 25 gün aralığında verilmiştir. Sonuçta, en yüksek yağ verimi ve 100 dane ağırlığı kullanılabilir nemin % 100'ünün 13 ve 15 günde bir uygulandığı konulardan elde edilmiştir.

Browne (1977), Avusturya'nın yarı-kurak koşullarında yaptığı iki ayrı çalışmada son sulama tarihinin ayçiçeği verim ve verim bileşenlerine etkilerini incelemiştir. Birinci denemede çiçeklenme dönemi ortasından 22 gün sonra yapılan son sulamanın, çiçeklenme ortasında son sulamaya göre verimi % 19 oranında artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, sulama sayısının fazla olduğu konuda verim % 9 oranında artmıştır. Deneme konularında belirlenen toplam bitki su tüketimi 546 ile 677 mm arasında değişmiştir. Sulamaların daha sık uygulandığı ikinci denemede, çiçeklenme ortasından 16 gün sonra son sulama suyunun uygulanması, çiçeklenme ortasında son suyun verilmesine göre dane verimini % 30; yağ verimini ise % 48 oranında artırmıştır. Her iki denemede de geç sulama tohum sayısının ve tohum ağırlığının artmasına neden olmuştur. Son sulamanın çiçeklenme ortasından, ortalama 31 gün sonra yapılması verimde bir artış sağlamamıştır.

Karami (1977), İran'da bitki sıklığı ve sulamanın ayçiçeği verim ve kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada sıra arası 60 cm olacak şekilde 15, 20, 25 ve 30 cm sıra üzeri mesafeler ve 6, 12, 18 ve 24 günde bir sulama yapılan iki farklı

konu incelenmiştir. En yüksek verim 3130-3340 kg ha⁻¹ ile 6 günde bir sulama yapılan konudan elde edilmiştir. Sulama aralıkları uzadıkça, daha geniş sıra üzeri mesafelerde dane verimi artmıştır. Sulama aralıkları ve sıra üzeri mesafeler arttıkça bitki boyu, tabla çapı, 1000 dane ağırlığı, hasat indeksi ve yağ oranı azalmış, boş dane oranı ise artmıştır.

Andhale ve Kalbhlor (1978), Hindistanda farklı azot seviyelerinde sulama programlarının ayçiçeği vejetatif gelişmesine verimine, kalitesine ve su tüketimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, 60 mm'lik yığılımlı açık su yüzeyi buharlaşması esas alınmış ve 0.3-0.6 katsayıları kullanılmıştır. Katsayı büyüdükçe bitki boyunun daha yüksek olmasına rağmen, dane verimi ile diğer verim öğelerinde önemli bir artış olmamıştır. Katsayı 0.3'ten 0.6'ya; azot dozu da 2.5 kg/da'dan 5 kg/da'a çıkarıldığında su tüketimi artmıştır.

Bayrak (1978), Bafra Ovası koşullarında ayçiçeğinin en uygun sulama zamanını, mevsimlik su tüketimini ve sulama suyu miktarlarını saptamak amacıyla 1975-1977 yıllarında yürüttüğü çalışmada, tabla oluşumunda bir sulama yapılması gerektiğini (100-140 mm) ve su tüketiminin 398 mm olduğunu belirlemiştir.

Demirören (1978), Vniimk-1646 ayçiçeği çeşidinin sulama zamanları ve su tüketimini saptamak amacı ile Tokat'ta 1973-1975 yıllarında yaptığı araştırmalarda sekiz sulama konusunu denemiştir. Tabla oluşumu, çiçeklenme ve süt olumu dönemlerinde olmak üzere 3 kez sulama yapılan konudan 3050 kg ha⁻¹ ile en yüksek verim sağlanmıştır. Anılan konunun toplam sulama suyu ihtiyacı 357 mm; mevsimlik su tüketimi 650 mm bulunmuştur. Susuz konudan ise ortalama 220 kg ha⁻¹ dane verimi elde edilmiştir.

Bhattacharya ve Sarkar (1978), Hindistan'da çeşitli sulama modellerinin ayçiçeğinin dane verimi ve diğer bazı verim öğelerine etkilerini araştırmışlardır. Topraktaki kullanılabilir nem düzeyi % 20, 40, 60 ve 80'e düştüğünde sulamalar yapılmıştır. Toprak neminin artması ile yaprak alan indeksi (LAI) değerleri yükselmiştir. En yüksek dane verimi kullanılabilir nemin % 60 düzeyine

düştüğünde yapılan sulamalardan elde edilmiştir. Anılan konuda LAI değeri 0.81 olarak belirlenmiştir.

Patel ve Singh (1979), sulama düzeylerinin ayçiçeği su tüketimine ve verimine etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde sulama suyu pan buharlaşmasının 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 katsayılarına göre hesaplanmıştır. En yüksek su kullanım randımanı ve verim 0.7 katsayısının uygulandığı konudan elde edilmiştir.

Andhale ve Kalbhlor (1980), sulama ve azotlu gübre dozlarının ayçiçeğinin verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmışlardır. Dane verimleri de sırasıyla 45, 48, 61 ve 62 g/bitki olmuştur. Kuru koşullarda 2.5 ve 5.0 kg/da azot dozlarından sırasıyla 22 ve 34 g/bitki dane verimi elde edilmiştir.

Pal (1981), Hindistan'da ayçiçeğinin verim ve kalitesi üzerine farklı toprak, nem ve toprak katmanındaki elverişli toprak neminin % 20, 40, 60 ve 80 düzeylerinde sulama yapılmıştır. Gübresiz ve NPK'nın 40-40-20, 80-80-40 ve 120-120-60 kg ha⁻¹ dozları kullanılmıştır. Vniimk çeşidinde elverişli nemin % 60'ında 3 kez sulama ve Armaverta çeşidinde elverişli nemin % 40'ında 3 kez sulama ile en yüksek tane verimleri sağlanmıştır. Optimum gübre dozu NPK 80-80-40 kg ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Yarayışlı toprak nemi arttıkça kabuk ve yağ oranı yükselmiştir.

Jana ve ark. (1982), ayçiçeğinin çiçeklenme ve dane dolum dönemdeki sulamaları tabla çapını, tabladaki dane sayısı, bindane ağırlığını, dane ve yağ oranının önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. En yüksek WUE değeri 1.37 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır.

Unger (1982), ayçiçeğinin sulama zamanı ve sayısının verime ve su tüketimine etkilerini araştırmıştır. Killi-tınlı topraklarda ayçiçeğinin çimlenmeden önce bir kez sulanması ile bitki boyunun, çimlenme ve çiçeklenme arasında sulanmayan konulara göre 17 cm daha uzun olduğu saptanmıştır. Su stresinin olmadığı konulardan en yüksek verim alınmakla birlikte; diğer konularla arasındaki farklılık her yıl önemli çıkmamıştır. Genellikle çiçeklenme veya çiçeklenme sonu dönemlerinde yapılan sulamalar, en yüksek dane verimi sağlamıştır. Bu sulamalar,

aynı zamanda dane ağırlığını ve yağ oranını da artırmıştır. En yüksek yağ oranı (% 48.8) çimlenme ve çiçeklenme sonunda yapılan sulamalardan; en düşük yağ oranı (% 43.4) ise çimlenme ve tabla oluşumu dönemlerinde yapılan sulamalardan elde edilmiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi sulama sayısı ile artmıştır. Ancak, verim su tüketimi ile orantılı olarak artmamıştır. Özellikle, su stresi çekmeyen, tam ve yeterli sulanan konularda su tüketiminin verime etkisi, kısıntılı sulama yapılan konulardan daha düşük bulunmuştur.

Ferri ve Losavio (1982), İtalya'nın güneyinde yaptıkları bir çalışmada, kısıntılı sulamanın ayçiçeği farklı gelişme dönemlerinde verim ve kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Yarı-kurak iklim koşullarında killi-kumlu topraklarda en yüksek verim, evapotranspirasyonla topraktan eksilen suyun tamamının verildiği konulardan elde edilmiştir. Dane doldurma döneminde suyun kısıntılı uygulanması ya da hiç sulama yapılmaması verimi sırasıyla % 40 ve % 75 oranında azaltmıştır. Dane oluşumundan, süt olumu veya sert olum dönemleri arasındaki su kısıntısı, yağ oranını daha çok düşürmüştür.

Harman ve ark. (1982), Teksas'ta yaptıkları bir çalışmada, karık yöntemi ile sulamanın ayçiçeği verimine etkilerini araştırmışlardır. Verim değerleri kullanılarak geliştirilen fonksiyon, uygulanan sulama suyu miktarı 584 mm'ye ulaşıncaya kadar, verimin arttığını göstermiştir. Ayrıca, verimin çiçeklenme başlangıcı ile çiçeklenme sonu arasındaki dönemde sulamadan daha fazla etkilendiği saptanmıştır.

Unger (1983), Teksas'ta ayçiçeğinde sulamanın vejetatif ve generatif gelişme ve su tüketimine etkilerini irdeleyen bir çalışma yapmıştır. Sonuçlara göre, tabla oluşum döneminde sulanan ayçiçeğinde bitki boyunun, yalnız çiçeklenme veya çiçeklenme sonunda sulanan konulara göre 19 cm daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tabla oluşumunda yapılan sulama yapraklarda ve gövde de kuru madde oranını yükseltmiştir. Çiçeklenme ve çiçeklenme sonunda yapılan sulamalar ise daha çok tabla ve dane gelişimine yardımcı olmuştur. Bu dönemde yapılan sulamalar tabla ve danelerde kuru madde oranını yükseltmiştir. En yüksek dane

verimi ve toplam kuru madde miktarı tabla oluşum, çiçeklenme ve çiçeklenme sonunda yapılan 3 sulama uygulamasıyla elde edilmiştir.

Rawson ve Turner (1983), Avustralya’da ayçiçeğinin sulama zamanları ile yaprak alanı ve dane verimi arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Denemelerde, erkenci bir hibrid olan Suncioss-150 ve geçici çeşit olan Manchurian çeşitleri aylık buharlaşmanın 200 mm olduğu kurak bir yaz döneminde yetiştirilmiştir. Bitkiler ekimden 5, 7, 9 ve 11 hafta sonra birer kez sulanmıştır. Bu konuların yanında, sık sulama yapılan konular ve susuz konuda denemede yer almıştır. Bulgular, en yüksek dane veriminin sık sulanan konulardan alındığını göstermiştir. Araştırmacılar, verim artışının öncelikle tane doldurma dönemi başlangıcındaki yaprak alanı büyüklüğüne bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Alap ve Küçükakar (1983), Ankara koşullarında tansiyometrelerin ayçiçeği sulama zamanlarının belirlenmesinde kullanılması konusunda yaptıkları çalışmada, tansiyometrelerin yerleştirileceği en uygun derinliği 60 cm olarak belirlemişler ve tansiyometrelerin bu derinlikte 25-30 cb’ı göstermesi durumunda sulama yapılması gerektiğini saptamışlardır.

Ayla (1984), Ankara koşullarında ayçiçeğinin sulama suyu gereksimini 640 mm, mevsimlik bitki su tüketimi ise 815 mm olarak saptamıştır.

Sevim (1984), Erzurum’un Pasinler Ovası koşullarında ayçiçeğinde en uygun sulama zamanı, sulama sayısı ile mevsimlik su tüketiminin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Peredovik çeşidinin kullanıldığı bu çalışmada, 90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir nem % 20’ye düşünce sulamanın yapıldığı konu önerilmiştir. Üç kez sulama yapılan ve toplam 287 mm sulama suyu uygulanan bu konudan 347 kg/da dane verimi elde edilmiştir.

Hang ve Evans (1985), ayçiçeğinde su-verim ilişkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada uygulanan sulama suyu artışına bağlı olarak ayçiçeğinde dane verimi ve yağ yüzdesi artmıştır.

Connor ve Jones (1985), çalışmalarında farklı sulama programlarının iki ayçiçeği çeşidinin morfolojik ve fizyolojik özelliklerine ilişkin etkilerini

incelemişlerdir. Araştırmacılar, sulanmadan doğal yağış altında yetiştirilen bitkilerin kök yapısı ve uzunluğunu olduğu gibi koruduğunu, fakat su gereksinimlerinden dolayı, transpirasyonu azaltmak için yaprak alanlarını küçülttüklerini saptamışlardır. Tabla oluşumu sonunda (ekimden yaklaşık 50 gün sonra) veya dane oluşum döneminde (ekimden takriben 70 gün sonra) ilk kez sulanan bitkilerde, dane doldurma devresinde haftada bir defa sulanan bitkilere bakarak daha fazla sayıda yaprak oluştuğu gözlenmiştir.

El-Wakil ve Gaafar (1988), ayçiçeği bitkisinde ekimden itibaren çiçeklenme, dane oluşumu ve olgunlaşma periyodu başlangıcına dek süre içerisinde toprakta kullanılabilir nemin % 40, 60 ve 80'i tüketildiğinde sulamaya başlamışlardır. Sonuçta, toprakta kullanılabilir nemin tüketilen miktarı arttıkça, dane verimi, danelerdeki yağ içeriğinin, bitki boyunun ve tabla çapının azaldığını belirlemişlerdir.

Yakan ve Kanburoğlu (1989), Kırklareli koşullarında ayçiçeğinin, sulama suyu miktarını ve bitki su tüketimini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Vniimk-8931 çeşidinin kullanıldığı denemede 5 sulama konusu ele alınmıştır. Araştırmacılar, su kaynağının yeterli olması durumunda bitkinin elverişli kapasitesinin % 30 düzeyinde ve yılda 5 kez sulanması gerektiğini öneri olarak sunmuşlardır. Suyun kıt olduğu yer ve durumlarda ise yalnızca çiçeklenme döneminde sulamanın yeterli olacağı belirtilmiştir. Önerilen konuda dane verimi 4100 kg ha^{-1} ; sulama suyu gereksinimi 605 mm, mevsimlik su tüketimi ise 845 mm olarak belirlenmiştir.

D'amoto ve ark. (1990), farklı ayçiçeği çeşitleri ile yaptıkları bir çalışmada, susuz koşullarda 195 kg/da olan dane veriminin, çiçeklenme periyodunda ve bundan 1 ay sonra uygulanan 50 mm sulama suyu ile $2270\text{-}2600 \text{ kg ha}^{-1}$ 'a çıktığını saptamışlardır.

Perniola ve ark. (1989), farklı ayçiçek çeşitlerinde sulamanın etkisini araştırdıkları çalışmada, susuz koşullarda $530 - 900 \text{ kg ha}^{-1}$ dane verimi elde edilmiştir, yapılan üç sulama uygulamasıyla dane verimi $1420\text{-}2200 \text{ kg ha}^{-1}$ 'a

yükselmiştir. Sulama suyu uygulamaları ile bindane ağırlığı 45.4 g'dan 51.7 g'a artarken, bitki boyuda 98 cm'den 123 cm'ye yükselmiştir.

Patil ve Gangavena (1990), ayçiçeği bitkisinde ekimden 0-30, 30-60 ve 60-90 günlük dönemlerde A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma miktarının tamamını ve yarısını uygulayacak biçimde sulama yapmışlardır. Sonuçta, üç dönem boyunca buharlaşma miktarının yarısını uygulanan konuda verimin diğer konulara göre %24-41 düzeyinde azaldığı, erken ve geç dönemde uygulanan su kısıntısı verimde önemli etkiye neden olmazken, ayçiçeğinin ekimden sonraki 30-60 günler arasında sulamaya çok duyarlı olduğu belirlenmiştir.

Unger (1990), ayçiçeği bitkisinde mevsimlik su tüketimi değerlerinin 200-1000 mm arasında geniş bir aralıkta değiştiğini, bu değişimin ise gelişme dönemi uzunluğuna, iklim faktörlerine, uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Amerika ve Avrupa ülkelerinde ise anılan değerin ise 605-959 mm arasında olduğunu, Hindistan ve Asya ülkelerinde ise bu değerden düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Al-Ghamdi ve ark., (1991), Suudi Arabistan'ın Al-Ahsa bölgesinde iki yıl süre ile kış aylarında yaptıkları çalışmalarında 5, 10 ve 15 günlük aralıklarla, ayçiçeğinin etkili kök derinliğindeki kullanılabilir suyun % 40, 60 ve 80'i tüketildiğinde sulamaya başlanacak şekilde oluşturmuştur. En yüksek ayçiçeği dane verimi birinci yıl 5 günlük sulama aralığında kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 40'ı tüketildiğinde, ikinci yıl ise 5 ve 10 günlük sulama aralığında kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 40 ve % 60'ı tüketildiğinde sulama yapılan konulardan elde edilmiştir.

Atakişi (1991), ülkemizde ayçiçeği yetiştiriciliğinde büyüme dönemi uzunluğunun 90-200 gün, bitki boyunun 110-160 cm, tabla çapının 18-29 cm, yağ oranının ise % 27-50 arasında değiştiğini belirtirken, kuru koşullarda dane veriminin 150-200 kg/da arasında değiştiğini ve dane neminin %9-10'a düştüğünde hasat yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Karaata (1991), Kırklareli koşullarında 1989 ve 1990 yıllarında yürüttüğü araştırmasında, 14 farklı sulama konusunu incelemiştir. Araştırmada, çeşitli gelişme devrelerinde uygulanan su kısıntılarının ayçiçeği verimi ve verim öğeleri üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. En yüksek verim 3900 kg ha^{-1} su stresi çekmeyen konuda (tabla oluşumu, çiçeklenme ve danelerin süt olum döneminde) sağlamıştır. Belirtilen konu toplam sulama suyu 537 mm, mevsimlik su tüketimi ise 867 mm hesaplanmıştır. Kısıntılı sulama koşullarında çiçekleme döneminde herhangi su kısıntısı yapılmamasını yapılacak kısıntının ayçiçeği tabla oluşumu ve su olum döneminde yapılmasını önermişlerdir.

Cosentino ve ark. (1992), İtalya'da yürüttükleri çalışmada iki farklı ayçiçeğine farklı gelişme dönemlerinde A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerlerine göre sulama suyu uygulanmıştır. Sonuçta, ayçiçeği bitkisini uygulanan sulama suyu miktarı artışına bağlı olarak mevsimlik su tüketimi değerlerinin arttığını belirlemişlerdir.

Beyazgül (1983), Aydın ilinde ayçiçeği bitkisini tabla oluşum, çiçeklenme ve süt olum dönemlerde sulama suyu önerilirken, toplam sulama suyu 356 mm, mevsimlik su tüketimi ise 470 mm belirlenmiştir. Anılan koşullarda dane verimi 2890 kg ha^{-1} verim elde edilirken, verim tepki etmenini ise (ky) 0.84 olarak hesaplanmıştır.

Dorsan ve ark. (1993), ayçiçeğinde dört farklı gelişme döneminde 40, 60, 90 ve 120 cm'lik toprak profilinde sulama suyu uygulamışlardır. Yüksek verim için 90 cm'lik toprak profilinin yeterli olduğunu belirlemişlerdir.

Craciun ve Craciun (1994), Romanya'da 4 yıl yürüttükleri çalışmada 12 farklı ayçiçeği çeşidinde konular susuz ile 80 cm toprak derinliğinde kullanılabilir nemin %50'ye düştüğünde eksik nemin tamamlanması olarak planlamıştır. Sonuçta, mevsimlik su tüketimi 250-450 mm, su kullanım randımanı $0.2-1.2 \text{ kg m}^{-3}$ arasında belirlemişlerdir.

Teama ve Mahmoud (1994), Mısır'da ayçiçeği bitkisine vejetatif gelişme, çiçeklenme ve olgunlaşma periyotlarında su kısıntısı uygulamışlardır. Araştırma

sonucunda; bitki boyu, tabla çapı ve dane veriminde en önemli azalmanın çiçeklenme döneminde yapılan kısıttan, en düşük yağ %'sinin ise olgunlaşma döneminde yapılan kısıttan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Venkanna ve ark. (1994), Hindistan'da kumlu topraklarda yürüttükleri çalışmada ayçiçeği bitkisi A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın % 40, 60, 80 ve 100'ünü sulama suyu olarak uygulamışlardır. Sonuçta, A sınıfı buharlaşma kabının % 80 ve 100'ünün uygulandığı konular ilk grupta yer alırken, dane verimi sırasıyla 1420 kg ha⁻¹ ve 1540 kg ha⁻¹ olmuştur.

Khan ve Muhawar (1996), Pakistan'da ayçiçeğinde bitki su tüketiminin belirlendiği çalışmada sulamalar kullanılabilir nemin %50, 65, 80 ve 95'i tüketildiğinde yapılmıştır. Sonuçta; mevsimlik su tüketimleri sırasıyla 743, 654, 587 ve 504 mm olarak hesaplanmıştır.

Gündüz ve Kara (1996), Şanlı ulfa'da ayçiçeğinin toplam sulama su ihtiyacını 897 mm, mevsimlik 962 mm olarak hesaplanmıştır. Toplamda 7 sulama önerilirken, yaklaşık sulama aralığı 8 gün olarak belirlenmiştir

Stone ve ark. (1996), Amerika'nın Kansas eyaletinde artan sulama suyla verimdeki artışlar incelenmiştir. Sonuçta toplam sulama suyunu 100 mm'den 200 mm'ye, 200 mm'den 300 mm'ye ve 300 mm'den 400 mm'ye yükseltilmesi ile hektara dane verim artışı 530, 430 370 kg olarak saptanmıştır.

Orta ve Şişman (1996), Tekirdağ'da ayçiçeği bitkisinin mevsimlik su tüketimi ortalama 800 mm ile 900 mm arasında hesaplamışlardır. En yüksek su tüketimi değerleri çiçeklenme dönemlerinde saptanmıştır.

Mailhol ve ark. (1997), Fransa Montpellier'de ayçiçeği bitkisinin bitki su tüketimi hesaplamak için etkin bir su denge modeli olan PILOTE 1.3 modelini kullanmış ve test etmişlerdir. Model, su stres indeksi ve hava sıcaklığında, hesaplanan termal zamanı kullanarak yaprak alan indeksini benzetim yapmıştır. Arazi denemeleri (1994-1995) ile yapılan kalibrasyon sonucuna göre model, ayçiçeği bitkisi için güvenilir ET ve verim tahminleri yapabilmektedir.

Karaata ve Aran (1999), ayçiçeğinin Ankara - Kesikköprü Ovası koşullarında tam sulama koşullarında ortalama 3100 kg ha⁻¹ ile en yüksek verim elde edilirken, mevsimlik su tüketimini 733 mm olarak hesaplanmıştır. Su kısıntıların uygulandığı dönemlere göre verim tepki etmeni (ky) değerlerini; tabla oluşumu döneminde 1.78, çiçeklenme başlangıcında 1.54, süt olumunda 0.69; mevsimlik ky değerini ise 0.86 olarak belirlemişlerdir.

Kadayıfçı ve Yıldırım (2000), Ankara koşullarında mevsimlik su tüketimini deneme konularına bağlı olarak 755 ile 929 saptanmıştır. Çiçeklenme dönemi su stresine en hassas dönem olarak belirlenirken, verim tepki etmeni tüm buyume mevsimi için $ky = 0.81$ olarak hesaplanmıştır. En yüksek ayçiçeği dane ve yağ verimi tam sulama konusunda belirlenmiştir.

Tan ve ark. (2000), sulamanın Super-25 ve Trakya-129 ayçiçeği çeşitlerinde verim ve verim bileşenleri ile ürün kalitesi üzerine etkilerini ve uygun sulama rejimini saptamak amacıyla 1996-1997 yıllarında İzmir-Menemen’de yaptıkları araştırmada, yetiştirme dönemi boyunca 3 sulamanın (tabla oluşum, çiçeklenme ve süt olum devreleri başlangıçlarında) uygulandığı konuda, her iki yılda da, en yüksek verim değerine sırasıyla 4270 kg ha⁻¹ ve 3730 kg ha⁻¹ olarak ulaşmışlardır. Bununla birlikte, genelde en düşük verim sulanmayan parsellerden 3470 kg ha⁻¹ ve 2560 kg ha⁻¹ değerleri elde edilmiştir.

Tyagi ve ark. (2000), Hindistan’ın Karnal bölgesinde ayçiçeğinin günlük bitki su tüketimini (ET_c) belirlemek amacıyla elektronik tartılı lizimetrede 1994-1995 yıllarında yaptıkları araştırmada; başlangıç dönemi için ET_c’yi 1,0 mm/gün, ekimden sonraki 8. ve 9. haftalar arasında 14,1 mm/gün (en yüksek değer) ve olgunluk (dane olumu) döneminde ise 3 mm/gün olarak ölçülmüştür. Ayrıca, ölçülen ET_c değerlerinden ve iklim verilerinden yararlanılarak bitki katsayısını (K_c) belirlenmişlerdir. Ayçiçeği bitkisi için başlangıç, gelişme, generatif (çiçeklenme) ve olgunluk dönemlerinde K_c değerleri sırasıyla, 0.52, 1.1, 1.32 ve 0.41 olarak tespit edilmiştir. Belirlenen K_c değerlerinin FAO tarafından önerilen değerlerden % 11.6-74.2 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Kumar ve Rao (2001), Hindistan'da ayçiçeğinin çiçeklenme, dane oluşumu ve dane doldurma dönemlerinde sulama suyu eksikliğine daha duyalı olduğunu, en yüksek dane veriminde 2762 kg ha^{-1} ile tam konusunda alındığını saptanmışlardır.

Rinaldi (2001), Güney İtalya'da ayçiçeği bitkisinin en uygun sulama programını belirlemek için EPIC modelini kullandığı çalışmasında, günlük olarak ölçülen 45 yıllık iklim verileri sulama zamanlarını (beş sabit değer), mevsimsel sulama suyu miktarı (0 mm'den 200 mm'ye) ve sulama sayılarını içeren 66 senaryo değerlendirilmiştir. Yapılan benzetim sonuçlarına göre; orta dönemde (tabla oluşumu-çiçeklenme başlangıcı) verilen tek ya da iki suyun, en yüksek dane ve sap verimine neden olduğu, 250-300 mm'lik optimum mevsimlik sulama suyunun en yüksek su kullanım etkinliğine sahip olduğu ve tabla oluşumu- çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılan 200 mm'lik tek bir sulamanın çiftçiye en yüksek karlılığı sağladığı, ekim ya da olgunluk dönemlerindeki sulamalarla net gelirin azaldığı saptanmıştır.

Turan ve ark. (2001), Bursa'da ayçiçeğinin mevsimlik su tüketimini 674 mm olarak hesaplanmışlardır. Tabla oluşumu, çiçeklenme başlangıcı, süt olumu dönemlerinde kısıntılı sulamanın bitki boyunu, tabla çapını, yaprak alanı indeksini, kuru madde birikimini ve diğer verimle ilişkili özellikleri farklı şekilde etkilemiştir. Bitki su tüketimi ile verim arasındaki ilişkilerden mevsimlik ve teksel gelişme dönemleri için su - üretim fonksiyonları elde edilmiştir. En yüksek dane ve yağ verimi tam sulama konusunda 4060 kg ha^{-1} ve 1840 kg ha^{-1} olarak sağlanmıştır.. Susuz konuya oranla dane veriminde %85'lik artış sağlanmıştır.

Erdem (2000); Erdem ve ark. (2001), Tekirdağ'da ayçiçeğinin mevsimlik su tüketiminin deneme konularını bağlı olarak 75 ve 100'ün arasında hesaplarken mevsimlik ky değerlerini 0.85 olarak saptamışlardır.

Göksoy ve ark. (2004), Bursa'da en düşük ayçiçeği dane ve yağ verimini susuz konuda dane verim 2188 kg ha^{-1} ve 979 kg ha^{-1} olarak hesaplanmıştır. En yüksek dane verim değeri ise 4056 kg ha^{-1} .

Demir ve ark. (2006), Bursa koşullarında en yüksek bitki su tüketimi değeri tam sulanan konuda 652 mm olarak hesaplanmıştır. Sulamaları tabla oluşumu, çiçeklenme ve süt olum dönemlerinde yapılması önerilmiştir.

Kaya (2006), Ankara koşullarında 2002 ve 2003 yıllarında yürüttüğü çalışmada ayçiçeği çeşitlerinde sulama suyunun önemli etkili olduğunu, sulama programının ayçiçeği vejetatif, çiçekleme döneminde yapılması önerilmiştir. Deneme konularına göre çiçeklemeye varış, bitki boyu tabla çapları önemli farklılıklar göstermiştir.

Sezen ve ark. (2011a) damla sulama sistemi ile sulanan ayçiçeğinde kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama stratejilerinin dane ve yağ verimi, kalitesi, su tüketimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla 2006 ve 2007 yıllarında Tarsus/Mersin’de deneme yürütülmüştür. Sulama konuları; tam sulama (FI-100), kısıntılı sulama konuları (DI-25, DI-50, DI75), kısmi kök kuruluğunu içeren (PRD-50) ve sulanmayan (RF) konusudur. Tam sulama konusuna (FI-100) uygulanan sulama suyu miktarı 7 günlük sulama aralığında oluşan yığışimli Class A pan buharlaşma kabında ölçülen değerdir. Diğer kısıtlı sulama konuları (DI-25, DI-50, DI-75) ise tam sulama konusunun sırasıyla % 25, 50 ve 75’i oranında sulama suyu almaktadır. Sulama rejimlerinin tane ve yağ verimleriyle verim bileşenlerini istatistiksel olarak %1 düzeyinde farklı etkilediği belirlenmiştir. Verimdeki azalmanın nedeni tabladaki çekirdek sayısının azalması ve düşük çekirdek ağırlığından dolayıdır. PRD-50 konusunda her iki deneme yılında da en yüksek su kullanım ($WUE:1.0 \text{ kg m}^{-3}$) ve sulama suyu kullanım randımanı ($IWUE:1.4 \text{ kg m}^{-3}$) elde edilmiştir. Sonuçta, kurak koşullarda PRD-50 sulama programının ayçiçeği verim ve kalitesini arttırmak için uygulanabilir bir strateji olduğu saptanmıştır.

Sezen ve ark. (2011b) damla ve yağmurlama sulama sistemiyle sulanan ayçiçeği bitkisinde farklı sulama konularının verim, yağ kalitesi ve su kullanım randımanı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yağmurlama sulama sisteminde tek lateral sistemi kullanılarak farklı sulama düzeyleri oluşturulmuştur. Laterale en yakın konu (I1) tam sulama konusunu oluştururken, lateralden en uzak konu ise

sulanmayan konuyu (I5) oluşturmuştur. Bu konular arasında ise farklı su düzeyleri oluşturulmuştur (I2, I3 ve I4). Damla sulamada ise sulama konuları; tam sulama (FI-100), kısıntılı sulama konuları (DI-25, DI-50, DI75), kısmi kök kuruluşunu içeren (PRD-50) ve sulanmayan (RF) konusudur. Her iki sulama yönteminde de sulama aralığı 7 gün alınırken, 90 cm toprak profilinde tam sulama konularında (I1 ve FI-100) eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Yağmurlama ve damla sulama konularında ayçiçeği dane ve yağ verimi istatistiksel olarak %1 düzeyinde farklı etkilediği belirlenmiştir. Sonuçta, su kaynağının yeterli olmadığı koşullarda damla sulamada PRD-50 ve yağmurlama sulamada I2 sulama programının ayçiçeği verim ve kalitesini arttırmak için uygulanabilir bir strateji olduğu saptanmıştır.

Ayçiçeğinde yağ %'si ve kalitesi sıcaklık, yağış, oransal nem, bulutluluk gibi kimi iklim faktörlerinden oldukça etkilenmektedir. Ayçiçeğinde yağ kalitesine içerdiği yağ asitleri kompozisyonuna göre karar verilir. Ekolojik ve topografik koşulların yağ %'si ve yağ asit kompozisyonuna etkisinin araştırıldığı bu çalışmada standart ayçiçeği bitkisi üzerinde çalışılmıştır. Yağ içeriği % 39.8-44.3 arasında lokasyona bağlı olarak değişmiştir. Bu nedenle ayçiçeği yağı market gereksinimini karşılamak için ayçiçeği yetiştirilecek lokasyona da dikkat edilmelidir (Turhan ve ark., 2010).

Ebrahimian ve ark. (2019), İran'da, Doğu Azerbaycan bölgesinde su stresinin ayçiçeğinin verimi üzerinde etkisini belirlemek için üç yıllık bir tarla denemesi yürütmüştür. Büyüme mevsimi boyunca dört farklı sulama düzeyi potansiyel evapotranspirasyonun (PET) %40, %60, %80 ve %100 şeklinde uygulanmıştır. Su stresi çeken %40 sulama düzeyinde verimde %16.3, yağ veriminde %22.5 ile büyük düşüş saptanmıştır. %80 PET konusunda ise ne verimde ne de yağ yüzdesinde olumsuzluk görülmemiştir.

Hussain ve ark. (2018), kuraklık stresinin ayçiçeğinde fizyolojik etkilerini ve agronomik alternatifleri yaptıkları derlemede kuraklık stresinin ayçiçeğinin çimlenmesini, büyümesini, bitki su alımını, beslenmesini, bitki organlarının yeşil

kalmasını, fotosentezi, terlemeyi, verimi ve yağ kalitesini olumsuz yönde etkilediğini vurgulamışlardır.

Sinha ve ark. (2017), Pakistan'da ayçiçeğinde optimum sulama programını belirlemek için bir tarla denemesi yapmışlardır. Damla sulama koşullarında deneme konuları evapotranspirasyonun %100, %80 ve %60'ı olarak oluşturmuştur. Sonuçta, ayçiçeğinin dane veriminde, %100 ve %80 ETc konularında istatistiksel olarak fark belirlenmezken, ETc %60 konusunda önemli ölçüde verim kayıpları saptanmıştır.

Sahoo ve ark. (2018), Hindistan'da iki farklı sulama yöntemini (damla ve karık) ayçiçeği verimliliği üzerindeki etkisini bulmak için deneme yürütmüştür. Sonuçta, damla sulama koşullarında karık sulanan bitkilerle kıyasladığında % 38.0 sulama suyu tasarrufu, % 32.6 daha yüksek su kullanım randımanı ve daha yüksek ayçiçeği dane verimi elde edilmiştir.

Liu ve ark. (2018), Batı ABD'de ayçiçeğinin kısıntılı sulamaya tepkisini değerlendirmek için 3 yıl boyunca karıkla sulanan bir tarla denemesi gerçekleştirmiştir. Deneme konuları, tam sulama F1 (çiftçiler tarafından planlandığı gibi sulama), iki kısıntılı sulama stratejisi (R1, çiçeklenme başlangıcında sulama, R4, çiçeklenme sonunda sulama uygulanması ve kontrol olarak susuz konu uygulanmıştır. Sonuçta, F1 deneme konusunda verimi R1 ve R4 deneme konulardan sırasıyla % 6 ve % 15 daha yüksek bulunmuştur.

López-Urrea ve ark. (2013), İspanya'da sulu koşullarda ayçiçeğinin su tüketimi, su kullanımı ve bitki katsayıları belirlemek üzere lizimetrede bir deneme yapılmıştır. Sonuçta, mevsimsel ET değerleri birinci yılında 619 mm ve ikinci yılında ise 576 mm olarak ölçülmüştür.

Eltarabily ve ark. (2020), ABD'nin yarı kurak bir bölgesi olan Güney Kaliforniya'da, ayçiçeğinin verim ve verim bileşenleri tam ve kısıntılı sulama uygulamaları altında değerlendirilmiştir. Deneme konuları: tam sulama (%100 ETc), üç kısıntılı sulama düzeyinden (%95 ETc, %80 ETc ve %65 ETc) oluşmuştur. Sonuçta, su stresine tepki olarak önemli ölçüde verim azalması

saptanmıştır. Ayçiçeği dane verimi tam sulama koşullarında 2049 kg ha⁻¹ elde edilirken, kısıntılı sulama konularında ise verim değerleri 1688 ile 1880 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir.

Gadehi ve ark. (2015), Pakistan'da farklı sulama sayısının (2, 3, 4, 5 sulama) ve azot dozunun (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹) ayçiçeği verimi, kalitesini belirlemek üzere yürütülen çalışmada sonuç olarak 4 kez sulama ve 150 kg ha⁻¹ azot dozu koşullarında en yüksek ayçiçeği dane verimi 2199 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Aynı konuda en yüksek yağ içeriği değeri % 41.1 olarak saptanmıştır. Sulamanın 5 kez yapıldığı koşullarda ise ayçiçeği dane verimi 1953 kg ha⁻¹ ve yağ içeriği ise % 39.7 olarak belirlenmiştir.

Bakht ve ark. (2010), Pakistan'da, ayçiçeğinin fizyolojik ve morfolojik özelliklerini bitki gelişme dönemlerinde yapılan sulamalar ile etkisini incelemişlerdir. Dört sulama seviyesi; kontrol (susuz), tabla oluşumu, tabla oluşumu ve çiçeklenme dönemlerinde ve tabla oluşumu, çiçeklenme ve dane doldurma dönemlerinde oluşturmuştur. Sonuçta, üç gelişme döneminde sulamaların yapıldığı konuda dane verimi değeri susuz konuya oranla % 25 daha yüksek elde edilmiştir.

Flagella ve ark. (2002), Güney İtalya'da yüksek oleik asit değerine sahip ayçiçeği çeşitlerinde (Platon ve Vyp70) iki farklı sulama rejiminin (sulanan ve susuz) dane verimi ve yağ kalitesi üzerine etkisini değerlendirmiştir. Sonuçta, verim ve verim bileşenleri uygulanan sulama programından olumlu yönde etkilenmiştir.

Kaya ve Kolsarici (2011), üç farklı ayçiçeği çeşidinde (Sanbro, Tarsan-1018 ve Özdemirbey) yedi farklı sulama konusunun etkisini araştırmışlardır. Susuz konu kontrol konusu olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, tüm gelişme dönemlerinde yapılan sulama uygulaması (I6) verimi ilk yıl % 43, ikinci yıl ise %77 oranında arttırmıştır. Artan sulama suyu miktarına bağlı olarak sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri azalmıştır.

Elsheikh ve ark. (2015), Sudan’da, çiçeklenme ve dane dolum sonrasında farklı sulama aralıklarının (10, 15 ve 20 gün) etkisinin ayçiçeği verim ve verim bileşenleri üzerinde araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre su stresinin ayçiçeğinde tablada dolu dane sayısını, dane ağırlığını ve sonuçta dane verimini azalttığını göstermiştir. En yüksek dane verimi tam sulama konusundan 3130 ve 3140 kg/ha olarak elde edilmiştir. Ayrıca, çiçeklenme döneminden sonra 20 gün sulama aralığında en düşük dane verimi 2082 ve 2130 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği bitkisini en hassas gelişme dönemi olan çiçeklenmede sulama aralığının açılmasının (sulama aralığının 10 günden 20 güne alınması) verimde önemli azalmalara neden olabileceği vurgulanmıştır.

Al-Ghamdi ve ark.(1991), Suudi Arabistan’da, sulama aralığının kumlu-killi-tınlı bir toprakta ayçiçeği verimi, verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi 1986/87 ve 1987/88 yetiştirme sezonlarında tarla koşullarında incelenmiştir. Sulama aralıkları kullanılabilir nemin % 40, 60 ve 80’i tüketilince olmak üzere oluşturulmuştur. Sonuçta, sulama aralıklarının ayçiçeği kuru madde, dane verimi ve su kullanım randımanı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Karam ve ark. (2007), Lubnan’da ayçiçeğinin farklı gelişme dönemlerinde kısıntılı sulamaya tepkisini araştırmak için 2003 ve 2004 yıllarında bir deneme yürütmüşlerdir. Sonuçta, çiçeklenem öncesi ve orta çiçeklenme aşamalarında kısıntılı sulama, tam sulama ile karşılaştırıldığında dane verimini sırasıyla % 25 ve % 14 azaltmıştır. Dane dolum dönemi başlangıcında kısıntılı sulama uygulamasının (5.50 t ha⁻¹) dane verimini kısmen arttırdığı belirlenmiştir.

Phiri ve Zimba (2018), Zambiya’da farklı sulama suyu rejimleri altında ayçiçeği büyümesini, verimini ve ayçiçeğinin su kullanım etkinliğini değerlendirmiştir. Yağmurlama sulama koşullarında deneme konuları haftalık ET’nin %30, %54, %65 ve %100’ü olarak oluşturulmuştur. Sonuçta, ayçiçeği dane verimi 220 ile 1400 kg ha⁻¹ arasında değişmekte olup, en yüksek dane verimi %100 ET konusunda, en düşük verim ise %30 ET konusundan elde edilmiştir.

Göçmen (2021), Tekirdağ ilinde farklı gelişme dönemlerinde sulama programının ayçiçeği verim ve verim parametrelerine etkileri araştırılmıştır. 8 farklı sulama konusu damla sulama koşullarında incelenmiştir. Sonuçta, dane verimi tüm gelişme dönemlerinde sulama uygulamasında 5206 kg ha^{-1} ile en yüksek, susuz konuda ise 3196 kg ha^{-1} ile en düşük verim elde edilmiştir.

Howell ve ark. (2012), Teksas'ta lizimetrede yağmurlama sulama ile sulanan ayçiçeğinde ayçiçeğinin bitki su tüketimi (ET) ve bitki katsayılarını belirlemek için yürütülen denemede ET değeri 638 mm, ortalama verim değeri ise 3080 kg ha^{-1} olarak belirlenmiştir.

Ali ve Noorka (2013), Pakistan'da vejetatif ve generatif dönemlerde sulama programının ayçiçeğine etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Sonuçta, en yüksek verim 2416 kg ha^{-1} ile tüm gelişme dönemlerinde sulama uygulamasında elde edilirken, sadece bitki çimlenme aşamasında sulanan parsellerde ise minimum verim 1275 kg ha^{-1} elde edilmiştir.

Buriro ve ark. (2015), Çin'de su stresinin ayçiçeğinin büyüme ve verimine etkisini araştırılmıştır. Dört sulama rejimi, T1=2 sulama (ekimden 30 ve 45 gün), T2=3 sulama (ekimden 30, 45 ve 60 gün), T3=4 sulama (ekimden 30, 45, 60 ve 75 gün) ve T4=5 sulama (ekimden 30, 45, 60, 75 ve 90 gün) test edilmiştir. Sonuçta, T3 ve T4 deneme konuları en yüksek verim elde edilirken, T1 ve T2 deneme konularında daha düşük ayçiçeği verimi elde edilmiştir.

Shafi ve ark. (2013) Pakistan'da ayçiçeği hibritlerinin (Parsun-1 ve SF-187) farklı gelişme dönemlerinde sulama seviyelerine tepkisini incelemek için arazi deneme yürütmüşlerdir. Sonuçta, Ayçiçeği tüm büyüme aşamalarında (tabla oluşumu, çiçeklenme ve dane doldurma) üç kez sulama yapıldığında daha uzun bitkiler, daha büyük tabla çapları, maksimum 100 tohum ağırlığı ve yüksek dane verimi elde edilmiştir.

Mukhesh ve ark. (2015), Hindistan'da ayçiçeğinin en iyi sulama rejimini belirlemek için deneme yürütmüşlerdir. Sulama programları kullanılabilir nemin % 40, 60 ve 80'i düzeylerinde eksik nem tarla kapasitesine tamamlanmıştır. Sonuçta,

kullanılabilir toprak neminin % 80 ve % 60'ı düzeylerinde daha yüksek ayçiçeği verimi elde edilirken, %40 düzeyinde ise önemli ölçüde verim kaybı saptanmıştır.

García-López ve ark. (2016), İspanya'da, ayçiçeğinin sulama programlanmasına etkisini belirlemek için farklı sulama düzeyleri (%24-124) oluşturmuştur. Sonuçta %60-80 sulama düzeyi programı önerilmiştir.

Patane ve ark. (2017), Güney İtalya'da, büyüme mevsiminin farklı aşamalarında sulamanın ayçiçeğinin verim ve yağ içeriği incelemek için bir araştırma yapılmıştır. En yüksek verim ve yağ içeriği değerleri ekimden dane olgunlaşmasına kadar olan tam sulama rejiminde elde edilmiştir.

Kaviya ve ark. (2018), Hindistan'da kısıntılı sulamanın damla sistemi altında ayçiçeğinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla deneme yapılmıştır. Farklı büyüme dönemlerinde kısıntılı sulama uygulamaları, bitki büyüme parametrelerini ve verimi önemli ölçüde azaltmıştır.

2.1. Ayçiçeğinde Hastalık ve Zararlılar

Bölgemizde, ayçiçeğinin en önemli fungal hastalıklarından birisi Ayçiçeği Mildiyö'sü'dür. Mildiyö, toprak kökenli bir hastalık olup kışı tohum, toprak ve bitki artıklarında geçirerek ayçiçeği bitkilerini hastalandırır. Bitkide sistemik ve lokal enfeksiyonlar meydana getirir. Belirtiler etmenin bitkiyi yakaladığı döneme göre değişir. Bu hastalığa, erken devrede yakalanan ayçiçeği bitkileri normal gelişmez, bodur kalır. Yapraklarda başta suda ıslanmış gibi lekelenmeler, renk değişimleri ve nekrotik lezyonlar oluşur. Hasta bitki erken tabla oluşturur, yapraklarında sararma ve alt kısmında beyaz ve alt kısmında beyaz toz şeklinde mildiyo sporları görülür. Hastalıkla mücadelede, dayanıklı çeşitlerin ekilmesi, temiz tohumluk kullanmak, hassas çeşitlerde tohumu ekmeden önce kesinlikle fungusitlerle tohum ilaçlaması yapılması önerilir. Özellikle sık ekimden kaçınmak ve düzenli yabancı ot savaşımlı nemli koşullarda daha fazla zarar oluşturan mildiyöye karşı önerilen kültürel mücadele yöntemleridir. Hastalık ayçiçeği tarımı yapılan hemen her ülkede saptanmıştır. Ülkemizde ilk olarak 1958'de Adapazarı'nda görülmüş, sonraları

1970'li yıllarda hastalığın Marmara Bölgesinde oldukça yaygın (% 96) ve yakalanma oranının ise yüksek (% 30) olduğu belirlenmiştir. Etmenin hastalık yapması hava koşullarına sıkı sıkıya bağlı olduğundan hastalık bazı yıllar hiç görülmeyebilir. Mildiyö, yağışlı ve nemli geçen mevsimlerde geniş alanlarda görülmekte ve önemli derecede verim kayıplarına neden olmaktadır. Hastalık aynı zamanda sulama ile de yakından ilişkilidir (Zimmer ve Hoes, 1978; Kolte, 1985). Eğer ortamda yağmur, çiğ gibi nem mevcutsa rüzgar yoluyla yapraklar üzerine ulaşan zoosporlar çimlenerek lokal lezyonları oluştururlar. Lokal lezyonlar etkilenen yaprağın geniş bir alanını kaplamış olsalar bile nadiren sistemik enfeksiyon dahilinde de sonuçlanabilir (Zimmer, 1975) ve nadiren ekonomik öneme sahip olurlar. Bununla birlikte (Cohen ve Sackston 1973), lokal lezyonların sera çalışmalarında özel şartlar altında sistemik olabildiğini göstermişlerdir.

Mildiyönün geniş çaplı salgınındaki ana sebepler; sulama suyu veya yağmur suyunun taşıdıkları oosporlar veya zoosporlarla, yabani ayçiçekleri veya yakın tarlalardan rüzgarla gelen zoosporlarla, önceki yıldan kalan infekteli ürünlerden toprak kaynaklı inokulumlardır (Zazzerini, 1978; Zimmer, 1972).

Fideler nispeten kısa bir zaman periyodu için sistemik enfeksiyona hassastırlar. Sera çalışmalarında 10 günden daha yaşlı fidelerde sistemik simptomların gelişmesi başarısız olmuştur (Zimmer, 1975), fakat fungus kök simptomlarına sebep olmuştur (Zimmer, 1973). Amerika'da (Zimmer, 1975) ve Hindistan'da (Patil ve ark., 1992) yapılan tarla çalışmalarında sistemik simptomların geliştiği fide oranının ekimden sonraki 3 ile 15 gün içindeki yağışın miktarına bağlı olduğu görülmüştür. Eğer bu dönem kuru ve toprak sıcaklığı da yüksekse veya hızlı bir yükselme varsa o zaman sistemik symptomun şiddeti düşük olur.

2.2. Ayçiçeğinde Bitki Büyüme Modelleri ile ilgili Araştırmalar

Model sistemin performansını desteklemek, anlamak ve geliştirmek amacıyla, bir sistem kavramının veya bir sistemin davranışını temsil eden bir

denklemler dizisinin şematik gösterimidir. Bitki büyüme modelleri; artan sıcaklık ve artan CO₂, ile yağıştaki düzensiz dağılım gibi iklim değişimlerinin bitki gelişimi, büyümesi ve verimi üzerindeki etkilerini anlamak için kullanılabilir (Rauff ve Bello, 2015).

Bitki benzetim modelleri, bilgisayarlar yardımıyla kurucu süreçlerin sayısal entegrasyonu ile bitki büyümesinin dinamik benzetimidir (Sinclair ve Seligman, 1996). Simulasyon ifades, taklit etmek, yeniden üretmek ya da benzetim anlamlarına gelir (Pereira, 1987). Bitki benzetim modelleri, özünde bir bitkinin çevresine göre büyümesini matematiksel olarak benzetim eden bilgisayar programlarıdır (Graves ve ark., 2002). Bitki benzetim modelleri, genellikle büyüme mevsim süresinin bir veya iki katı altındaki zaman aralığında çalışır ve zamanın farklı noktalarında bitkinin özelliklerini tanımlamak için çıktı verileri sağlar (Matthews et al., 2000).

Tarımda benzetim belirli bir sistem yönetiminin veya belirli bir çevresel koşulun sonuçlarını tahmin etmek için önemlidir (Wu ve ark., 1996). Bitki büyüme modelleri ve karar destek sistemi; sürdürülebilir ve uzun vadeli alternatif yönetim uygulamalarının uygulanmasına ve değerlendirilmesine yardımcı olmak veya desteklemek için araştırmacılar, bilim adamları, bilim yazarları, politikacılar ve planlayıcılar için faydalı araçlar olabilir (Nasim ve ark. 2016; Ahmed ve Stockle 2016; Aslam ve ark. 2017; Ijaz ve ark. 2017; Jabeen ve ark. 2017; Wallach ve ark. 2018; Liu ve ark. 2019; Asseng ve ark. 2019; Gyldengren ve ark. 2020; Schepen ve ark. 2020; Peng ve ark. 2020; Stöckle ve Kemanian 2020).

Tarımsal sistem modellerinin çeşitli tarımsal-ekolojik ve sosyo-ekonomik koşullarda sürdürülebilir arazi yönetiminin geliştirilmesindeki rolü giderek artmaktadır. Çünkü tarla ve çiftlik denemeleri büyük miktarda kaynak gerektirir ve buna rağmen uygun ve etkili yönetim uygulamalarını belirlemek için yer ve zaman açısından yeterli bilgi sağlayamayabilir (Teng and Penning de Vries, 1992). Örneğin: arazi koşullarında aynı tarlada sulama aralığı, sulama suyu miktarı, sulama yöntemi, genel sulama planlaması, ekim zamanı, bitki fenolojisi, gübre

kombinasyonlarının birbiri ile önemli ölçüde nasıl etkileşime girdiğini belirlemek imkansızdır.

Arazi koşullarında büyük masraflarla ve uzun yıllar gerektiren denemeler kurarak en uygun sulama programının saptanması, yeni bitki çeşidinin yöreye uygunluğunun belirlenmesi, iklim değişiminin olası bitkisel üretime etkileri gibi durumlarda en kısa sürede sonuca ulaşmak için bitki büyüme modelleri kullanılabilir. Ayrıca, bitki büyüme modelleri ile farklı bitkilerde su-verim ilişkilerinin belirlenmesinde, optimum sulama stratejilerinin oluşturulmasında, özellikle yarı kurak bölgelerde düzensiz yağışlardan dolayı görülebilecek tarımsal üretimdeki riskin belirlenmesinde, bitkinin günlük büyümesinin izlenmesinde, bitkisel üretimde yetiştirme tekniği olarak karar verilmesinde, gelecekte olabilecek iklim değişikliklerinin verim üzerine etkisinin saptanmasında kullanılmaktadır (Sezen, 2000).

Modeller, belirli bir ortamda gerçekçi benzetim için fırsatlar sağlar ve verilerin modele tanımlandığı ve modelin çalıştırıldığı, ardından sonuçların doğrulaması için diğer benzetim sonuçlarıyla karşılaştırıldığı yerde doğrudan görülebilir. Ayrıca, pratik olarak modelleme süreci, küresel iklim değişikliği verilerinden bu modellerin tipik olarak çalıştığı parsel ölçeğine kadar çok sayıda veri kullanılabilirliği sorununu ve kalite ölçeklendirmesini içerir. Modellerin özellikle bölgesel ölçekte yetersiz performans göstermesinin nedeni verim değişkenliğini belirleyen faktörlerin ve süreçlerin uygunsuz değerlendirilmesinden kaynaklandığı gösterilmiştir. (Kephe ve ark. 2021).

Dünyanın birçok yerinde ayçiçeği verimini benzetim yapmak için şu anda kullanılan mevcut bitki modelleri birden çok bitki çeşit için tek bir modda çalışan STICS (Brisson ve ark., 2003), CropSyst (Stöckle ve ark., 2003; Todorovic ve ark., 2009; Moriondo ve ark., 2011), EPIC/EPIC-Phase (Kiniry ve ark., 1992; Cabelguenne ve ark., 1999), AquaCrop (Raes ve ark., 2009; Todorovic ve ark., 2009), AqYield (Constantin ve ark., 2015), WOFOST (Todorovic ve ark., 2009) sayılabilir. Ayrıca, sadece ayçiçeği bitkisine özgü Oilcrop-Sun (Villalobos ve ark.,

1996), QSUN (APSIM-ayçiçeği) (Chapman ve ark., 1993; Zeng ve ark., 2016), SUNFLO (Casadebaig ve ark., 2011) modelleri de yoğun olarak bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır.

Villalobos ve ark. (1996), İspanya’da farklı ekim yoğunluklarında sulu ve susuz koşullarda ayçiçeği gelişimini benzetim yapmak için süreç odaklı ve günlük zaman adımlı OILCROP-SUN'un yapısını ve testini incelemiştir. Sonuçta, kestirilen verim ve kuru madde değerleri ölçülen değerler ile uyum içinde olduğu belirlenmiştir.

Kaur ve ark. (2013), Pakistan’da OILCROP-SUN modelini kullanarak ayçiçeği çeşitlerinin bitki fenolojisi, büyüme ve verim değerlerini tahmin etmiştir. Sonuçta, genel olarak farklı ayçiçeği çeşitlerinde ve farklı iklim koşullarında ölçülen bitki gelişme dönemleri, verim ve verim bileşenlerinin model tarafından kestirilen değerlere yakın olduğu belirlenmiştir.

Nasim ve ark., (2016), Pakistan’da üç farklı iklim koşulunda ve farklı azot dozu düzeylerinde ayçiçeği büyüme, gelişme ve verimini OILCROP-SUN modeli ile test etmişlerdir. Sonuçta, ayçiçeği hibritlerinin büyümesi, gelişimi ve verimi için iyi bir şekilde benzetim edildiği görülmüştür. Ancak, model toplam kuru madde ve dane ağırlığını ölçülen değerlerden daha düşük tahmin etmiştir.

Rinaldi ve ark., (2003), Güney İtalya’da farklı ekim tarihleri ve sulama programlarını kullanarak OILCROP-SUN modelini test etmiştir. Model toprak su içeriği, LAI ve toplam kuru maddedeki zamansal değişiklikleri oldukça iyi bir şekilde benzetim yapmıştır. Ayrıca model, mevsimlik evapotranspirasyonu, bitki gelişme dönemlerini ve verimi oldukça yakın kestirirken, birim dane ağırlığı ise model tarafından zayıf tahmin edilmiştir. Sonuçta OILCROP-SUN ayçiçeği modelinin kullanımı farklı ekim tarihi ve sulama programı koşullarında etkili bir araçtır.

Ali ve ark., (2014) Pakistan’da yarı kurak iklim koşullarında sulanan ayçiçeğinin büyüme ve gelişimini belirlemek için OILCROP-SUN modelini

kullanmışlardır. Sonuçta, modelin ayçiçeği verimini çok iyi tahmin ettiğini, ölçülen ve kestirilen verim değerleri arasında % 5.94'lük farkı belirlenmiştir.

Awais ve ark., (2017), Pakistan'ın yarı kurak iklim koşullarında farklı azot dozu ve sulama düzeylerinde ayçiçeği büyümesi, gelişimi, verimi ve yağ içeriklerini belirlenmek için OILCROP-SUN modelini test etmişlerdir. Sonuçta, modelin farklı azot ve su düzeylerinde kestirilen değerleri gerçek değerleri belirlenmede iyi bir performans sergilenmiştir.

Malik ve Dechmi, (2019), İspanya'nın La Violada Bölgesinde yetiştirilen ayçiçeği bitkisinde farklı toprak bünyelerinde çiftçi uygulamalarını değerlendirmek en iyi yetiştirme şartlarını belirlemek amacıyla OILCROP-SUN modelini kullanmışlardır. Modelin kalibrasyon ve değerlendirilmesi sonucunda farklı toprak bünyelerinde en iyi sulama yönetimi uygulamaları belirlenmiştir. Sonuçta sulama zamanları çiftçinin takvimine göre değil, gerçek su tüketimine ve toprağın su tutma kapasitesine göre yapılmıştır. Model ayçiçek verim ve verim birleşenleri kestirimde oldukça iyi başarımlar göstermiştir.

Leite ve ark., (2014), Brezilya'da, ayçiçeği gelişme dönemlerini, büyüme parametrelerini (LAI, toplam kuru madde) ve verim bileşenlerini belirlemede OILCROP-SUN modelini kullanarak modelin başarımlarını değerlendirilmiştir. OILCROP-SUN bitki modelinin, ayçiçeği verimini kestirimde oldukça etkili olduğu saptanmıştır. Ancak, LAI, toplam kuru madde ve bitki gelişme dönemlerinin benzetiminde çok daha ayrıntılı dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Ahmad ve ark., (2013), Pakistanın, Punjab bölgesinde yarı kurak iklim koşullarında farklı azot ve sulama düzeylerinde ayçiçeği gelişme dönemleri, verim ve verim bileşenlerini OILCROP-SUN modeli ile kestirilerek başarımlarını değerlendirilmişlerdir. Sonuçta, ölçülen ve kestirilen değerler birbirine yakın olduğu için, modelin çiftçilere potansiyel olarak yardımcı olabileceğine ve alternatif yetiştirme seçenekleri sunabileceğine ulaşmışlardır.

Ahmad ve ark., (2017), Pakistan’da iki farklı ayçiçeği çeşidinde (Hysun-33 and S-78) en uygun azot dozunu, bitki gelişimini, verim ve verim bileşenlerini OILCROP-SUN Modeli ile test etmişlerdir. Sonuçta, modelin Pakistan’da yarı kurak iklim koşullarında ayçiçeği bitki için en uygun azot dozu saptanmıştır, OILCROP SUN modeli bitki gelişimini, verim ve verim bileşenlerini oldukça yakın kestirimde bulunmuştur.

Awais ve ark., (2018), Pakistan’da, iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla uzun yıllık bitki yetiştirme tekniği verilerini OILCROP-SUN modelinde kullanmışlardır. Sonuçta, iklim değişiminin Pakistan’da ayçiçeği üretimine olumsuz etki yaptığı saptanmıştır. Sıcaklığı 1°C artışı ayçiçeği gelişme dönemini kısaltırken, LAI, toplam kuru madde ve verim değerlerinde azalmalar belirlenmiştir. Ayrıca CO₂’nin artması ayçiçeği bitkisinde olumlu etki yaratırken, sıcaklığın olumsuz etkisini tam anlamı ile karşılamamıştır.

Flenet ve ark., (2008), Fransa’da ayçiçeği bitkisinde yetiştirme tekniklerini gözden geçirerek, bitki büyüme modelleri ile daha iyi uygulamaların ve çözümleri nasıl yapılacağını araştırmışlardır. Bu amaca ulaşmak için çok sayıda sağlam araştırma sonuçlarına ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Bitki büyüme modellerinin yetiştirme tekniğini iyileştirmede oldukça etkili ve kısa sürede sonuç alınabileceğini vurgulamışlardır.

El-Marsafawy, (2006). Mısır’da, farklı ekim tarihi ve sulama düzeylerinde iklim değişikliğinin ayçiçeği bitkisinde verim ve bitki su tüketimi üzerinde etkisini OILCROP SUN modeli ile araştırmıştır. Sonuçta, ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye ve olgunluğa varış süresi, verim, dane ağırlığı, birim alandaki dane sayısı, yağ yüzdesi değerlerinin oldukça benzer olduğu saptanmıştır. Ancak, kestirilen toplam kuru madde değerleri ölçülen değerlerden daha yüksek belirlenmiştir. Farklı ekim tarihi ve sulama düzeylerinde model doğru bir şekilde kestirimde bulunmuştur.

Moriondo ve ark., (2003), ayçiçeği bitkisinde toplam kuru madde miktarını ve LAI değerlerini OILCROP-SUN modeli ile benzetime çalışmışlardır.

Sonuçta ölçülen ve kestirilen LAI ve toplam kuru madde değerlerinin iyi tahmin edildiği, verim değerlerinin ise %7 daha düşük olduğu saptanmıştır.

Jovanovic ve Annandale (2000), Güney Africa'da ayçiçeğinin bitki büyümesini ve toprak su dengesini benzetim için su bütçesi isimli bitki büyüme ve sulama zamanlama modeli kullanılmıştır. Sonuçta, kısıntılı sulama stratejileri model ile oldukça iyi bir şekilde kestirimde bulunmuştur.

Casadebaig ve ark. (2016), Fransa'da ayçiçeği çeşitlerini değerlendirmek için SUNFLO modelini kullanılmıştır. SUNFLO modeli, farklı ayçiçeği hibritlerinin yağ verimini kabul edilebilir bir doğrulukla (%54.4) kestirmiştir.

Zeng ve ark. (2016), Çin'de APSIM modeli kullanılarak Hetao Sulama Bölgesinde tuzluluğun ayçiçeği büyümesi ve üretimi üzerindeki etkisinin modellenip modellenemeyeceği test edilmiştir. APSIM, tuzlu topraklarda ayçiçeği dane verimi ve kuru maddeyi doğru kestirim etme yeteneği göstermiştir.

Rinaldi (2001), İtalya'da EPIC modelini kullanarak yarı kurak bir Akdeniz bölgesinde yetiştirilen ayçiçeği için çeşitli sulama stratejilerini karşılaştırmıştır. Sonuçta, EPIC modelinin çiftlik düzeyinde karar desteği için iyi bir temel sağlayabileceğini göstermiştir.

2.3. Modellerde Kalibrasyon ve Geçerlilik

Modelin kurulumu dahil olmak üzere başarımını doğrulamak için birçok faktör vardır. Modelde genel olarak çıktıların güvenilirliğin değerlendirilmesi, belirli bir uygulamada bir modelin ne kadar "doğru" veya "yanlış" olduğunun değerlendirilmesi, girdi verilerinin belirli bir yapılandırmasını destekleyecek kanıtların üretilmesi, parametre setleri ve model yapısı belirli bir uygulama için uygundur. Bir model bir bağlamda uygun olabilirken diğerinde olmayabilir. Bu nedenle kullanılan doğrulama testleri, model uygulamasının farklı bağlamlarını da yansıtmalıdır (Bellocchi ve ark., 2010).

Stricevic ve ark. (2011), Sırbistan'da AquaCrop Modeli ile sulama stratejileri geliştirmek ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) belirlemek için

yapılan çalışmada kalibrasyon sonucunda IWUE için hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) 0.5492 ve diğer ölçülen değerler ile model tarafından kestirilen değerler arasında son derece iyi bir benzetim olduğunu göstermiştir.

Zeng ve ark. (2017), kısmi regresyon (PLSR) ve yapay sinir ağları (ANN) ile kurulan istatistiksel modellerin ayçiçeği dane verimlerini tahmin etmedeki etkinliğini test edilmiştir. Sonuçta, ANN daha iyi kestirimde bulunurken, dane verim için PLSR modeli r^2 sadece 0.37 ve RMSE 1040 kg ha⁻¹ elde edilirken, ANN modeli r^2 değeri 0.66 ve RMSE 610 kg ha⁻¹ elde edilmiştir.

Ahmad ve ark. (2017), OILCROP-SUN Modeli, iki farklı ayçiçeği hibritinin (Hysun-33 and S-78) fenolojisini, büyümesini ve verimini kestirimde kullanılmıştır. Sonuçta, OILCROP-SUN Modeli, modelin ölçülen ve kestirilen verim arasında ortalama %10.44 hata ile ayçiçeği büyümesini ve verimini benzetim edebildiğini göstermiştir.

Zhang ve ark. (2021), kısıntılı sulama altındaki ayçiçeği tarla deneme sonuçları verileri kullanarak, CSM-CROPGRO-Ayçiçeği modelini kalibre edilmiş ve öngörülen iklim koşullarında ayçiçeği üretimi kestirimde bulunulmuştur. Sonuçta, farklı kısıntılı sulama uygulamaları altında ayçiçeği kuru madde ve verimini yeterince ve kabul edebilir hata içinde kestirimde bulunulmuştur.

Awais ve ark., (2017), Pakistan'da, iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla uzun yıllık bitki yetiştirme tekniği verilerini OILCROP-SUN modelinde kullanmışlardır. Sonuçta, değerlendirme ve doğrulama, modelin çiçeklenme tarihini olgunluk tarihini, maksimum yaprak alanı indeksini (LAI), toplam kuru maddeyi, dane verimini ve yağ içeriğini, çok iyi kestirdiği, sırasıyla %0-6.15, %0-3.96, %-25.14-6, %-0.37-17.75, %-4.58-17.12, %-15.04 ve 12.15 hatayla sergilediğini göstermiştir.

CSM-CROPGRO-Ayçiçeği modeli, sınırlı sulama koşulları altında farklı toprak türleri için daha iyi ayçiçeği yetiştiriciliği amacıyla kapsamlı bir şekilde test edilmiştir. Sonuçta, modelin performansı, çeşitli iklim koşulları ve çeşitli ayçiçeği

çeşitlerinde oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tariq ve ark., 2018, Malik ve Dechmi, 2019).

Gürkan ve ark. (2021) CSM-CROPGRO-Ayçiçeği modelini kalibre ederek değerlendirmiştir. Ayrıca, GCM'nin iklim projeksiyonları veri setini kullanarak iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçta, modelin değerlendirilmesinde sulu koşullarda için %1.3'lük ve susuz koşullarda için %17.7'lik RMSE_n, genel model performansı için 0.93'lük bir modelleme verimliliği ile verimi kabul edilebilir ölçüde iyi kestirimde bulunduğunu göstermiştir.

Arshad ve ark. (2020) Çin'de, iklim değişikliğinin ayçiçeği dane verimi ve yağ konsantrasyonunu SUNFLO modelini kalibre ederek değerlendirilmişlerdir. Sonuçta, diğer modellerle karşılaştırıldığında, deneyimsel korelasyon ortalama kare hatayı (MSE) verim üretimi için ortalama %54 ve yağ içeriği için %26 oranında azaltmıştır.

Casadebaig ve ark. (2011) SUNFLO'nun farklı ortamlarda ayçiçeği bitkisini kestirimde benzetimi değerlendirilmiştir. Sonuçta, genel olarak, ara değişkenler %4 ila %30 arasında bir doğrulukla (RMSE) tahmin edilmiştir.

2.4. Olası İklim Değişiminin Ayçiçeği Verim, Büyüme ve Gelişimine Etkileri

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geleceğe yönelik iklim senaryolarını oluşturmak amacıyla Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs) belirlenmiştir. Oluşturulan 4 iklim senaryosunda (RCP-3.0, RCP-4.5, RCP-6.0 ve RCP-8.5) gerek ortalama sıcaklık gerekse sera gazlarının yoğunluğunda önemli derecede hızlı bir artış olacağı vurgulanmıştır. (IPCC, 2013).

Sen ve ark., (2012) iklim değişikliğinin sıcaklık artışı ve yağış azalışı ile ülkede kurak şartların artışına sebep olacağını ve bu durumda su kaynaklarında sorunlar yaşanabileceğini, tarımsal sulamada yetersiz su kayanğı nedeniyle ürünlerin verimlerinde önemli azalmalar yaşanabileceğini belirtmiştir.

Gürkan ve ark. (2017) Meteoroloji Genel Müdürlüğünce geliştirilen kuraklık izleme sistemi ile Tekirdağ ve Adana’da ayçiçeği bitki gelişim dönemleri izlenmiş, aylık bazda kuraklık analizleri yapılmıştır. Sonuçta, iklim değişiminin Türkiye genelinde yağlık ayçiçeği veriminde % 20 oranında azalmalara neden olacağı saptanmıştır.

Dellal ve ark. (2011), bitkisel üretim ve öngörülen iklim değişikliğinin Türk tarım sektörü üzerindeki ekonomik etkileri incelemiştir. Sonuçlar, iklim değişikliği altında ayçiçeği veriminin %5.0 ile %7.9 oranında olumsuz etkilendiğini göstermiştir.

Gürkan ve ark. (2016), Türkiye’nin farklı bölgelerinde ayçiçeği verimi ile iklim faktörleri arasındaki ilişkiyi tespit etmek ve ayrıca gelecekteki iklim değişikliklerinin ayçiçeği verimine olası etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sonuçta, iklim faktörlerinin verimlilik üzerinde önemli bir karakteristik etkisinin olduğu saptanmıştır. Ayçiçeği veriminde sıcaklık artışından en olumsuz etkilenen bölgenin Marmara bölgesi olacağı vurgulanmıştır.

Lakshmi ve ark. (2017) Hindistan’da artan CO₂’nin (550 ve 700 ppm) ayçiçeği büyüme, verim ve bileşenleri, yağ içeriği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçta, 550 ve 700 ppm CO₂ ile toplam kuru maddede iyileşme, mevcut ortamla karşılaştırıldığında sırasıyla % 18.7 ve % 40.5 ve tohum veriminde ise artış sırasıyla % 21.0 ve % 45.9 olmuştur.

Guilioni ve ark. (2010), mevcut, yakın ve uzak gelecekteki iklimi benzetim yapmak için hem SUNFLO hem de STICS bitki modellerini (her ikisi de CO₂ etkileri dahil) kullanmıştır. Sonuçta, artan CO₂, su stresinin olumsuz etkilerinden dolayı çok az olumlu etki göstermiştir.

Rondanini ve ark. (2003), dane doldurma sırasında ayçiçeği üzerindeki kısa süreli sıcaklık stresinin doğrudan etkilerini araştırmıştır. Sonuçta, kısa süreli sıcaklık stresi, daha düşük bir tohum ağırlığı, daha düşük bir yağ içeriği gözlenmiştir. Ayçiçeğinde sabit yüksek sıcaklık dane ağırlığını ve yağ verimini düşürmüştür (Harris vd., 1978).

Astiz ve Hernández (2013), ortalama hava sıcaklığı ve oransal nem ile ayçiçeği çiçeklerinin ürettiği polen arasındaki ilişkileri incelemiştir. Sonuçta, 26 °C'nin üzerindeki sıcaklıkların, iyi sulanan koşullar altında bile ayçiçeğinde polen üretimi için optimalin üzerinde olduğunu göstermiştir. Çiçekleme aşamasında 31 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar polen üretimini ve çiçek verimini etkilerken, ayçiçeği verimini olumsuz etkilediğini göstermiştir (Chimenti ve Hall, 2001).

Vanaja ve ark. (2011), hem iyi sulanan hem de kuraklık stresi koşullarında artan CO₂ (700 ppm) etkisini değerlendirmiştir. Sonuçta, artan CO₂ ile kök hacmi pozitif bir yanıt (+%146) göstermiştir ve ayçiçeğinde kuraklık stresinin olumsuz etkilerini iyileştiren yüksek CO₂'nin faydalı bir etkisi doğrulanmıştır.

2.5. İklim Değişikliği İçin CROPGRO-Ayçiçek Modelinin Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, modelleri değerlendirmenin önemli bir yoludur ve girdilerdeki değişikliklere çıktılardaki değişimi daha iyi anlamaya yardımcı olur. Duyarlılık analizi yapmak için maksimum ve minimum sıcaklıklar, solar radyasyon ve CO₂'yi içeren giriş iklim parametreleri kullanılabilir. Jadhav ve ark. (2021) Pakistan Gujarat bölgesinde OILCROP-SUN kullanırken maksimum ve minimum sıcaklık (± 0.5 , 1.0, 1.5 ve 2.0 °C) ve CO₂ konsantrasyonu (± 380 , 430, 480 ve 530 ppm) koşullarında iklim değişikliğinin ayçiçeği dane verimi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Sonuçta, maksimum ve minimum sıcaklıkta azalma dane verimini azaltırken, maksimum sıcaklık artış 1.5°C kadar dane verim kademeli artış ve minimum sıcaklık ise 3°C kadar verim artış göstermiştir. CO₂ seviyesinden 50, 100, 150 ve 200 ppm CO₂ artışı 430 ppm seviyesine kadar dane veriminde artış göstermiş ve daha sonra dane verimi değişmemiştir.

Nasim (2012), Pakistan'da 3 farklı bölgede iklim değişikliğinin ayçiçeği büyümesi, verim ve verim bileşenleri üzerindeki etkisi OILCROP-SUN modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, CO₂ konsantrasyonlarındaki artışın farklı lokasyonlarda ayçiçeği önemli etkisi olmazken, LAI'de % 0.89 artış ve verimde

%4.44'e kadar artış saptanmıştır. Sıcaklık artışı ise bitki gelişme dönemini kısaltırken, yaprak alan indeksini, kuru maddenin ve verimini azalma göstermiştir.

Dellal ve ark., (2011) İklim değişiminin Türkiye tarımı üzerine etkisini araştırdığı çalışmada Akdeniz bölgesinde ayçiçeği veriminin 2050 yılı iklim göstergeleri kapsamında % 6.8 oranında azalma olacağı belirtilmiştir. Ülke genelinde ise bu azalma oranı % 6.5 olarak tahmin edilmiştir. İklim değişikliğinden kaynaklanan ekim alanının azalması ve verim düşüklüklerinin bir sonucu olarak, ülkemizin ayçiçeği üretimi % 12.9 oranında düşeceği tahmin edilmiştir.

Nasim ve ark. (2016), Pakistan'ın Penjab bölgesinde kurak, yarı kurak ve yarı nemli koşullar altında iklim değişikliğinin ayçiçeğindeki verimi üzerindeki potansiyel etkisini DSSAT model kullanarak değerlendirmiştir. Sonuçta, +1°C sıcaklık artışı dane veriminde % 15'e kadar azalma gösterirken, sıcaklığın 2°C'ye kadar arttığı koşulda ise verimdeki azalma % 25'e kadar yükselmiştir.

Gürkan ve ark. (2021) Türkiye'deki iklim koşulları için seçilen en son IPCC senaryolarından RCP4.5 (olması beklenen senaryo) ve RCP8.5'i (en kötümser senaryo: en yüksek sıcaklık ve radyasyon artışı) kullanılarak, iklim değişikliğinin ayçiçeği üzerindeki etkilerini CSM-CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile değerlendirilmiştir. Sonuçta, model, susuz koşullarda verimin % 2.9-39.6 azalacağını, sulu koşullarda ise verimin % 7.4-38.5 oranında artacağını öngörmüşlerdir.

Tariq ve ark. (2018), Pakistan'da 1980 2016 yılları arası iklim değişikliğinin ilkbahar ve sonbahar ayçiçeği fenolojisi üzerindeki etkilerini belirlemek için CSM-CROPGRO-Ayçiçek modeli kullanmıştır. Sonuçta, sıcaklık artışı, ilkbahar için ekimden çiçeklenmeye kadar olan aşama süresi on yılda 1.3 günden 4.5 güne kısalmıştır ve sonbaharda yetişen ayçiçeğinde ise her on yılda 1.2 ila 3.9 gün arasında azalmıştır.

Awais ve ark. (2018) Pakistan'da sıcaklık ve CO₂ artışı, ayçiçeğinin büyüme süresi, maksimum yaprak alanı indeksi (LAI), toplam kuru madde ve dane verimi üzerindeki etkisini benzetim için OILCROP-SUN modelini kullanmıştır.

Sonuçta, daha yüksek CO₂ konsantrasyonunda (430 ve 550 ppm) ayçiçeğinin gelişme dönemlerinin değişmediğini göstermiştir. Ayrıca LAI, dane verimi ve toplam kuru madde, 430 ppm'de sırasıyla 0.24, 2.41 ve % 4.67 ve 550 ppm'de ise 0.48, 3.09 ve %9.87 artmıştır. Artan sıcaklık (1 ve 2 °C) ise mevcut koşullara kıyasla daha az LAI, dane verimi ve toplam kuru madde elde edilmiştir.

Gürkan ve ark. (2020), ayçiçeğinde iklim değişiminin etkisini Türkiye'nin farklı bölgelerinde uzun yıllık iklim verilerini kullanarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, ortalama sıcaklığın bitkinin ilerleyen gelişme dönemlerinde aşırı artışı özellikle günlük maksimum sıcaklığın 35°C üzerine çıkması verimi önemli derecede olumsuz etkileyeceğini belirtilmiştir.

Krukivska ve ark. (2021) Ukrayna'da AquaCrop modeli kullanarak iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Sonuçta, tarımda olumsuz hava ve iklim koşulları ile ilişkili ürün kayıpları %10 ila %70 arasında değişebileceği saptanmıştır.

Tubiello ve ark. (2000), İtalya'da CropSyst ve GCM modeli ile iki lokasyonda CO₂'nin (350ppm'den 700 ppm'ye) ayçiçeği verimi üzerindeki potansiyel etkilerini araştırmıştır. Sonuçta, mevcut yönetim uygulamaları değiştirilmediği takdirde, her iki lokasyonda artan atmosferik CO₂ ve iklim değişikliğinin birleşik etkilerinin ayçiçeği verimini düşüreceğini göstermiştir.

Raes ve ark. (2009) Ukrayna, Rusya ve Kazakistan'da Aquacrop modeli kullanarak iklim değişikliğinin ayçiçeği bitkininin verimi ve üretimi üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. Sonuçta, sıcaklık artışı (2065'te +2.4 °C) senaryosuna göre toplam ayçiçeği üretimi küresel olarak % 3 azalacağı, şiddetli sıcaklık artışı (2065'te +4.3 °C) senaryosunda ise toplam Ayçiçek üretiminin % 50 düşeceği saptanmıştır.



3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma yerinin tanımı

Araştırma Tarsus'a bağlı Yenice bucağının kuzeyinde, Yenice'ye 6.5 km uzaklıkta bulunan, Toros dağları ile Çukurova arasında kalan eşik alanları temsil eden, 37°01' N; 35° 01' E enlem ve boylamlarında; denizden 60 m yükseltideki TAGEM Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda yer alan Topçu Araştırma İstasyonunda yürütölen TAGEM-BB-090201C3 no'lu "Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Uygulanan Geleneksel ve Kısmi Kök Kuruluğu (PRD) Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Ayçiçeği Verimi ve Yağ Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi" isimli TAGEM ayçiçeği proje sonuç raporunun çıktıları yürütölecek tez çalışmasında model için gerekli başlıca girdileri oluşturmuştur.

3.1.2 Araştırmada kullanılan ayçiçek çeşidi ve özellikleri

Araştırmada yüksek oleik asit değeriine sahip "Oleko" ayçiçek (*Helianthus annuus L.*) çeşidi kullanılmıştır. Daneleri dolgun ve ince kabukludur. Yağ oranı yüksek, kurağa karşı dayanıklıdır. Danelerin tabladaki dizilişı sıkı olduğundan dökölme yapmaz, tabla merkeze kadar dane doldurmaktadır. Kök ve sap sistemi kuvvetlidir, adaptasyon kabiliyeti iyi olup toprak ayırımı yoktur (Anonim, 2003).

3.1.3 Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırmanın yürütöldüğu bölgede tipik Akdeniz iklimi görölür. Tarsus Araştırma Enstitüsü verilerine göre, yörenin uzun yıllık yağış ortalaması 593.2 mm'dir. Yılın en yağışlı geçen ayları Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, en kurak ayları ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Toplam yağışın %52'si kış aylarında düşmektedir. Yağışın büyük bir bölümü yağmur şeklindedir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 17.8 °C'dir. Minimum ekstrem sıcaklık Şubat ayında -10.8 °C,

maksimum ekstrem sıcaklık Ağustos ayında 43.0 °C, bölgenin en sıcak ayları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül, en soğuk ayları ise Aralık, Ocak, Şubat ve Mart'tır. En sıcak ay ortalaması Temmuz'da 26.6 °C, en soğuk ay ortalaması Ocak'ta 8.9 °C'dir. Uzun yıllar ölçümlerine göre oransal nem ortalaması %70.6'dır. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık buharlaşma ise 1487.4 mm'dir. En fazla buharlaşma 216.3 mm ile Temmuz ayında olmaktadır. Bölgede hâkim rüzgar yönü Mayıs-Kasım arası güneybatı, diğer aylarda kuzey doğudur.

Denemenin yürütüldüğü 2010 ve 2011 yılına ait Topçu İstasyonu kimi iklim verileri uzun yıllık ortalama değerler ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir. İlk deneme yılında ayçiçeği bitkisi ekim tarihinden hasada kadar geçen dönem için yağış değeri toplam 117 mm olup, aynı dönemde düşen uzun yıllık yağış miktarının % 77'sine karşılık gelmektedir. İkinci deneme yılında ise ayçiçeği bitkisi ekim tarihinden hasada kadar geçen dönem için yağış değeri toplam 103 mm olup, aynı dönemde düşen uzun yıllık yağış miktarının %80'ine karşılık gelmektedir (Çizelge 3.2).

Her iki deneme yıllarına ilişkin aylık buharlaşma miktarları incelendiğinde; en yüksek aylık buharlaşma miktarları ağustos ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmanın Yürütüldüğü Yıllara İlişkin İklimsel Veriler ve Uzun Yıllık Ortalama Değerleri

Yıl	İklim Parametreleri	Aylar											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	Ort. Sıcak. (°C)	10.9	11.8	14.5	18.5	21.1	24.4	27.2	29.1	26.9	21.4	18.1	14.5
	Max.Sıcak. (°C)	14.6	16.7	21.0	24.3	26.9	29.9	32.1	35.1	33.3	28.6	37.2	21.0
	Min. Sıcak. (°C)	7.2	7.3	8.8	11.4	15.7	19.2	22.7	23.1	21.3	15.6	10.5	8.8
	Yağış (mm)	108	105	19	37	71	4	-	5	15.1	33.5	0.2	251.5
	Buharlaşma (mm)	34.5	43.5	83.4	118.2	152.9	175.5	202.0	222.0	184.8	113.6	78.9	83.4
	Oransal Nem (%)	74.2	70.4	65.5	74.0	74.2	75.2	76.6	72.2	67.5	64.7	49.0	65.5
2011	Ort. Sıcak. (°C)	9.8	10.7	13.5	16.3	20.3	24.1	27.2	28.0	25.9	20.0	12.1	13.5
	Max.Sıcak. (°C)	15.3	17.3	19.8	22.0	26.2	28.6	31.0	33.4	32.1	27.6	18.7	19.8
	Min. Sıcak. (°C)	5.0	5.7	7.9	11.2	15.0	17.8	19.3	21.7	18.7	11.1	6.4	7.9
	Yağış (mm)	71	36	77	89	70	25	-	-	8.0	19.4	27.0	183.9
	Buharlaşma (mm)	34.8	40.5	77.5	85.8	121.6	135.3	164.0	182.5	147.5	102.6	64.5	77.5
	Oransal Nem (%)	68.0	67.0	70.2	69.1	70.4	75.2	77.1	70.8	66.8	52.0	60.2	70.2
Uzun Yıllık	Ort. Sıcak. (°C)	8.9	9.8	13.5	17.5	22.0	26.0	28.5	29.0	26.3	22.0	15.2	13.5
	Max.Sıcak. (°C)	19.5	21.0	26.2	31.9	35.7	37.3	37.6	39.2	38.2	36.0	28.7	26.2
	Min. Sıcak. (°C)	-1.9	-1.7	2.8	6.2	11.3	16.2	20.5	21.0	16.1	11.3	4.5	2.8
	Yağış (mm)	88.0	77.0	79.0	40.0	63.0	33.0	6.0	9.0	17.8	37.1	87.9	55.4
	Buharlaşma (mm)	45.2	55.6	90.2	118.0	167.9	222.1	240.1	229.9	181.7	130.2	72.2	90.2
	Oransal Nem (%)	70.9	71.4	66.5	67.7	67.1	68.2	73.2	72.4	66.3	62.2	65.3	66.5

Çizelge 3.2. Bitki Gelişimi Süresince Oluşan Yağış Değerleri

Yıl	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Toplam
2010	19	37	71	4	-	5	15.1	33.5	0.2	117
2011	77	89	70	25	-	-	8.0	19.4	27.0	103
Uzun Yıl	79	40.0	63.0	33.0	6.0	9.0	17.8	37.1	87.9	

3.1.4. Araştırma yerinin tarımsal yapısı

Dünya yağlık ayçiçeği tohumu 2019 verilerine göre 27.35 milyon ha ekim alanı, 55.44 milyon ton civarında üretimi ve ortalama verimi 2030 kg ha⁻¹ olup, Türkiye üretimde ve ekim alanlarında ilk on ülke arasında yer almaktadır. Ayçiçeği dünyada ve ülkemizde en önemli yağ bitkilerinden biri olup, ülkemizde çoğunlukla yağlık olarak yetiştirilir. Hemen her bölgemizde yetişebilen ve tanelerinde yüksek oranda ve kaliteli yağ içeren ayçiçeği, ülkemizde yağ bitkileri ekim alanında pamuktan sonra ikinci sırayı almaktadır. 2010-2019 yılları arasında ayçiçeği üreti alanı ve miktarları Türkiye ortalaması ve Adana ilne ait değerler Çizelge 3.3'de verilmiştir. Ayçiçeği bitkisinin ekiliş ve üretimi yıllara göre artış göstermektedir.

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğünün hazırlamış olduğu rapora göre, 2010 yılında 5.514 milyon da ayçiçeği ekim alanı 2019 yılında 6.760 milyon da'a, yine 2010 yılında 1.170 milyon ton olan üretim miktarı da 2019 yılında 11.950 milyon ton'a ulaşmıştır. Ülkemizde yağlık ayçiçeği tohumunun en yaygın olarak ekildiği bölgeler ise sırasıyla Trakya ve Marmara bölgesi olurken, ayçiçeğinden ortalama olarak 2010 yılında 2120 kg ha⁻¹ dane verimi elde edilirken, 2019 yılında ortalama olarak 2890 kg ha⁻¹ verim elde edilmiştir. (Ticaret Bakanlığı, 2020).

2019 yılında yağlık ayçiçeği üretilen illerin üretim alanları ve miktarları incelendiğinde sırasıyla en yüksek üretim Tekirdağ, Edirne, Adana, Kırklareli, Konya ve Çorum'da gerçekleşmiştir. Bu sayılan illerdeki üretim, toplam üretimin yaklaşık %75'ine karşılık gelmektedir.

Adana ili 498143 ha tarım alanı içerisinde tarla bitkileri 386847 ha ile (% 77.7) büyük bir paya sahiptir. Ayçiçeği ekiminde ve üretiminde yıllara bağlı olarak büyük bir değişim söz konusudur. Adana ilinde ayçiçeği ekim alanı 2010 yılında 377000 da ekim alanı, 79000 ton üretimi ve 2090 kg ha⁻¹ ortalama verimi söz konusu iken, 2021 yılında ise ekim alanı 652000 da, üretim 201000 ton, ortalama verim ise 3090 kg ha⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (TUIK, 2022). 2021 yılı verilerine göre ayçiçeği bitkisinin Adana ilinde üretimi ile Türkiye üretimi kıyaslandığında, ülke ayçiçeği üretiminin %27.3'ünü karşılamaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Adana ili ve Türkiye’de ayçiçeği ekiliş alanları, üretim miktarları ve ortalama verim değerleri (TUIK; 2022).

Yıllar	Ekim alanı (1000*ha)		Üretim miktarı (1000*ton)		Ayçiçeği verimi (kg ha ⁻¹)	
	Türkiye	Adana	Türkiye	Adana	Türkiye	Adana
2010	551.4	37.7	1170	79	2120	2090
2011	556.0	39.9	1170	104	2100	2600
2012	504.6	40.0	1200	108	2380	2710
2013	520.3	34.5	1380	101	2650	2920
2014	552.5	34.9	1480	90	2690	2560
2015	569.0	44.0	1500	134	2640	3050
2016	616.9	54.0	1500	167	2440	3090
2017	681.4	58.0	1800	195	2640	3360
2018	648.9	52.1	1800	177	2770	3390
2019	676.0	84.4	1950	265	2890	3140
2020	650.9	60.4	1900	195	2920	3240
2021	811.3	65.2	2215	201	2730	3090

3.1.5. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Topçu Araştırma istasyonunun taban arazileri kolluviyal karakterdedir. Deneme parsellerinin bulunduğu yamaç arazideki topraklar kırmızı-kahverengi Akdeniz büyük toprak grubuna dâhil olup, A horizonludur (Mete, 1988). Toprak pH'sı genellikle 7.7 ile 8.0 arasında değişmektedir. Killi-tınlı bünyeye sahip olup fazla kireçli, tuzsuz potasyum içeriği fazla, organik madde ve fosfor içeriği azdır. Deneme alanı topraklarının bazı

fiziksel özellikleri Çizelge 3.4’de, verimlilik analiz sonuçları ise Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme yeri topraklarına ait bazı fiziksel özellikler

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm)		
	0-30	30-60	60-90
Tarla kapasitesi (%)	28.79	30.40	31.61
Solma noktası (%)	14.72	16.41	12.79
Hacim ağırlığı (g/cm ³)	1.42	1.39	1.44
Bünye Sınıfı	Tın	Killi-Tın	Killi-Tın
Kum (%)	33.68	28.22	31.90
Kil (%)	24.40	32.00	39.45
Silt (%)	41.92	39.79	28.65

Çizelge 3.5. Deneme yeri toprakları verimlilik analiz sonuçları

Yıllar	Toprak Derinliği (cm)	pH	EC (dS/m)	Kireç (%)	Organik Madde %	P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)
2010	0-20	7.97	0.044	31.80	0.74	2.17	50.10
2011	0-20	7.80	0.032	23.80	1.60	4.50	95.60

3.1.6. Araştırmada kullanılan su kaynağı

Denemede kullanılan sulama suyu, DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSSL (1954)’de verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanarak laboratuarda analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.6’da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda her iki deneme yılında kullanılan sulama suyu sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.6. Sulama suyuna ilişkin analiz sonuçları

Yıllar		2010	2011
Suyun Alındığı yer ve suyun cinsi		Kanal suyu (Seyhan)	
pH		7.9	7.8
Elektriksel İletkenlik, dS/m		0.387	0.541
Kanyonlar (me/l)	Sodyum	1.39	0.38
	Potasyum	0.11	0.01
	Kalsiyum	2.40	2.00
	Magnezyum	0.80	4.00
	<i>Toplam</i>	4.70	6.39
Anyonlar (me/l)	Karbonat	0.03	0.38
	Bikarbonat	4.00	3.65
	Klorür	0.64	1.08
	Sülfat	0.02	1.28
	<i>Toplam</i>	4.70	6.39
Artık sodyum bikarbonat		-	-
SAR		1.10	0.22
Tuzluluk(C)		C2	C2
Alkalilik (S)		S1	S1

3.2. Metod

3.2.1. Deneme metodu

CSM-CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde oluşturulacak deneme konuları seçiminde “Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Uygulanan Geleneksel ve Kısmi Kök Kuruluğu (PRD) Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Ayçiçeği Verimi ve Yağ Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli projeden yararlanılmıştır. Çalışmada üç farklı sulama aralığı (A sınıf buharlaşma kabından (Class A Pan) olan yığışimli buharlaşma miktarlarına göre) ve dört farklı sulama düzeyi ele alınmaktadır. Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre dört yinelemeli olarak yürütülmüştür. Çalışmada ana parselleri yığışimli buharlaşma değerleri (CPE), alt parselleri ise sulama düzeyleri (IL) oluşturmaktadır. Parsel boyutları 5 bitki sırası genişliğinde (3.5 m) ve 8 m uzunluğundadır.

3.2.2. Araştırma konuları

Class A Pan'dan elde edilen yığışimli buharlaşma miktarlarına göre oluşturulan sulama aralıkları ana parselleri (CPE), sulama düzeyleri (IL) ise alt parselleri oluşturmuştur.

-Ana Konular: Sulama aralıkları (CPE)

CPE₁ : $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm

CPE₂ : $\Sigma E_o = 50 \pm 5.0$ mm.

CPE₃ : $\Sigma E_o = 75 \pm 7.5$ mm'ye ulaştığında sulama yapılacak şekilde programlanmıştır

-Alt Konular: Sulama düzeyleri (IL)

IL_{0.50} : konusunda 0.50

IL_{0.75} : konusunda 0.75

IL_{1.00} : konusunda 1.00

IL_{1.25} : konusunda 1.25 olarak alınmıştır.

Denemede ayrıca kontrol amaçlı susuz (Sz) konu'da oluşturulmuştur.

Günlük buharlaşma değerleri denemenin yürütüldüğü TAGEM Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Topçu Araştırma İstasyonunda bulunan A sınıfı buharlaşma kabından alınmıştır. Yukarıda belirtilen 13 deneme konusu CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde öncelikle tanımlanmıştır. Ardından, herbir konuya ait sulama uygulamaları (sulama tarihi, herbir sulamada uygulanan sulama suyu) FileX dosyasına kaydedilmiştir.

3.2.3. Toprak ve su analiz yöntemleri

Dikimden önce her yinelemeden verimlilik için bozulmuş toprak örneklerinde 0-30 cm ile 0-90 cm derinlikten (0-30, 30-60, 60-90 cm) alınacak bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde aşağıdaki fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Tüzüner, 1990).

- Su ile doygunluk (%): Toprak doygun hale gelinceye kadar saf su ilave edilerek belirlenmiştir (Richards, 1954).
- Toprak reaksiyonu (pH): Saturasyon macununda pH metre ile ölçülmüştür (Tüzüner, 1990).
- Total tuz (%): Kondaktivite aletiyle saturasyon macununun elektriksel geçirgenliğinin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Richards, 1954).
- Organik madde (%): Modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre saptanmıştır (Tüzüner, 1990).
- Kalsiyum karbonat (%): Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949).
- Alınabilir Fosfor (P_2O_5):Olsen metoduna göre yapılmıştır (Olsen ve Sommers, 1982).
- Alınabilir Potasyum(K_2O): Amonyum Asetat çözeltisinden yararlanarak fleymfotometrede belirlenmiştir (Richards, 1954).
- Hacim Ağırlığı(g/cm^3): Bozulmamış toprak örneklerinde silindir metodu yapılmıştır (Tüzüner, 1990).
- Tarla Kapasitesi: Bozulmuş toprak örneklerinde basınçlı tencere yardımı ile yapılmıştır (Richards, 1954).
- Solma Noktası: Bozulmuş toprak örneklerinde basınçlı tencere yardımı ile yapılmıştır (Richards, 1954).
- Bünye: Bouyoucos hidrometre metodu ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Araştırmada kullanılan sulama suyuna ilişkin analizler USSL (1954)'te verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanarak belirlenmiştir.

3.2.4. Araştırmada izlenen kültürel işlemler, gözlem ve ölçümler

3.2.4.1. Denemenin kurulması ve tarımsal işlemler

Araştırma; TAGEM Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Topçu Lokasyonunda 2010 ve 2011 deneme yıllarında iki yıl süre ile yürütölmüştür.

3.2.4.2. Toprak hazırlığı ve ekim

Deneme alanı sonbaharda pullukla derin bir toprak işleme ve erken ilkbaharda kazayağı ve tırmık geçirilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri ise 25 cm olacak şekilde kombine mibzerle ilk deneme yılında 02 Nisan 2010 tarihinde ekim yapılmıştır. İkinci yıl Nisan ayı başlangıcında düşünülen ekim işlemi aynı dönemde düşen aşırı yağış miktarı nedeniyle ertelenerek 05 Mayıs 2011 tarihinde yapılmıştır. Bu ekim sıklığında m²'deki tohum sayısı yaklaşık 6 olmaktadır.

Ayçiçeği projesine ait ekim ile ilgili tüm bilgiler (ekim tarihi, sıra arası, sıra üzeri, hektara uygulanan tohum miktarı, ekim derinliği, kullanılan ayçiçeği çeşit özellikleri, CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde girdi dosyasına (FileX) kaydedilmiştir.

3.2.4.3. Gübreleme

Denemenin ilk yılında tüm konulara 02 Nisan 2010 tarihinde ekimle birlikte kombine mibzerle kompoze gübreden (15-15-15) dekara 40 kg (saf madde olarak 6 kg N, P, K), ikinci çapadan sonra 10 Mayıs 2010 tarihinde ise dekara 30 kg Amonyum Nitrat (% 26 N) gübresi elle bitki sıralarına konulara eşit olarak uygulanmıştır (Çizelge 3.7).

Denemenin ikinci yılında ise tüm konulara 05 Mayıs 2011 tarihinde ekimle birlikte kombine mibzerle kompoze gübreden (15-15-15) dekara 40 kg (saf madde olarak 6 kg N, P, K), ikinci çapadan sonra 31 Mayıs 2011 tarihinde ise dekara 30 kg Amonyum Nitrat (% 26 N) gübresi (Doorenbos ve Kassam 1979; Tan, 2007) elle bitki sıralarına konulara eşit olarak uygulanmıştır (Çizelge 3.7).

Ayçiçeği projesine ait gübreleme programı tarihleri ve uygulanan gübre dozları ve tipi CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde gübre girdi dosyası (FileX) olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.7. Deneme yıllarına ilişkin gübre uygulama tarihleri, gübre dozları

Deneme Yılı	Tarih	Uygulanan Gübre	Gübre Dozu, kg ha ⁻¹
2010	02.04.2010	Kompoze (15-15-15)	400
	10.05.2010	Amonyum Nitrat (% 26 N)	300
2011	05.05.2011	Kompoze (15-15-15)	400
	31.05.2011	Amonyum Nitrat (% 26 N)	300

3.2.4.4. Bakım ve tarımsal mücadele

Her iki deneme yılında çimlenme ve çıkışı takiben bitki boyu 8-10 cm olduğunda seyreltme yapılmıştır. Bitkiler 25-30 cm boya ulaşınca yabancı ot mücadelesi için el çapası ve çapa makinası kullanılmıştır.

Hastalık belirtileri gösteren ayçiçeği bitkileri laboratuvara getirilerek, gerekli makroskopik ve mikroskopik incelemeler sonucu hangi uygulamalardan hangi hastalıkların geliştiği kayıt edilmiştir. Laboratuvara getirilen bitki örnekleri makroskopik olarak incelenmiş ve ardından enfekteli yüzeylerde veya enfekteli alanların kesitlerinde hif, spor vb. fungal yapıların varlığı mikroskopik olarak belirlenmiştir (Barnett ve Hunter,1972).

Kuş zararına karşı parsellerde seçilen bitkilerde tabla oluşum dönemi başlangıcında beyaz bez torbalar ile tablalar korunmuştur.

İzolasyon çalışmalarında, infekteli doku parçaları %1'lik NaOCl'de yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra Patates Dekstroza Agar (PDA) içeren petrilere ekilerek ve 24°C'de inkübe edilmiştir. Ayrıca gerekli durumda infekteli dokular, yüzeyi % 70'lik alkolle dezenfekte edildikten sonra nem çemberine alınarak, yüzeysel misel ve spor oluşumu teşvik edilerek tanılama yapılmıştır. Obligat patojenlerin tanınması mikroskop altında spor ve misel yapıları incelenerek yapılmıştır. İzolasyonlar sonrasında veya doku yüzeylerinde gelişen fungal kitleler olası patojenlerin belirlenmesi amacıyla mikroskopik olarak incelenmiştir. Bunun için hiflerin bölmeli veya bölmesiz oluşu, dallanma şekli, konidiofor yapısı, konidi oluşumu, konidilerin şekli, rengi ve büyüklüğü, sporangium, zoospor, piknidium,

askokarp v.b. spor yapıları gibi fungal dokuların varlığı ve özellikleri incelenmiştir (Alexopoulos, 1966; Barnett ve Hunter,1972).

Deneme yıllarında ayçiçeği bitkisinde çapalama ve yabancı ot kontrolü, boğaz doldurma işlemi CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde girdi dosyasına herbir deneme yılı için kaydedilmiştir.

3.2.4.5. Sulama

İlk deneme yılında sulamalara 18.05.2010 tarihinde (ekimden sonraki günler (DAS) 47)), ikinci deneme yılında ise 07.06.2011 tarihinde(DAS 33) başlanmıştır. Sulamalar sırasıyla 28.07.2010 tarihinde (DAS-117) ve 29.08.2011 tarihinde (DAS-116) sonlandırılmıştır. Toplam sulama sayıları CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3 konularına sırasıyla, 17, 8 ve 5 iken, ikinci deneme yılında 19, 9 ve 6 olarak gerçekleşmiştir.

3.2.4.5.1. Damla sulama sistemi

Damla sulamada kullanılan lateraller her bitki sırasına bir damla sulama laterali gelecek şekilde yerleştirilmiştir (lateral aralığı 0.70 m). Deneme alanı topraklarının orta ağır bünyeli olması ve ortalama infiltrasyon hızının (7 mm/h) olması nedeniyle damlatıcı aralığı 0.25 m, damlatıcı debisi ise 4 l/h olacak şekilde düzenlenmiştir.

3.2.4.5.2. Konulara uygulanan sulama suyu miktarı

Araştırmada üç farklı yığışımlı buharlaşma miktarına ulaşıldığında damla sulama sistemi ile sulamalar başlatılmıştır. Class A Pan'dan oluşacak yığışımlı buharlaşma miktarının uygulanacağı parseller $IL_{1.00}=1.00$ tam sulama konusunu oluştururken; diğer konulara ise anılan konunun $IL_{0.50}= 0.50$, $IL_{0.75}=0.75$, $IL_{1.00}=1.00$ ve $IL_{1.25}=1.25$ 'i uygulanmıştır. Ayrıca susuz konu kontrol parseli olarak oluşturulmuştur. Sulama suyu deneme alanında kurulu açık su yüzeyi buharlaşma değeri kullanılarak aşağıdaki Eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$I = Ep \times SD \times A \quad (3.1)$$

Burada; I , sulama suyu miktarı (mm), Ep : öngörülen dönemde oluşan yığılımlı buharlaşma miktarı (mm), SD , sulama düzeyi (%), A : alan (m^2)'dir.

Damla sulama parsellerinde bitkinin çimlenme ve çıkış periyodunun tamamlanması ile sulama programlaması planlanmış iken, ilk deneme yılında anılan dönemde düşen yağış miktarı nedeniyle ayçiçeği bitkisinin çimlenme ve çıkışı sağladıktan sonra erken vejetatif (bitki birkaç yapraklı olduğunda) döneminde konulu sulama programına başlanılmış, ayçiçeği bitkisi olgunlaşma dönemine ulaştığında sona erdirilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise bitki çıkışını takiben erken vejetatif dönemde sulama programı başlatılmış ve ayçiçeği bitkisi olgunlaşma dönemine sona erdirilmiştir.

3.2.4.6. Gözlemler ve ölçmeler

Büyüme dönemi süresince konulara göre fenolojik gözlemler çimlenme ve çıkıştan itibaren yapılmış, ayçiçeği bitki gelişim devreleri belirlenmiştir. Ekimden itibaren her bir sulama öncesi gravimetrik toprak örnekleri ve nötronmetre okumaları nem belirlemek amacıyla 0-90 cm toprak profilinde gravimetrik ve nötron yöntemiyle düzenli aralıklarla gözlenmiştir. Deneme alanı topraklarının 30 cm'lik katmanlar halinde 0-30, 30-60, 60-90 cm derinlikleri için nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri çıkarılmıştır. Ayrıca ayçiçek bitkisinde; toplam verimin yanı sıra, bitki boyu, bitki sap çapı, tabla çapı, tabladaki çekirdek sayısı, bindane ağırlığı, iç/kabuk oranı, yaprak alan indeksi (LAI), hastalık gözlemi, yağ analizleri belirlenmiştir. Deneme konularında ayçiçeği bitkisinin su tüketiminin belirlenmesinde aşağıda Eşitlik 3.2'de verilen su dengesiden yararlanılmıştır (Garrity ve ark., 1982). Etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır.

$$ET=I+P-Dp-R\pm\Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte; *ET*: bitki su tüketimi (mm); *I*: sulama suyu miktarı (mm); *P*: yağış (mm); *Dp*: derine sızma (mm); *R*: yüzey akış (mm); ΔS : kök bölgesinde toprak su içeriğinde değişme (dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama) farkıdır (mm).

3.2.4.7. Hasat

Herbir parselde yer alan 5 bitki sırasından kenarlardan birer sıra ve başlardan 1.0 m değerlendirme dışı bırakılarak 2.10m x 6m=12.6 m² alandaki bitkilerde hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneme yıllarına ilişkin hasat tarihleri sırasıyla 05.08.2010 ve 05.09.2011'dir. Belirtilen hasat tarihleri CROPGRO-Ayçiçeği modelinde girdi dosyasına her bir deneme yılı için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

3.2.5. Toprak nemi ölçümleri

Tüm deneme konularında toprak suyu gözlemleri, ilk katmanda (0-30 cm) gravimetrik yöntemle, 30-90 cm arasında ise 30 cm'lik katmanlarda nötron yöntemiyle her bir sulamadan önce yapılmış ve hasada dek sürdürülmüştür. Bu amaçla her parselin ortasına bir adet nötron borusu 90 cm derinliğe dek yerleştirilmiştir. Nötron sayımları 15 saniye süre ile yapılmış ve anılan sayımlarda Campbell Pasific Nuclear Corp tarafından yapılmış BF3 (nötron kaynağı Americium-Berilium) dedektör tüpü içeren CPN 503 Hydroprobe, DR tipi nötronmetre kullanılmıştır.

Standart okumalar, su doldurulmuş varilde yapılmıştır. Her okumada 12 standart sayım yapılmış, en büyük ve en küçük değerler atılarak, 10 okumanın ortalamaları alınmış ve elde edilen değer ölçümün standart sayımı olarak göz önüne alınmıştır. Gerçek ve standart sayımların birbirine oranlanması ile bulunan

sayım oranları, kalibrasyon denkleminde kullanılarak her bir katmandaki nem düzeyi kestirilmiştir.

Herbir katman için belirlenen kalibrasyon eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

$$Y=44.51x+9.73 \quad R^2=0.69^{**} \quad (0-30 \text{ cm})$$

$$Y=37.16x+12.71 \quad R^2=0.72^{**} \quad (30-60 \text{ cm})$$

$$Y=46.88x+9.83 \quad R^2=0.89^{**} \quad (60-90 \text{ cm})$$

3.2.6. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)

Su kullanım etkinliği daha çok ekonomik bir yaklaşım olmakla birlikte Turner ve Burch (1983) tarafından, kuru madde üretiminde kullanılan su miktarının hesaplanmasında yararlanılan bir oran olarak kabul edilmektedir. Konulara ilişkin toplam su kullanım etkinliği; su tüketimi değerleri, sulama suyu kullanım etkinliği ise sulama suyu değerleri esas alınarak Eşitlik 3.3'den hesaplanmıştır. Çalışmada Howell ve ark. (1990) tarafından verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.3)$$

Burada; *WUE*: Su kullanım etkinliği (kg m^{-3}); *Y*: Ekonomik verim (kg); *ET*: Bitki su tüketimi, (m^3)'dir.

Hesaplamalarda ekonomik verim yerine, birim alandan elde edilen toplam verim değerleri kullanılmıştır.

Sulama suyu kullanım etkinliği ise Eşitlik 3.4'den hesaplanmıştır (Howell ve ark. 1990).

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.4)$$

Eşitlikte; $IWUE$: Sulama suyu kullanım randımanı (kg m^{-3}); Y : Toplam verim (kg); I : Uygulanan sulama suyu miktarı (m^3)'dır.

3.2.7. Yağ Analizleri

Çalışmada % yağ analizleri analizleri Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünce yapılmıştır. Yağ içeriği gaz chromatograph ile konvensiyol metodla belirlenmiştir (Erdemoğlu ve ark., 2003).

3.2.8. Analiz ve değerlendirme Metotları

Her yıl ayçiçek bitkisinden elde edilen toplam verim, ölçüm ve tartımlarla belirlenen bitki boyu, bitki sap çapı, tabla çapı, tabladaki çekirdek sayısı, bindane ağırlığı, iç/kabuk oranı, yağ analizlerine ait bulguların değerlendirilmesi tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüş ve varyans analizleri Yurtsever (1984)'de belirtilen esaslara göre MSTATC istatistik paket programında yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların etkisini görebilmek için konular LSD (Asgari önemli fark) testi ile kontrol edilmiştir.

3.2.9. DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli hakkında genel bilgiler

Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Agroteknoloji Transferi için Karar Destek Sistemi (DSSAT), 42 bitki için dinamik bitki büyüme simulasyon modellerini içeren yazılım uygulama programıdır (Hoogenboom ve ark., 2019). DSSAT sistemi iklim, toprak, genetik, ürün yetiştirme yönetimi ve gözlemsel deneysel veriler için bir dizi yardımcı program ve uygulama tarafından desteklenir ve tüm bitki modelleri için örnek veri kümeleri içerir.

Bitki simulasyon modelleri, toprak-bitki-atmosfer dinamiğinin bir fonksiyonu olarak büyüme, gelişme ve verimi tahmin etme özelliğine sahiptir. DSSAT sistemi ile genetik modellemeden, tarla denemelerinin değerlendirilmesine, hassas tarım uygulamalarının değerlendirilmesi, iklim

değişkenliği ve iklim değişimi etkisinin bölgesel değerlendirmelerine kadar birçok uygulamada kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2015). DSSAT, 30 yılı aşkın bir süredir dünya genelinde 150'den fazla ülkede araştırmacılar, eğitimciler, danışmanlar, yayım şirketleri, çiftçiler, özel sektör, politika ve karar vericiler tarafından kullanılmaktadır.

DSSAT, ilk olarak, tarımsal araştırmalara sistem yaklaşımında bitki modellerinin uygulanmasını kolaylaştırmak için Uluslararası Tarımsal Teknoloji Transferi Siteleri Ağı projesinde (IBSNAT, 1993; Tsuji, 1998; Uehara, 1998; Jones ve ark., 1998) işbirliği yapan uluslararası bir bilim adamları ağı tarafından geliştirilmiştir. İlk gelişimi, üretim teknolojisini bir yerden toprak ve iklimin farklı olduğu diğer yerlere transfer etme konusunda daha iyi kararlar almak için toprak, iklim, bitkiler ve yönetim hakkındaki bilgileri bütünleştirme amacıyla yapılmıştır (IBSNAT, 1993; Uehara ve Tsuji, 1998). Şu anda kullanılan güncel sürümü ise DSSAT 4.7.5 2019 yılında yayınlanmıştır (Hoogenboom ve ark. 2019).

DSSAT, tarım ürünlerine yönelik artan talepler ve toprak, su ve diğer doğal kaynaklar üzerindeki artan baskılar nedeniyle, her düzeyde tarımsal karar alma süreçlerine yardımcı olacak bir araç haline gelmiştir. Geleneksel tarımsal araştırma yöntemleri ile yeni verilerin üretilmesi ve yayınlanması, artan bu ihtiyaçları karşılamada yeterli olmadığından, geleneksel arazi denemeleri zaman alıcı ve pahalı olması nedeniyle modellerin kullanımı bir ihtiyaç haline gelmiştir (Ahmad ve ark., 2013)

DSSAT bir bilgisayar yazılım programı olup, toprak, bitki, iklim verilerini birleştirerek, içerdiği bitki büyüme modelleri ile gerek uzun yıllık gerekse yıllık üretim stratejileri tahmin edebilir. DSSAT ayrıca, bitki büyüme modellerinin geçerliliğini test edebilir. Böylece model kullanıcıları ölçülen değerler ile model tahmini değerlerini karşılaştırabilir. Modelin geçerliliği minimum veri dosyası ile yapılabilir. Model çalıştırılması ile elde edilen model çıktıları gerçek ölçüm değerleri ile kıyaslanabilir. DSSAT modelinin bileşenleri Şekil 3.1'de

gösterilmiştir. Modelde gerekli başlıca veri dosyaları iklim, toprak, bitki genetiği, hastalık, deneme detayları ve ekonomik parametreleri kapsamaktadır.

DSSAT 4.7.5 kullanıcıların simülasyon için veri kümelerini hazırlamalarına, büyük veya karmaşık simülasyonları çalıştırmalarına ve sonuçları analiz etmeye yardımcı olacak bir dizi araç içerir. Model deneysel veri programı olup, sezon sonunda bir kez ölçülen fenolojik gözlem veya hasatta verim ile sezon boyunca birden fazla tarihte alınan bitki büyüme / toprak suyu / toprak veya bitki N ölçümleri gibi topladığınız bitki ölçüm verilerine kolayca girmek için kullanılır. Arazi ölçüm verileri kullanılarak model ile deneme sonuçları test edilebilir, modelin performansı değerlendirilebilir.

Bitki büyüme modelinin iyi sonuç verip vermediği ancak model sonuçları ve arazi ölçümlerinin değerlendirilmesi ile belirlenebilir. Bitki büyüme modellerinin değerlendirilmesinde; deneme yerine, toprağın özelliklerine, başlangıç koşullarına, iklim durumuna, tarımsal uygulamalara ve arazide yapılan ölçümlere gereksinim duyulmaktadır. Değerlendirme, yalnız bir uygulamanın olduğu çiftçi koşullarında yapıldığı gibi değişik iklim ve farklı uygulamalarda da yapılabilir (Jinghua ve Erda, 1996).

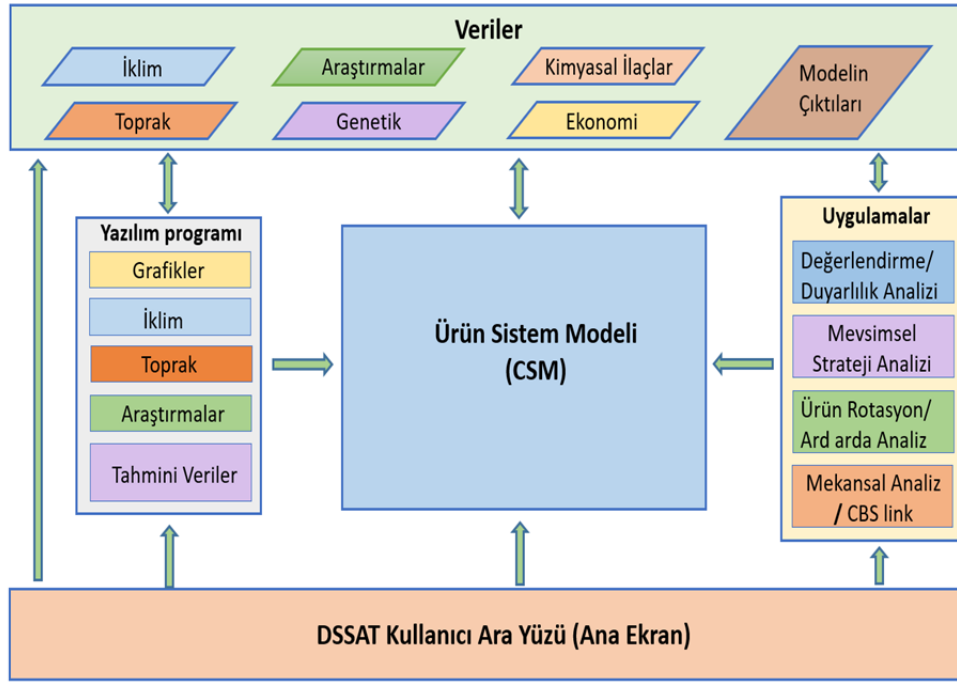
Kullanıcı model içerisinde planladığı analiz doğrultusunda gerekli girdileri sağlayarak detaylı sonuçlar elde edebilir. Model diğer pek çok modelde olduğu gibi iklim, bitki, toprak, yetiştirme tekniği ve toprak-bitki-atmosfer etkileşimini matematiksel eşitliklerle hesaplamaktadır. DSSAT 40'tan fazla bitki için dinamik bitki büyüme modellerini içeren yazılım uygulama programıdır. DSSAT, 30 yılı aşkın bir süredir dünya genelinde 150'den fazla ülkede araştırmacılar, eğitimciler, danışmanlar, yayım şirketleri, çiftçiler, özel sektör, politika ve karar vericiler tarafından kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019). DSSAT toprak-bitki-atmosfer dinamiğinin bir fonksiyonu olarak büyüme, gelişme ve verimi tahmin etme özelliğine sahiptir. Bitki büyümesi, gelişme, verim, sulama ve N alımını karakterize etmek için yaygın kullanılan model paketidir (Yakoub ve ark., 2017). DSSAT modeli, dünya çapında çeşitli iklim koşullarında farklı yetiştirme

koşullarında sulama programı (Rinaldi ve ark., 2003; Todorovic ve ark., 2009; Kadiyala ve ark., 2015; Rötter ve ark., 2012; López-Cedrón ve ark.), gübre yönetimi (Li ve ark., 2015; Salmerón ve ark., 2014), iklim değişimi etkisini (Nasim ve ark., 2016; Kadiyala ve ark., 2021) saptamak amaçlı kullanılmaktadır. Model ile gerek uzun yıllık, gerekse yıllık üretim stratejileri tahmin edebilir. Ayrıca, model kullanıcıları ölçülen değerler ile modelin tahmini değerlerini karşılaştırarak, karar vermede yardımcı olabilir.

Dünyada çoğu alanlarındaki su kaynaklarının yıldan yıla ve bölgeden bölgeye değişmesi, bitkilerin yetiştirme mevsimin ve alanlarını sınırlamaktadır. Su kaynağı yanında iklimde de görülen değişimler, çiftçiler için risk oluşturmaktadır. İklim, bitki, toprak parametrelerini toprak-su dengesine ilişkilendiren modeller, tarımdaki riskleri en aza indirmede ön bilgiler sunar. Anılan modellerden CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planların risk analizinde, yetiştirme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin kararında, büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

DSSAT, birlikte çalışan bağımsız programların bir koleksiyonudur; bitki benzetim modelleri merkezindedir (Şekil 3.1). Veritabanları, modelleri farklı durumlara uygulamak için iklim, toprak, deneme koşulları, ölçümleri ve genotip bilgilerini tanımlar. Yazılım, kullanıcıların bu veritabanlarını hazırlamalarına ve modellere güven vermeleri veya doğruluğu artırmak için modifikasyonların gerekip gerekmediğini belirlemeleri için simüle edilmiş sonuçları gözlemlerle karşılaştırmasına yardımcı olur (Uehara, 1989; Jones ve ark., 1998). Ek olarak, DSSAT'ta yer alan programlar, kullanıcıların her bir seçenekle ilişkili riskleri değerlendirmek için birkaç yıl boyunca yetiştirme tekniği seçeneklerini simüle etmesine olanak tanır. Farklı modellerin, yardımcı programların ve uygulamaların birleşimi özellikle de girdi ve çıktı dosyalarını biçimlendirmenin zorluklarıyla ilgili kolay erişim sağlayan benzersiz bir arabirimin geliştirilmesini entegre bir bitki modelleme platformu ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1)(Jones ve ark., 1998).

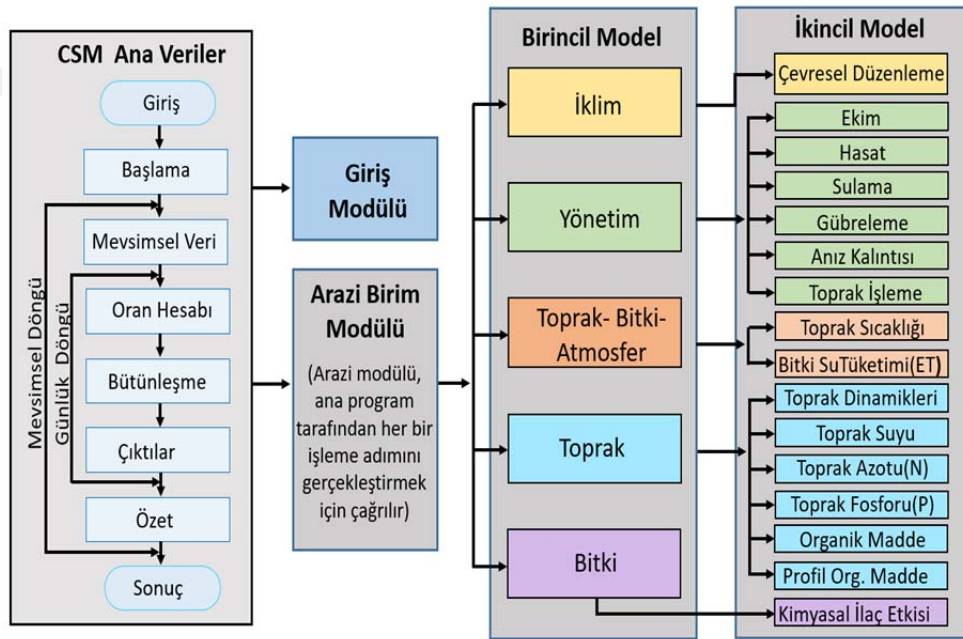
DSSAT bitki benzetim modeli bünyesinde kullanıcılara destek olabilecek farklı yardımcı programlar da yer almaktadır. Model bünyesinde uzun yıllar analizi, ekonomik analiz ve bitki rotasyonu gibi analizlere de imkân tanınmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. DSSAT modüler yapısı ve bileşenleri (Hoogenboom ve ark., 2019)

DSSAT modelinin diğer bir önemli avantajı ise çok büyük bir veri tabanına sahip olmasıdır. Model veri tabanında daha önce uygulanmış pek çok araştırmaya yönelik bitki çeşidine genetik katsayılarını, yetiştirme tekniği bilgilerini, toprak veri tabanını, meteorolojik parametrelere ilişkin veri tabanlarının kullanımı model aracılığı ile kullanıcılara kolaylıkla sağlamaktadır. Modelde kullanıcının istekleri doğrultusunda pek çok parametre özelinde ayrıntılı çıktı alınabilmektedir (Şekil 3.2).

DSSAT bitki benzetim modelinde hesaplamalar iklim, yetiştirme tekniği, toprak-bitki-atmosfer etkileşimi, toprak ve bitki olmak üzere 5 ana kategoride gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.2). Kullanıcının gerekli girdi parametrelerini sağlayabilmesi durumunda pek çok parametreye yönelik modelleme yapabilme kabiliyetine sahip olan DSSAT, temel hesaplamaları gerçekleştirebilmek için belirlenmiş bazı minimum parametreleri girdi olarak ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 3.2. DSSAT bitki büyüme modelinde iş akış şeması (Hoogenboom ve ark., 2019)

3.2.9.1. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modeli

Dünyada çoğu alanlarındaki su kaynaklarının yıldan yıla ve bölgeden bölgeye değişmesi, bitkilerin yetişme mevsimin ve alanlarını sınırlamaktadır. Su kaynağı yanında iklimde de görülen değişimler, çiftçiler için risk oluşturmaktadır. İklim, bitki, toprak parametrelerini toprak-su dengesine ilişkilendiren modeller, tarımdaki riskleri en aza indirmede ön bilgiler sunar. Anılan modellerden

CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planların risk analizinde, yetiştirme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin kararında, büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modelinin amacı kullanıcılara ürün tahmini yapmak olduğundan modelin başarısı, verimi belirleyen temel özelliklere etki eden etmenlere bağlıdır. Bu etmenler; iklim, bitki gelişme dönemleri, genetik özelliği; bitki organlarının (sap ve yaprak) büyümesi, gelişmesi, sararması ve kuru madde miktarları; bitkinin büyüme ve gelişme dönemlerindeki su ve azot eksikliğidir (Hoogenboom ve ark., 2019).

CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modeli yarı mekanistik yapıya sahip olup günlük bazda çalıştırmak mümkündür. Modelden ayrıca biyolojik ayrıntı, toprak-su dengesi, bitki büyüme ve gelişimi, azot dinamiği hakkında da bilgi elde edilebilir.

Modelin doğru kestirimler yapabilmesi için iklim, çevre ve bitki genetiğine ilişkin çok sağlıklı ölçümlere gereksinim vardır. Araştırmada ele alınan konuların verim ve verim öğeleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için CROPGRO-Ayçiçeği bitki büyüme modelinin V 4.7.5 nolu geliştirilmiş tipi kullanılacaktır.

Tarımsal işletmecilikte, CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanıcıların farklı sulama tarihleri ve sulama miktarları sunarak en iyi sulama stratejilerini seçme ve karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Anılan modelde, sulama programları değiştirilerek sonuçları karşılaştırma olanağı da bulunmaktadır. Söz konusu model ile kullanıcılara, toprak suyu belirli bir değere düştüğünde sulamanın yapılması gerektiğini bildirmektedir (Jones ve Ritchie, 1990; Hoogenboom ve ark., 2019).

CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modeli Uluslararası Tarımsal Teknoloji Grubu (IBSNAT) tarafından OILCROP-SUN V4.7.5, geliştirilmiştir. Model içerisinde tanımlanan bitkilerin iklim, toprak, bitki yetiştirme tekniği ve bitki genetiğinin fonksiyonu olarak büyüme, gelişme ve verimi kestirilebilir. Model Fortran 77 dilinde yazılmış ve günlük zaman aralığında modeli çalıştırmak mümkündür (Ritchie ve Otter, 1985).

DSSAT'ın önceki bazı versiyonlarının aksine, en son şu andaki DSSAT 4.7.5 sürümünde Bitki Sistem modelini (Cropping System Modeling: CSM) kullanmaktadır. CSM bileşenlerinin bilimsel disiplin çizgileri boyunca ayrıldığı ve modüllerin değiştirilmesine veya eklenmesine izin veren ara yüzlere sahip olduğu modüller bir formatta yapılandırılmıştır (Şekil 3.2). CSM ile tüm bitki modellerini tek bir toprak modülü ve tek bir iklim modülü kullanan modüller olarak kullanılabilir. CSM artık orijinal SOYGRO, PNUTGRO, CERES-Mısır ve CERES-Buğday bitki büyüme modellerinden türetilen 40'tan fazla bitki modelini içermektedir. (Hoogenboom ve ark., 2019). Bu sistemdeki değişiklik ile daha önce OILCROP-SUN olan ayçiçeği modelinin CSM-CROPGRO-Ayçiçeği ile değiştirilmesiyle sonuçlanmıştır. DSSAT model ailesinde yer alan CROPGRO-Ayçiçeği modeli fotosentez süresindeki yapraklarda gerçekleştirilen karbon asimilasyonu tabanlı bir model olarak tanımlanmaktadır.

CSM-CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 dünyada ayçiçeği herhangi bir yerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Modelin büyüme, gelişme ve verimi daha doğru kestirebilmesi için aşağıdaki süreçlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Bunlar:

- Genetik ve iklim faktörlerinden etkilenen fenolojik gelişme dönemleri,
- Bitki organlarının (yaprak, sap, kök) büyüme mevsimi süresince değişimi,
- Kuru madde birikiminin bitki organlarına göre dağılımı,
- Toprak-su dengesi ve bitki tarafından kullanılan su miktarı,
- Toprakta azot transformasyonu, bitki tarafından alınan azot ve bunun bitki organlarına göre dağılımıdır (Hoogenboom ve ark., 2019).

CSM-CROPGRO-Ayçiçeği bitki büyüme modelinin diğer modellerinde bulunmayan, modelin mekanik temellerini güçlendirmeye yönelik bir dizi ayırt edici özelliğe sahiptir. Model ile sıcaklık, ışıınım ve kullanılabilir suyun bitki

gelişimi ve verimi üzerindeki etkileri simule edilirken, kullanılan mantık kısmen diğer modellerde kullanılanlardan farklıdır. Modelin DSSAT (IBSNAT, 1989) karar destek yazılımıyla uyumlu olması, yönetim stratejisi değerlendirme analizlerinin model kullanılarak çok yıllık iklim verileri kayıtlarıyla birlikte yapılmasına izin vermesidir. Model tarafından kullanılan toprak ve iklim verileri için standartlaştırılmış giriş formatları DSSAT için belirtilen formatlardır.

CSM-CROPGRO-Ayçiçeği günlük zaman adımı vardır; içinde bitki gelişimi hava sıcaklığı ve fotoperiyot ile kontrol edilir. Bitkide günlük biyokütle artışı, bitki tarafından tutulan ışık ile belirlenir. Hava sıcaklığı, mevcut su ve azotun arz / talep oranları ile modüle edilir. Bitki organlarının uzaması, organ büyüme potansiyeline ve organa ayrılan yeni biyokütlenin bulunmasının getirdiği sınırlamalara ve ayrıca sıcaklık, su ve azotun etkilerine bağlıdır. Verim, tane sayısı ve tane ağırlığının sonucu olarak modellenir (Villalobos ve ark., 1996).

Bitkide yaprak alanı bitki yoğunluğuna ve yapılan kültürel işlemlere bağlı olarak görünüşü, uzaması ve yaşlanması değişmektedir. Modelde, bitki başına yaprak alanındaki günlük artış, hava sıcaklığı, kullanılabilir su ve azot arz / talep oranlarını desteklemek için biyokütlenin kullanılabilirliğidir. Bitki başına potansiyel yaprak büyümesi (yani, optimum su seviyesine yakın yeterli su, besin ve radyasyon kaynağı olan ve rekabet olmadan büyüyen bir bitki için beklenen yaprak alanındaki günlük artış) büyüyen yaprak sayısına ve büyüyen yaprakların genişleme oranı potansiyeline bağlıdır. Büyüyen yaprak sayısı, yaprak görünüm oranının ve yaprak genişleme süresinin bir fonksiyonudur (Villalobos ve ark., 1996).

3.2.9.2. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli minimum veri seti (MVS)

CROPGRO-Ayçiçeği modelini çalıştırmak için gereken girdi verileri, günlük iklim verilerini (maksimum ve minimum sıcaklık, yağış ve güneş radyasyonu); detaylı toprak verileri (fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikler); bitki gelişimi ve gelişme dönemleri verileri (Aguera ve ark., 1997; Tyagi ve ark.,

2000; Anothai ve ark., 2008; Hoogenboom ve ark., 2010); ve bitki popülasyonu, sıra aralığı, ekim derinliği, gübre ve sulama uygulaması gibi yetiştirme tekniği ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyar (Çizelge 3.8).

Bir bitki benzetim modelini çalıştırmak için, minimum bir veri seti gereklidir. Buradaki zorluk, bitki modeli kullanıcıları tarafından elde edilmesi kolay olan ve aynı zamanda kabul edilebilir benzetim sonuçları sağlayan bir Minimum veri seti (MVS) tanımlamaktır. Ancak, farklı ülkelerde geliştirilen büyüme modellerinde MVS anlamında standart bir tanım hiçbir zaman gerçekleşmemiştir (Hunt ve ark., 1994). MVS, günlük iklim verilerini, toprak profili bilgilerini, bitki yetiştirme tekniğine ilişkin bilgileri ve simulasyonun başlangıcındaki mevcut koşullarını tanımlanmasını gerektirir. Modelde MVS'nin oluşturulmasında bitki genotip * çevre * bitki yetiştirme tekniği interaksyonu dikkat alınarak oluşturulmuştur (Hoogenboom ve ark., 2012).

Modelde benzetimleri yapabilmek için toprak verileri, iklim verileri, bitki yetiştirme tekniğine ait bilgiler ve kullanılan bitki çeşidine göre değişen genetik katsayılardan oluşan dört farklı gruba ayrılan verilerin hazırlanması gerekir. İki yıl yürütülen ayçiçeği projesinden elde edilen büyüme, verim ve bileşenlerine ait veriler, DSSAT V4.7.5 CROPGRO-Ayçiçeği modelini kalibre etmek ve geçerliliği doğrulamak için kullanılmıştır.

Çizelge 3.8. CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 Bitki Büyüme Modelinin Çalıştırılmasında Gerekli Minimum Veri Seti

Parametre	Gerekli minimum veri seti
İklim	Günlük maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, solar radyasyon
Deneme yeri	Toprak sınıflaması, enlem, boylam
Deneme	Başlangıç tarihi, parsel ve konuların tanıtımı, var ise önceki bitkiden kalan artık bitki miktarı (residue)
Toprak gübresi	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 toprak su değişimi
Bitki çeşidi	Çeşidin adı, sıra aralığı, bitki populasyonu, ekilen tohum derinliği
Gübre	Gübreleme tarihi, kullanılan gübre miktarı ve tipi
Sulama	Sulama tarihi, uygulanan sulama suyu miktarı
Gelişme dönemleri	Modelce 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

3.2.9.2.1. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli iklim verileri

Model içerisinde yer alan dosyalar, çıktı ve deneme performans verileri olmak üzere düzenlenmiştir. Deneme performans dosyaları, yalnızca simulasyon sonuçlarını belirli bir denemeye ilişkin sonuçlarla karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Modeldeki çıktı dosyaları ise kullanıcıya seçilen belirli bir uygulama için gerekli olan bilgiyi sağlamaktadır. Modelde tanımlanması gereken dosyalar dört farklı gruba ayrılmıştır. Bunlar; denemeyi tanımlayan bilgiler, iklim, toprak ve kullanılan bitki çeşidine göre değişen genotip özelliklerdir (Şekil 3.3). Modelde yer alan denemelerin yer tanımı (enstitü), deneme adı, bitki kodu, denemenin yürütüldüğü yıl gibi özelliklerin tanımlanması gerekir.

Model içerisinde yer alan WTH.LST dosyaları denemenin yürütüldüğü dönemlerdeki her bir yöreye ilişkin günlük iklim verilerini içermektedir. Modelde

başlıca tanımlanması gereken dosya FILEX'dir (Şekil 3.4). Simüle edilecek her bir denemeye ilişkin tanımlar bu dosyada belirtilmelidir. Bu dosyada yer alan değerler gözlenmiş değerler ya da simulasyon için tanımlanmış varsayıma dayalı değerlerdir. Dosyada denemenin adı, denemede kullanılan konuların tanımı, kullanılan bitki çeşidi, bitki kodu ve adı, denemenin yürütüldüğü yerdeki toprak ve iklim istasyonunun tanımı, toprak analiz sonuçları, denemenin başlangıcındaki toprak profilinde bulunan mevcut azot ve su durumu, deneme öncesinde ekili bitkiden artan kalan kök miktarı, ekim tarihi, ekim derinliği, bitki sıra arası uzunluğu, bitki yoğunluğu, sulama tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarı, gübreleme tarihi, uygulanan gübre dozu ve uygulanan gübrenin modelde tanımlanan kodu, kullanılan artık sap, yeşil ve hayvan gübresine ilişkin veriler, uygulanan herbisit ve pestisitlerin uygulama tarihleri, çevresel modifikasyonlar (örneğin; sabit gün uzunluğu, gölgeleme, sabit sıcaklık vb.), toprak işleme detayları, toprak işleme biçimi, hasat tarihi, simulasyona başlama tarihi, model bileşenleri için su ve azot dengesi, çıktı aralığının tanımlanması gerekir (Hoogenboom ve ark., 2019).

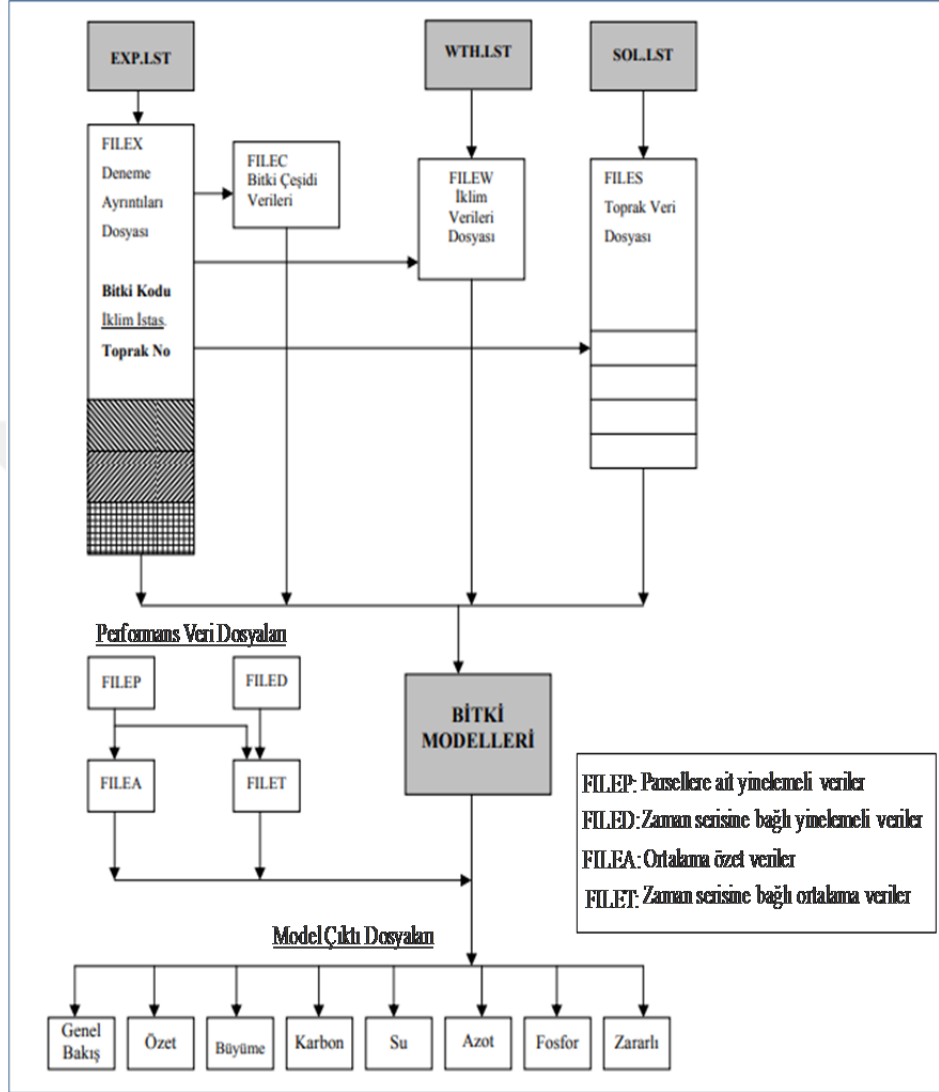
Burada açıklanması gereken, herhangi bir simulasyonda yukarıda açıklananlardan yalnızca birkaçı yeterli olmaktadır. Ancak, simulasyon için gerekli minimum veri (toprak-su ve azot dengesi kullanılmadığı ve herhangi bir su, bitki besin maddesi ya da zararlı stresi söz konusu olmadığında); deneme adı ve denemede yer alan konular, kullanılan çeşit, denemenin yürütüldüğü yere ilişkin bilgiler, ekim tarihi, ekim derinliği, bitki yoğunluğu ve simulasyon kontrol bölümleri yeterli olmaktadır.

İklim verilerinin büyüme mevsimi süresince (ekimden hasada dek) günlük bazda tanımlanması gerekmektedir. İdeal olarak, iklim dosyalarında (FILEW) gereken günlük verilerin ekim tarihinden önce ve hasattan sonraya dek yer alması modelin ekim sırasındaki toprak koşullarını tahmin etmeye olanak sağlar. Ayrıca, bu şekilde hazırlanan iklim dosyası kullanıcının alternatif ekim tarihi seçmesine izin verir. Yine modelde uzun yetiştirme periyoduna sahip bitkiler duyarlılık analizi

ile test edilebilir (Şekil 3.3). Modelde yer alan iklim dosyasında; iklim istasyonun adı, bulunduğu ülke, enlem, boylam, kot, yıllık ortalama sıcaklık, sıcaklık ve rüzgar ölçümünün yapıldığı yüksekliğin yanı sıra DSSAT V4.7.5 için gereken günlük bazda minimum veriler; solar radyasyon, minimum ve maksimum sıcaklık, yağıştır. Eğer çiğlenme noktası sıcaklığı, rüzgar hızı, fotosentetik aktif radyasyon değerleri de mevcut ise modelde iklim dosyasına eklenebilir.

Modelde benzetim yapabilmek için günlük bazda maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, solar radyasyon değerlerine gereksinim vardır. İstenirse rüzgar hızı ve nem değerleri de eklenebilir. Ayrıca, denemenin yürütüldüğü yerin tanımı, iklim istasyonun adı, bulunduğu ülke, çalışmanın yapıldığı yerin coğrafik bilgileri (enlem, boylam ve deniz seviyesinden yüksekliği) bilgi amaçlı modele tanımlanması gerekir. Radyasyon değerlerinin her yerde ölçülmesi uygun olmadığına, modelde Priestley-Taylor eşitliği ile fotosentez ve potansiyel terlemenin doğru simule edilmesi mümkün değildir (Priestley ve Taylor, 1972). Model içerisinde iklim verileri WTH.LST dosyaları içerisinde tanımlanmalıdır.

Model içerisinde iklim verilerini tanımlaması, iklim dosyalarının modele girilmesine ve biçimlendirilmesine için WeatherMan alt programı kullanılmaktadır (Şekil 3.4). Model kullanıcıları, tercihen farklı kaynaklardan elde ettiği iklim verilerini modele tanımlayabilmektedir. Ayrıca, WeatherMan ile, CSV ve ASCII modunda hazırlanmış iklim verileri modele yüklenebilir. WeatherMan ile eksik iklim verilerin kestirilerek iklim veri tabanı düzenlenebilir. (Hoogenboom ve ark., 2019).



Şekil 3.3. CROPGRO-Ayçiçeği bitki büyüme modelinde kullanılan girdi ve çıktı dosyaları

Çıktı dosyalarının sayısı simülasyon yapılan denemenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Çıktı dosyası ile daha önce hazırlanan veriler (inputlar), bitki performansı ve eğer uygunsa gerçek (ölçülen) veriler ile karşılaştırma olanağı vardır. Bu dosyada; denemenin adı, enstitü kodu, deneme no, denemede hangi

konunun simule edildiği, bitki kodu, simulasyona başlama tarihi, ekim tarihi, bitki sıra aralığı, bitki yoğunluğu, iklim istasyonunun yeri ve yılı, toprak tekstürü ve numarası, deneme başlangıcında toprağın NH_3 , NH_4 ve mevcut su içeriği bakımından durumu, sulama programı, azot programı, gübreleme ve artık gübre uygulamasına ilişkin veriler, çevre faktörleri, simulasyon ve denemenin konularına bağlı olarak gereken bilgilerdir (Şekil 3.4).

İklim verileri deneme alanında kurulu otomatik iklim istasyonu ve Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ayrıca, 30 yıllık günlük iklim verileri (maksimum ve minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), toplam yağış (mm) ve solar radyasyon değerleri) duyarlılık analizinde kullanılmıştır. 2010 deneme yılında maksimum sıcaklık değerleri $7.9\text{-}40.0^{\circ}\text{C}$ arasında minimum sıcaklık değerleri ise $-2.0\text{-}25.6^{\circ}\text{C}$ aralığında değişmiştir. Aynı yıl toplam 632 mm yağış kaydedilmiştir. İkinci deneme yılında ise toplam 607.1 mm yağış, maksimum ve minimum sıcaklıklar ise sırasıyla $10.2\text{-}39.3^{\circ}\text{C}$ ve $-1.0\text{-}27.2^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir.

Modelde benzetim yapabilmek için günlük bazda maksimum ve minimum sıcaklık, yağış, solar radyasyon değerlerine gereksinim vardır. İstenirse rüzgar hızı ve nem değerleri de eklenebilir. Ayrıca, denemenin yürütüldüğü iklim istasyonun adı, bulunduğu ülke, alanın enlem, boylam ve deniz seviyesinden yüksekliğinde bilgi amaçlı tanımlanması gerekir. Model içerisinde iklim verileri WTH.LST dosyaları içerisine tanımlanmalıdır. Anılan değerler deneme alanında kurulu otomatik iklim istasyonu ve Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ayrıca, 30 yıllık günlük iklim verileri (maksimum ve minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), toplam yağış (mm) ve solar radyasyon değerleri) duyarlılık analizinde kullanılmıştır. 2010 deneme yılında maksimum sıcaklık değerleri $19.7\text{-}36.6^{\circ}\text{C}$ arasında minimum sıcaklık değerleri ise $1.9\text{-}26.2^{\circ}\text{C}$ aralığında değişmiştir. Aynı yıl toplam 154.4 mm yağış kaydedilmiştir. İkinci deneme yılında ise toplam 40.9 mm yağış, maksimum ve minimum sıcaklıklar ise sırasıyla $23.3\text{-}40.4^{\circ}\text{C}$ ve $13.0\text{-}25.6^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir.

3.2.9.2.2. CROPGRO-Ayçiçeği modeli için gerekli toprak profiline ilişkin veriler

CROPGRO-Ayçiçeği modelinde gerekli başlıca toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri her bir profil için tanımlanmalıdır (kaynak koy). Toprağa ilişkin parametreler; tarla kapasitesi, solma noktası, doyumluk, hacim ağırlığı, tekstürü belirleyebilmek için kil ve silt oranı, organik karbon, toplam azot, hidrolik iletkenlik ve drenaj katsayısıdır. Model çalıştırmak için yeterli verileri (TK, SN) sahip değilse, DSSAT modeli içerisinde yer alan SBUILD programı ile toprak ilişkin renk, eğim, geçirgenlik, drenaj karakteristikleri, bünye, hacim ağırlığı ve organik karbon değerleri her bir katman olarak modele tanımlandığında doyumluk oranı, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri her bir katman için tahmin edebilir (Şekil 3.4) (Hoogenboom ve ark., 2019).

Toprağın pH'ı, toprağın hacimsel su içeriği ve ölçülmüş ise deneme süresince toprak su değişimidir. Modelde silt ve kil içeriği tanımlanırken, kum içeriği ise $(100 - (\text{kum} + \text{silt}))$ eşitliğinden hesaplandığından modele dahil edilmemiştir (Jones ve ark., 2003).

Toprağa ilişkin verilerin yer aldığı dosyada (SOL.LST) yalnızca simülasyonla etkisi gözlenecek parametrelere ilişkin veriler yeterli olacaktır. Örneğin; Tarsus'ta olduğu gibi yalnızca sulama suyunun etkisi simüle edilecek ise toprağın fiziksel karakteristik özelliği yeterli olacaktır. Eğer çalışmada su ve azotun ortak etkisi simülasyonla belirlenmeye çalışıyor ise fiziksel özelliklerin yanı sıra topraktaki azot ve pH değerlerinin de dosyada yer alması gerekir. Fosforun etkisi gözleniyor ise tüm yukarıda belirlenenlere ek olarak fosfora ilişkin değişkenlerinde tanımlanması gerekir.

Her bir yetiştirme mevsimi öncesinde toprak profilinde ekimden önce azot düzeyi (amonyum ve nitrat durumu) belirtilmelidir Toprak profil özelliklerini içeren veriler, toprak suyu, azot, fosfor ve kök gelişim bölümlerinde kullanılmaktadır. Burada öncelikle toprak tekstürüne ilişkin tanımlar ve bilgiler verilmelidir. Toprak sınıflaması Kanada toprak sınıflandırma sistemine göre

yapılmaktadır. Ayrıca, coğrafik veriler toprak sınıflandırması ile verilmelidir (Soil Survey Staff, 1975) . Bunun yanı sıra derinlik ile değişmeyen toprak özellikleri (albedo ölçü tekniği gibi) verilmelidir. Daha sonra derinliğe göre veriler tanımlanmalıdır. Topraktaki organik karbon da diğer toprak özelliklerinin hesabında sıklıkla kullanıldığından bu dosyaya

Toprak profil özelliklerini içeren veriler, toprak suyu, azot, fosfor ve kök gelişim bölümlerinde kullanılmaktadır. Burada öncelikle toprak tekstürüne ilişkin tanımlar ve bilgiler verilmelidir. Toprak sınıflaması Kanada toprak sınıflandırma sistemine göre yapılmaktadır. Ayrıca, coğrafik veriler toprak sınıflandırması ile verilmelidir (Soil Survey Staff, 1975) . Bunun yanı sıra derinlik ile değişmeyen toprak özellikleri (albedo ölçü tekniği gibi) verilmelidir. Daha sonra derinliğe göre veriler tanımlanmalıdır. Topraktaki organik karbon da diğer toprak özelliklerinin hesabında sıklıkla kullanıldığından bu dosyaya dahil edilmiştir. Dosyada silt ve kil içeriği tanımlanırken, kum içeriği ise $(100-(\text{kum}+\text{silt}))$ eşitliğinden hesaplandığından modele dahil edilmemiştir (Jones ve ark., 2003).

Toprağa ilişkin verilerin yer aldığı dosyada (SOL.LST) yalnızca simülasyonla etkisi gözlenecek parametrelere ilişkin veriler yeterli olacaktır. Örneğin; Tarsus'ta olduğu gibi yalnızca sulama suyunun etkisi simüle edilecek ise toprağın fiziksel karakteristik özelliği yeterli olacaktır. Eğer çalışmada su ve azotun ortak etkisi simülasyonla belirlenmeye çalışıyor ise fiziksel özelliklerin yanı sıra topraktaki azot ve pH değerlerinin de dosyada yer alması gerekir. Fosforun etkisi gözleniyor ise tüm yukarıda belirlenenlere ek olarak fosfora ilişkin değişkenlerinde tanımlanması gerekir.

3.2.9.2.3. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde ürün yetiştiriciliğine ait gerekli veriler

CROPGRO-Ayçiçeği modelinde öncelikle yetiştirme tekniğine ait bilgilerin File X dosyasında tanımlanması gerekmektedir. Ayrıca, model içerisinde denemenin adı, denemede kullanılan konuların tanımı, kullanılan bitki çeşidi, bitki

kodu ve adı, denemenin yürütüldüğü yerdeki toprak ve iklim istasyonunun tanımı, toprak analiz sonuçları, denemenin başlangıcındaki toprak profilinde bulunan mevcut azot ve su durumu, deneme öncesinde ekili bitkiden artan kalan kök miktarı, ekim tarihi, ekim derinliği, bitki sıra arası uzunluğu, bitki yoğunluğu, sulama tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarı, gübreleme tarihi, uygulanan gübre dozu ve uygulanan gübrenin modelde tanımlanan kodu, uygulanan herbisit ve pestisitlerin uygulama tarihleri, toprak işleme detayları, toprak işleme biçimi, hasat tarihi, simülasyona başlama tarihi gibi bilgilerin modele tanımlanması gerekir. Yukarıda belirtilen veriler çok karmaşık ve ayrıntılı görünse de, yetiştirme tekniğine ait tüm bilgiler düzenli olarak kaydediliğinde modelin performansını artıracaktır (Hoogenboom ve ark., 2019).

3.2.9.2.4. Modelin kalibrasyonu ve değerlendirilmesinde gerekli dosyalar (File A ve File T)

Bitkiye ve yetiştiriciliğe ilişkin iki dosya oluşturulmalıdır. Bunlardan biri özet sonuçları içeren File A dosyası olup öncelikle hasatta ortalama performans verilerini ve çiçeklenme ve olgunlaşma gibi bitkiye ilişkin kritik gelişme dönemlerine ulaşma tarihlerini içermektedir. Diğeri ise File T olup, büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitkiye ilişkin kuru madde gelişimi, yaprak alan indeksi, toprağa ilişkin bitki kök bölgesinde toprak su değişimi gibi gözlemleri kapsar (Şekil 3.3).

DSSAT programı içerisinde ölçülen verilerle modelin değerlendirmesi iki şekilde yapılabilir. Bitkiye ve yetiştiriciliğe ilişkin iki dosya (File A ve T) modelde oluşturulmuştur. İlk olan özet veriler olarak adlandırılan File A yetiştirilen bitkinin önemli gelişme dönemlerine varış sürelerini (çiçeklenme ve olgunlaşma dönemlerine varış süresi), hasattaki verim ve verim bileşenlerini (hasat alanı, dane verimi, toplam kuru madde miktarı) ve ölçüldü ise maksimum yaprak alanı indeksi (LAI_{max}) gibi parametreleri kapsar. Özet veriler, araştırmada kullanılan herbir

deneme konusu tek bir satır olarak File A dosyasında tanımlanmıştır (Hoogenboom ve ark., 2019).

Modelin değerlendirilmesinde kullanılan ikinci yöntem ölçüm verileri, zamansal olup, bitkinin büyüme mevsimi boyunca deneme konularına göre toprak nem içerikleri, ölçüldü ise yaprak alan indeksinin ve toplam kuru madde miktarının zamansal değişimini kapsar. Zamansal veriler model içerisinde File T dosyasında yer alırken, veriler zamansal olarak ölçüm tarihine ve deneme konularına göre depolanmalıdır (Hoogenboom ve ark., 2019).

3.2.9.2.5. Modelde su bütçesi eşitliği

DSSAT içerisinde yer alan tüm modellerde su bütçesi eşitliğini kullanmaktadır. Modelde toprak su dengesi günlük olarak, sulama ve yağış eklenerek ve yüzey akışı, drenaj, bitkiden olan terleme ve topraktan olan buharlaşma dikkat alınarak hesaplanır. Bitki kök bölgesinde yer alan toprak profilinde herbir katmandaki, toprakta oluşabilecek düşey drenaj, kılcal yükselme (kapilarite) ve toprak işleme parametreleri dikkatte alınarak hesaplanabilir. Yağış verileri model içerisinde yer alan iklim dosyasından otomatik olarak alınır. Model içerisinde herbir deneme konusuna ait sulamaya ilişkin bilgiler (sulama metodu ve uygulanan sulama miktarı) File X dosyasında ayrıntılı olarak tanımlanır. İnfiltrasyon ve yüzey akış hesaplamalarında, SCS yaklaşımı kullanılmaktadır (Ritchie, 1998).

Topraktaki oluşabilecek drenaj miktarının belirlenmesinde, tek boyutlu akış yöntemi (tipping bucket yaklaşımı) ile herbir katmanda ayrı ayrı hesaplanmaktadır (Ritchie, 1998). Toprak profilinde yer alan herbir katmanda solma noktası (SN) ve doymuş hacimsel toprak su içeriği (DUL) tanımlanmalıdır. Toprak içindeki suyun aşağı doğru hareketi toprağın drenaj faktörüne (günlük miktarı) bağlı olup herbir katmandaki doymuş hidrolik iletkenliği değerleri ile sınırlanmaktadır.

Modelde evapotranspirasyon (ET) değerleri, iki metodla hesaplanabilmektedir Priestley-Taylor metodunda standart iklim verileri kullanılırken (Priestley ve Taylor, 1972), FAO-56 metodunda ise rüzgar hızı ve oransal nem verilerine ihtiyaç bulunmaktadır (Allen ve ark., 1998).

3.2.9.2.6. CROPGRO-Ayçiçeği model için gerekli genetik katsayıları

DSSAT modelinde benzetim yapılırken, türler, ekotip ve kültivar katsayıları dahil olmak üzere her ürün için üç farklı genetik katsayı seti kullanılır. DSSAT4.7.5'nin CSM-CROPGRO-Ayçiçeği modelinde her ayçiçeği çeşidini tanımlamak için on sekiz genetik katsayı kullanılmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. CROPGRO-Ayçiçeği Oleko çeşidine ait genetik katsayılar

Katsayı	Açıklamalar
CSDL	Kritik kısa gün uzunluğu (reproduktive dönemde), h
PPSEN	Bitki gelişimin fotoperiyoda zamanla oransal tepkisi, 1/h
EMFL	Bitki çimlenmesi ile çiçek görünümü süresi (R1), fototermal gün
FLSH	İlk çiçek oluşumu-ilk kapsül oluşum süresi (R3), fototermal gün
FL-SD	İlk çiçek oluşumu ile ilk dane oluşum süresi (R5), fototermal gün
SD-PM	İlk tohum (R5) ile fizyolojik olgunluk (R7) süresi, fototermal gün
FL-LF	İlk çiçek oluşumu (R1)-yaprak büyümesinin durması süresi,
LFMAX	En yüksek fotosentez oranı (30 °C, 350 ppm CO ₂), mg CO ₂ m ⁻² -s
SLAVR	Standart koşullarda yaprak alanı, cm ² g ⁻¹
SIZLF	En yüksek tam yaprak boyutu, cm ²
XFRT	Maksimum günlük büyüme oranı (tohum + kabuk), g
WTPSD	En yüksek tohum ağırlığı, g
SFDUR	Tablada tohum doldurma süresi, fototermal gün
SDPDV	Tabla başına ortalama tohum sayısı, sayı/kapsül
PODUR	Tabla oluşumu için geçen optimum süre, fototermal gün
THRSH	Tohum/(tohum+ kabuk yüzdesi) %'si
SDPRO	Tohumdaki protein kısmı (g(protein)/g(tohum))
SDLIP	Tohumdaki yağ kısmı (g(yağ)/g(tohum))

Katsayılar, fenolojik süreleri, vejetatif büyüme özelliklerini ve bitki büyüme özelliklerini temsil eden üç farklı tipte sınıflandırılmıştır. Genetik katsayılardan 8'i faz sürelerini ve fotoperiyot duyarlılığını tanımlarken, 4'ü

vejetatif büyüme parametrelerini ve 6'sı ise büyüme parametrelerini temsil etmektedir (Gürkan ve ark., 2021)

Çeşit özelindeki 18 genetik katsayıdan 4 tanesi fenolojik gelişme dönemleri ile ilgiliyken, 14 tanesi bitki büyümesi ile ilgilidir (Çizelge 3.9). DSSAT CROPGRO modelinde ayçiçeği bitkisi özelinde ekotipe bağlı olarak belirlenmiş genetik katsayı sayısı 13 adettir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. CROPGRO-Ayçiçeği ekotip özelinde genetik katsayı listesi

Genetik Katsayı	Açıklama
THVAR	Uzun gün ve optimum sıcaklıkta minimum büyüme oranı
PL-EM	Ekim-çıkış arasında geçen süre
EM-V1	Çıkış-ilk gerçek yaprak (V1) arasında geçen süre
V1-JU V1	V1 vejetatif gelişme dönemi sonu arasında geçen süre
JU-R0	Optimum sıcaklık ve gün uzunluğunda çiçeklenme için gereken süre
PM09	İlk tane-fizyolojik olgunluk arasında geçen süre
LNGSH	Kabuk başına gelişme için gereken süre
R7-R8	Fizyolojik olgunluk-hasat olgunluğu arasındaki süre
FL-VS	Rozet dönemi-ana gövdedeki son yaprak arasındaki süre
TRIFL	Ana gövdedeki yaprak oluşum aralığı (süre)
RWDTH	Standart ekotipe göre gövde kalınlığı oranı
RHGHT	Standart ekotipe göre bitki boyu oranı
R1PPO	Rozetlenme dönemi sonrası gün uzunluğuna hassasiyetteki artış

CROPGRO-Ayçiçeği modelinde ayçiçeği bitki türü özelinde farklı kategoriler altında pek çok genetik katsayı tanımlanmıştır. Tür özelindeki belirlenmiş kategoriler; fotosentez katsayıları, solunum katsayıları, bitki kompozisyonu katsayıları, dane kompozisyonu katsayıları, karbon ve azot alımı katsayıları, azot fiksasyonu parametreleri, vejetatif büyüme katsayıları, yaprak gelişimi katsayıları, yaprak sararma katsayıları, kök katsayıları, tane ve kabuk gelişim katsayıları, tabla kayıpları katsayıları, fenoloji katsayıları, gelişme evreleri katsayıları, gövde boyu ve kalınlığı katsayıları, evapotranspirasyon katsayıları, fosfor içeriği katsayıları, bitki besin maddesi stres katsayıları kategorilerinde belirlenmiş katsayılar model içerisinde bitki büyüme ve gelişim sürecinde hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Model çalışmalarında bitki tür ve ekotip üzerine belirlenmiş genetik katsayılar da çok fazla değişiklik yapmaya gerek yoktur. Ancak üzerinde çalışma yürütülen çeşit ile ilgili genetik katsayılar da yapılan kalibrasyon işlemi sonucunda uygun sonuçlar elde edilememesi durumunda ekotip ve tür için oluşturulmuş katsayılar da değişiklik yapılabilmektedir.

Model kullanıcı isteği doğrultusunda girilen girdi parametreleri ve bitki türüne göre pek çok çıktı parametresi üretmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlarla ilgili görsel grafik oluşturma seçenekleri de bulunmaktadır. Bunun yanı sıra model sonuçlarının gözlem verileri ile kıyaslanarak modelin benzetim kabiliyetinin değerlendirilebilmesine yönelik istatistiki değerlendirme sonuçları da kullanıcıya sunulmaktadır.

Her bir ayçiçeği çeşidinin özelliklerini belirten genetik katsayılar CROPGRO-Ayçiçeği modelinde tanımlanmıştır. Ayrıca model içinde tanımlanmamış yeni veya eski bir ayçiçeği çeşidi için genetik katsayıların denemenin yürütüldüğü bölgeye göre kestiriminde Hunt ve Boote. (1998) tarafından geliştirilen GLUE programı kullanılmıştır.

Her bir çeşidin yaşam döngüsünün nasıl olduğunu belirten ve özgün olan bu katsayılar modelin performansının belirlenmesinde, herhangi bir çeşidi yetiştirmenin uygun olmadığı koşullarda adaptasyonu sağlamada oldukça önemlidir. Geçmişte kullanılan birçok modelde anılan katsayıların belirlenememesi modelin uygulanabilirliğinde büyük bir darboğaz oluşturmakta iken günümüzde yeni çeşitlerin ortaya çıkması ve anılan çeşitlerin yeni bölgelere adaptasyonunun test edilmesinde genetik katsayılar geliştirilen alt modeller ile tahmin edilebilmektedir. Bu alt modellerden en yoğun kullanılanlardan biri GLUE modeli olup genetik katsayısı hesaplamada kullanılan bir istatistik programıdır. Bu amaçla kestirilen ve ölçülen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme elde edilene kadar “deneme-yanılma” yöntemi kullanılarak model içerisinde en uygun genetik katsayıların kestirilen yapılmaktadır. Bu durumda kullanılan GLUE modeli ile

ölçülen bitki fenolojisi ve verim değerleri modelce simüle edilmiş değerlerle eşleştirilerek kalibrasyon işlem sağlanmaktadır.

Ayrıca, model için büyük öneme sahip genetik katsayılarında bilinmesi gerekmektedir. Birçok modelde olduğu gibi CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5'de olduğu gibi bitkinin büyüme ve gelişimini tahmin etmek amacıyla öncelikle genetik katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. Her bir çeşidin yaşam döngüsünün nasıl olduğunu belirten ve özgün olan bu katsayılar modelin performansının belirlenmesinde, herhangi bir çeşidi yetiştirmenin uygun olmadığı koşullarda adaptasyonu sağlamada oldukça önemlidir. Geçmişte kullanılan birçok modelde anılan katsayıların belirlenememesi modelin uygulanabilirliğinde büyük bir darboğaz oluşturmakta iken günümüzde yeni çeşitlerin ortaya çıkması ve anılan çeşitlerin yeni bölgelere adaptasyonunun test edilmesinde genetik katsayılar geliştirilen alt model (GLUE: Generalized Likelihood Uncertainty Estimation: Genelleştirilmiş Olabilirlik Belirsizlik Tahmini) ile tahmin edilebilmektedir. Her bir bitki çeşidini ilgilendiren ve her çeşidin özelliğini ortaya koyan genotip katsayılar model içinde tanımlanmıştır. Ayrıca model içinde yer almayan her bir yeni veya eski çeşit için genetik katsayıların denemenin yürütüldüğü bölgeye göre tahmininde Hunt ve ark. (1993) tarafından geliştirilen GLUE programı ile en uygun genetik katsayıyı bulabilmek için hem binlerce denemeyi otomatik olarak gerçekleştirerek, gözden kaçabilecek olasılıklar da değerlendirilmekte hem de zamandan çok büyük kazanç sağlanmaktadır.

Genotip veri dosyasında herbir ayçiçeği çeşidinin gelişme ve büyüme özelliklerini tanımlayan genetik katsayılara ait verileri içerir. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde herbir ayçiçeği çeşidi 15 genetik katsayı kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019). Anılan genetik katsayılar bölge koşullarında ayçiçeği Oleko çeşidi için hesaplanarak, bulgular bölümünde sunulmuştur.

3.2.9.2.7. CROPGRO-Ayçiçeği modelinin kalibrasyonu ve değerlendirilmesi

Bir modelinin doğru ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için, kullanıcının önce modelin kalibre edildiğinden ve benzetimi yapabilmek için doğru bir şekilde tasarlandığından emin olmalıdır. Ayrıca, model araştırmacının kestirim istediği koşullara göre doğrulanmalıdır. Boote ve ark. (1998) kalibrasyonu model parametrelerini bir yer ve alan için çalışmasını sağlamak için modeldeki fonksiyonel ilişkilerde bazı parametrelerin veya katsayıların ayarlanması olarak ifade etmiştir. Ayrıca, bitki modellerinin kalibrasyonu ve geçerliliği ile yetiştirilen bitkinin büyümesinde yer alan fiziksel ve fizyolojik süreçlerin anlaşılabilceğini belirtmiştir.

GROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinin kalibrasyonu, 2010 deneme yılı sezonu sonunda hasatta elde edilen verim ve verim bileşenlerinin örneklemeinden elde edilen verilere dayanmaktadır. GROPGRO - Ayçiçeği modelinde kalibrasyon aşamasında Oleko Ayçiçeği çeşidine ait olan ve fenolojik aşamaları etkileyen genetik katsayıları DSSAT V4.7.5 içinde yer alan GLUE genetik katsayısı hesaplama alt modeli ile belirlenmiştir. Bu amaçla kestirilen ve ölçülen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme elde edilene kadar “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır.

Bu amaçla ölçülen bitki fenolojisi ve verimini modelce kestirilmiş değerlerle eşleştirmek ve kalibre edilmiş genetik katsayıları Oleko ayçiçeği çeşidi için ayarlamalar yapılmıştır. Kalibrasyon için ayçiçeği bitkisinde çiçeklenmeye varış süresi, olgunlaşmaya varış süresi gibi bazı fenolojik olaylara ilişkin bilgiler ve ayçiçeği verimi, toplam kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi (LAI) gibi veriler kullanılmıştır. Önceden tanımlanmış hata sınırları içinde tutulmak şartıyla genetik katsayıların kalibrasyonu yapılmıştır.

Herhangi bir model güvenle kullanılmadan önce, kullanımlarından kaynaklanabilecek hataların büyüklüğünün yeterli bir şekilde doğrulanması veya değerlendirilmesi yapılmalıdır. Modelin doğrulanması, en basit haliyle simüle edilmiş ve ölçülen değerler arasında bir karşılaştırmanın yapılmasıdır. GROPGRO

- Ayçiçeği modelinin performans değerlendirmesinde istatistiksel ve grafiksel olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. İstatistiksel analizler modeldeki benzetimin kalitesini tanımlayan ve ölçülen değerlerle ile modeldeki tahminden kaynaklanan hataları hesaplamak için yapılmıştır.

Kullanıcıların tüm benzetim çalışmalarını bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen ölçüm değerleri ile şekilsel olarak gösterimini sağlamakta, ölçülen ve kestirilen model çıktıları şekilsel olarak ve modelin geçerliliğini doğrulamak için gerekli istatistiksel hesapları (RMSE) yapmaktadır. Grafiksel yaklaşımda ölçülen ve kestirilen veriler zamana karşı grafiklenerek ve görsel olarak karşılaştırması yapılmıştır. İstatistiksel yaklaşımda ise hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) (Dent ve Blackie, 1979; Loague ve Green, 1991) kullanılmıştır.

GROPGRO-Ayçiçeği modelinin değerlendirmesi aşamasında modelinin performansı 2011 yılına ait deneme sonuçlarından elde edilen veri kümesini kullanarak yapılmıştır. Bu yaklaşımda, model parametreleri 2011 veri kümesine göre kalibre edilmediğinden, modelin gerçek bir doğrulaması olarak düşünülebilir. Kimi ölçülen verim ve verim bileşenleri ile modelde tahmin edilmiş değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada, modelin başarımının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan mutlak hata kareler ortalamasının karekökü ($RMSE_a$), normalleştirilmiş hata kareler ortalamasının karekökü ($RMSE_n$) ve uyum indeksi (d) değerleri aşağıda belirtilen eşitliklerden yararlanarak hesaplanmıştır (Eşitlik 3.5-3.7) (Willmott et al. 1985). Hesaplamalarda ölçülen gerçek değerler ve modelce kestirilen değerlerin ortalaması, ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki ortalama mutlak hata değerleri hesaplanmıştır. Belirtilen bu istatistiksel indeksler modellerin değerlendirme aşamasında yoğun olarak kullanılmaktadır (Bouman ve Van Laar 2006).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (3.5)$$

$$RMSE_n = \frac{100 \left[\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \right]^{0.5}}{\bar{O}} \quad (3.6)$$

$$d = 1 - \left| \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i| + |O_i|)^2} \right|, \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (3.7)$$

Eşitliklerde, P_i : model tarafından kestirilen verileri, O_i : arazi denemesinde ölçülen verileri, O_{mean} : ortalama ölçülen değeri, arazi n : yapılan örnekleme sayısını ifade etmektedir. $P_i' = (P_i - M)$ ve $O_i' = (O_i - M)$ (M , ölçülen değişkenin ortalamasıdır)

İyi bir model performansı için RMSE değerleri 0'a mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Simülasyon sonucunda RMSE değeri % 10'dan az ise mükemmel, 10-20 arasında ise iyi ve 20-30 arasında ise uygun olduğunu belirtmiştir (Jamieson ve ark., 1991; Soler ve ark., 2008; Nasim ve ark., 2016).

3.2.9.2.8. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde kullanılan iklim değişimi projeksiyonları

İklim değişikliğinin tarımsal ürünlere olası etkilerinin belirlenebilmesi amacı ile bitki benzetim modelleri ile iklim projeksiyonlarının beraber kullanılması gerekmektedir. Uluslararası literatürde farklı amaçlar için geliştirilmiş ve çok yoğun kullanılan farklı bitki benzetim modelleri ile iklim modelleri kullanımı ülkemizde sadece bilimsel tez çalışmalarında kullanılmakta olup, henüz yaygın kullanıma ulaşamamıştır.

Ülkemizin büyük bir bölümü Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Ancak Türkiye iklimi, iklim değişikliği ve değişkenliği açısından orta-yüksek riskli

lkeler grubundadır. Bu nedenle iklimdeki değişiklik ve değişebilirliklerin izlenmesi ile iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı yapılabilecek olan nlem ve uyum konularında araştırmalara gereksinim vardır.

İklim modelleri yağış, sıcaklık ve buna benzer meteorolojik parametrelerdeki değişimlerin hangi şekilde gerçekleşebileceğine dair bizlere fikir sunmaktadır. Küresel iklim modellerinin çözünürlükleri oldukça düşüktür. Düşük öznrlkl iklim projeksiyonları gelecek dönem için genel bir bilgi verirken yerel ölçekte ve sektörel bazlı analizler için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle düşük çözünürlüklü küresel iklim modelleri çıktılarından yüksek ölçekli iklim projeksiyonları elde etmek için bölgesel iklim modelleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda MGM tarafından RegCM Bölgesel İklim Modeli tercih edilmiştir. RegCM merkezi İtalya’da bulunan Abdus SalamUluslararası Teorik Fizik Merkezi (ICTP: The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics) tarafından bölgesel iklim modeli olarak geliştirilen bir modeldir. İlk sürümü 1989 yılında yayınlanan modelin halen kullanımda olan dördüncü sürümü 2010 yılında yayınlanmıştır. MGM, yapmış olduğu çalışmada RegCM4.3.4. sürümünü kullanarak Türkiye ve bölgesi özelinde 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları geliştirilmiştir (Akçakaya ve ark., 2015).

Son yıllarda iklimle ilgili ekstrem olay ve felaketlerin neden olduğu sosyal ve ekonomik kayıplar, Türkiye’nin ve dünyanın birçok bölgesinde yıllar arasında değişkenlikle birlikte artmaktadır. Ekstrem hava ve iklim olaylarının ve afetlerinin niteliği, şiddeti ve etkileme gücü, alansal ve zamansal ölçeklerde değişen maruz kalma ve etkilenebilirlik düzeylerinin yanı sıra, ekonomik, sosyal, coğrafı, demografik, kültürel, kurumsal ve yönetişimsel, çevresel ve ekolojik etmenlere de yakından bağlıdır.

IPCC 5. Değerlendirme Raporu, 1. Çalışma Grubu Raporunda kullanılan senaryolara uyumlu olacak şekilde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) dinamik ölçek küçültme yöntemi ile Türkiye için 2100 yılına kadar bölgesel iklim projeksiyonları oluşturmuştur. MGM’nin ölçek küçültme yöntemi ile ürettiği

bölgesel iklim projeksiyonlarında, Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) üyesi 20 iklim modelleme grubu tarafından hazırlanan, Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, CMIP5) kapsamındaki küresel modeller ile IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılan yeni nesil konsantrasyon senaryoları (Representative Concentration Pathways, RCP) baz alınmaktadır. Projeksiyonda 2016-2099 yılları için orta derecede ışımsal (radyatif) zorlama (4.5W/m²) RCP4.5 senaryoları ve üst derece ışımsal (radyatif) zorlama (8.5W/m²) RCP8.5 senaryoları kullanılmış ve İngiltere Meteoroloji Ofisi Hadley Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen iklim projeksiyonu modeli HadGEM2-ES, küresel model sonuçları bölgesel iklim model sistemi (Bölgesel İklim Modeli sistemi, RegCM4) ile ölçek küçültülerek üretilmiştir. Kullanılan küresel (HadGEM2- ES) ve bölgesel model (RegCM4) ile ilgili model çözünürlüğü, çalışma alanı, etkilenebilirlik analizleri ve projeksiyon süresi ve kullanılan senaryo ile ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge 3. 11'de verilmiştir. RCP4.5 senaryosuna göre sera gazları konsantrasyonlarının 2100'de 650 ppm CO₂'ye ulaşacağı, RCP8.5 senaryosuna göre ise sera gazları konsantrasyonlarının 2100'de 1370 ppm CO₂'ye ulaşacağı öngörülmektedir (Akçakaya vd. 2015)

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere Türkiye, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları IPCC 5. Değerlendirme Raporunda en çok tercih edilen senaryolar olup, MGM tarafından bölgesel iklim modelleri oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, sektörel bazda iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir.

Projeksiyon sonuçlarına göre; yıllık ortalama sıcaklıkta RCP4.5 senaryosuna göre ortalama 1.5°C, RCP8.5 senaryosuna göre ortalama 2.5°C artış ön görülmektedir. Yağış miktarlarında RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak 10-15 mm/yıl, RCP8.5 senaryosuna göre ortalama olarak 105-110 mm/yıl civarında azalışlar öngörülmektedir. Sıcaklık ve yağış ortalamalarındaki

değişiklikler ülkemizin çok çeşitli coğrafik özelliklere sahip olması nedeniyle bölgesel, havza ve il bazında farklılıklar göstermektedir. Sıcaklık artışı açısından en hassas havza olarak Fırat-Dicle havzası, yıllık ortalama yağış değişimi açısından ise Akdeniz Bölgesi içerisinde yer alan havzaların en hassas yöreler olması ön görülmektedir.

Çalışmada IPCC'nin geliştirdiği yeni nesil senaryo ailesinden küresel ölçekte de en çok tercih edilen senaryolar olan RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları tercih edilmiştir. RCP8.5 muhtemel en yüksek ısınimsal zorlama ve konsantrasyon rotasıdır. RCP8.5 diğer senaryolara göre daha yüksek sera gazı emisyonları ifade etmekte dolayısıyla da RCP'lerin üst sınırını belirtmektedir (Fisher vd., 2007; IPCC, 2008; Riahi vd., 2011). RCP8.5 senaryosuna göre 2100 yılında radyatif zorlamanın 8.5 W/m² 'ye, eşdeğer CO₂ konsantrasyonlarının ise 1370 ppm dolayına ulaşması varsayılmaktadır. RCP4.5 ise orta bir dengede tutma rotası olup bu senaryoya göre radyatif zorlama değerinin 2100 yılında 4.5 W/m² 'ye, eşdeğer CO₂ konsantrasyonlarının ise 650 ppm dolayına ulaşması varsayılmaktadır (Thomson ve ark., 2011). Bu senaryonun diğer senaryolara göre iki avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yüksek rota ile arasındaki farktan dolayı çok iyi sinyal elde edilebilmesi, ikincisi ise literatürde bu rota ile ilgili çok sayıda yayınlanmış çalışmanın bulunmasıdır.

IPCC raporlarında da belirtildiği üzere ülkemiz, iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri olan Doğu Akdeniz havzasında yer almaktadır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek, sektörel bazda iklim değişikliğine uyum ve mücadele faaliyetlerini desteklemek amacıyla "Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları" adlı ile bir proje ile havza, bölge ve il düzeyinde sıcaklık ve yağış projeksiyonları geliştirilmiştir. Proje kapsamında üretilen projeksiyon verileri iklim değişikliği ile ilgili uyum, önleme ve mücadele konusunda planlama yapan tüm kurum ve kuruluşlar için kaynak sağlamaktadır. Kurum ve kuruluşların geleceğe yönelik çalışmalarında "Türkiye İçin İklim

Değişikliği Projeksiyonları” verilerini kullanmaları daha sağlıklı plan ve programlama yapmalarına olanak sağlayacaktır

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) bünyesinde hazırlanan ve “Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği TR2015-CC” adıyla 2015 yılında yayınlanan projenin sonuç raporunda HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel iklim modelleri verileri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli kullanılarak Türkiye ve bölgesi için 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları geliştirilmiştir. Çalışmada, referans dönem 1971-2000 olarak seçilmiş ve 2098 yılına kadarki gelecek dönem için iklim projeksiyonları üretilmiştir. Araştırmada gelecek dönemler kısa vade (KD):2023-2040, orta vade (OD):2041-2070 ve uzun vade (UD):2071-2098 olmak üzere üç ayrı periyotta değerlendirilmiştir. 3 küresel modelin projeksiyonlarından elde ettiğimiz sonuçlara göre 2023-2098 periyodu için yurt genelinde ortalama sıcaklık artışı;

- RCP4.5 senaryosuna göre 1.5-2.5°C,
- RCP8.5 senaryosuna göre ise 2.5-3.5°C aralığında olması öngörülmektedir.

Yağışlarda ise genel olarak artış ya da azalış trendi olmamakla birlikte yağış düzensizliklerinin artma eğiliminde olması öngörülmektedir.

RCP4.5 iklim senaryosuna göre atmosferdeki CO₂ seviyeleri kısa vadede (KD) 434 ppm, orta vadede 497 ppm ve uzun vadede (UD) 532 ppm olarak dikkate alınmıştır. RCP8.5 iklim senaryosuna göre atmosferdeki CO₂ seviyeleri kısa vadede (KD) 448 ppm, orta vadede 578 ppm ve uzun vadede (UD) 803 ppm olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca referans (baseline) CO₂ değeri 1971-2000 yılları için 346 ppm olarak modelde tanımlanmıştır.

Türkiye ve çevresine yönelik küresel iklim modellerinin ortalama sıcaklık karşılaştırma sonuçlarına göre, HadGEM, GFDL ve MPI global modellerinin Türkiye’deki ideal sıcaklık değerlerini temsil eden modeller arasında olduğu gözlenmiştir. HadGEM, Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL), Max Planck Meteoroloji Enstitüsü (MPI) ve Amerika Birleşik Devletlerinde NOAA-GFD Laboratuvarlarında küresel model verilerinin MGM tarafından kullanılan sonuçlarına göre, bölgesel iklim projeksiyonları sonucunda elde edilen ortalama sıcaklıklar küresel modellerle tutarlıdır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015). Bu nedenle, MGM’nin bölgesel iklim projeksiyonları üretme çalışmalarında HadGEM, GFDL ve MPI global modelleri tercih edilmiştir. MGM tarafından Türkiye iklim projeksiyonları çalışmasında 2023-2098 dönemini kapsayan 3 Küresel İklim Modeli ve 2 senaryo temelinde 20 km çözünürlüklü, 6 farklı iklim projeksiyonu veri seti 2015 yılında tüm sektörlerin kullanımına sunulmuştur (Çizelge 3.11). Bu 3 model RegCM4 bölgesel iklim modeli ile ölçek küçültme yöntemi kullanılarak bölgesel iklim projeksiyonları elde edilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015). MGM çalışmalarında kullanılan küresel ve bölgesel modellerin temel özellikleri Çizelge 3.11’de verilmiştir. MGM küresel model HadGEM’in 112.5 km çözünürlükteki sonuçlarını RegCM modelinde kullanarak 20 km. çözünürlüğe sahip sonuçlar üretmektedir.

Çizelge 3.12. Seçilen iklim modelleri ve iklim senaryoları

Küresel İklim Modelleri	HADGEM2-ES	MPI-ESM-MR	GFDL-ESM2M
Küresel Model çözünürlüğü (km)	112.5	210	210
Proeksiyon dönemi	2023-2098	2023-2098	2023-2098
Senaryolar	RCP4.5 RCP4.8	RCP4.5 RCP4.8	RCP4.5 RCP4.8
Bölgesel İklim modeli	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.
Projeksiyon çözünürlüğü (km)	20	20	20

HadGEM2-ES, İngiltere Meteoroloji Ofisi ve ona bağlı Hadley İklim Tahmin Merkezi tarafından geliştirilmiş bir küresel iklim modelidir. Modelin yatay çözünürlüğü 1.875° enlem ve 1.25° boylam (~208 km enlem x ~139 km boylam) olarak belirtilmiştir.

MPI-ESM-MR Küresel İklim Modeli Almanya Max Plank Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Modelin yatay çözünürlüğü 1.9° (~211 km) olarak belirtilmiştir. Modelde atmosfer katmanlarının detaylı olarak ele alınmıştır.

GFDL-ESM2M Küresel İklim Modeli, NOAA ve ona bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilmiştir. Modelin yatay çözünürlüğü 2° enlem ve 2.5° boylam (222 km enlem x ~278 km boylam) olarak belirtilmiştir (Gürkan, 2019).

MGM tarafından yapılan çalışmada elde edilen projeksiyon sonuçlarına göre 2016-2098 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1.5-3.7°C aralığında artış beklenmektedir. Yıllık toplam yağışlarda ise bölgesel olarak azalış öngörülmesi olmakla birlikte genelde yağışın yıl içerisindeki dağılımının dengesindeki değişiklik beklentileri vurgulanmıştır (Demircan ve ark., 2017).

Tarsus ovasında 3 küresel iklim modeli ve iki iklim senaryosu temelinde elde edilen projeksiyon sonuçlarına göre yıllık ortalama sıcaklıkların 2023-2098 dönemi genelinde sıcaklıklarda artış saptanırken, yağışlarda ise azalma eğilimi belirlenmiştir. Elde edilen sıcaklık projeksiyonlarına göre;

- RCP4.5 senaryosuna göre; 1.5-2.7°C aralığında ve ortalama olarak 2°C,
- RCP8.5 senaryosuna göre; 1.0-3.8°C aralığında ve ortalama olarak 2.5°C artması öngörülmektedir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3. 13. Tarsus havzası yıllık ortalama sıcaklık projeksiyonları

Tarsus ovası yıllık ortalama sıcaklık değişimi (°C)							
Küresel İklim Modeli		HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
Senaryo		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Periyot	KD:2023-2040	1.9	2.2	1.2	1.2	1.4	1.5
	OD:2041-2070	2.7	3.5	1.5	2.4	1.9	2.9
	UD:2071-2098	3.3	5.2	1.8	4.3	2.0	4.2
	TD:2023-2098	2.7	3.8	1.5	2.8	1.8	1.0

1971-2000: referans; TD:Tüm Dönem

Tarsus ovasında 3 küresel iklim modeli ve iki iklim senaryosundan oluşturulan projeksiyon sonuçlarına göre 2023-2098 döneminde yıllık toplam yağışların;

- RCP4.5 senaryosuna göre; % 2 ile %-7.6 arasında ve ortalama olarak % 1.9 oranında,
- RCP8.5 senaryosuna göre; % 1.5 ile %-25.6 arasında ve ortalama olarak % 9.5 oranında azalması öngörülmektedir (Çizelge 3.13).

Yıllık toplam yağışların azalması ve ortalama sıcaklıklarda öngörülen 2.0-2.5°C aralığındaki artışların daha fazla buharlaşmaya yol açması, ortaya çıkan su eksikliği durumunun bitkisel üretim ve verimlilik üzerinde olumsuz etkilere sebep olması tahmin edilmektedir.

Çizelge 3. 14. Tarsus havzası yıllık toplam yağış projeksiyonları

Tarsus ovası yıllık ortalama yağış değişimi %'si							
Küresel İklim Modeli		HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
Senaryo		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Periyot	KD:2023-2040	1.9	1.5	-8.7	-14.1	4.9	9.3
	OD:2041-2070	-5.2	-3.1	-8.7	-15.3	2.0	-5.4
	UD:2071-2098	3.3	6.5	-6.6	-48.7	1.0	-14.0
	TD:2023-2098	0	1.5	-7.6	-25.6	2.0	-4.3

1971-2000: referans; TD:Tüm Dönem

Yürütülen tez çalışması kapsamında 3 küresel iklim modeli ve 2 senaryo temelinde elde edilen iklim projeksiyonlarına ait veriler kullanılarak iklim değişikliğinin gelecek dönemlerdeki yağlık ayçiçeği verimliliği üzerindeki olası etkilerinin tahminleri kısa dönem (KD), orta dönem (OD) ve uzun dönem (UD) olmak üzere oluşturulmuştur.

3.2.10. Analiz ve değerlendirme metotları

Her deneme yılında ayçiçeği bitkisinden elde edilen toplam verim, verim bileşenleri, hasat indeksi, WUE, IWUE ait bulguların değerlendirilmesi tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre yürütülmüş ve varyans analizleri Yurtsever (1984)'de belirtilen esaslara göre MSTATC istatistik paket programında yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların etkisini görebilmek için konular LSD (Asgari önemli fark) testi ile kontrol edilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma 2010 -2011 yıllarında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Deneme yıllarında ayçiçeği bitkisinin gelişme dönemleri, konulara uygulanan sulama suyu miktarları, konulara ilişkin toprak su içeriklerinin ekimden hasada dek değişimi, bitki su tüketimi değerleri, sulama suyu-bitki su tüketimi-verim ilişkileri, deneme konularında elde edilen ayçiçeği dane verimleri, WUE, IWUE, hasatta bitki boyu, bitki sap çapı, tabla çapı, tabladaki çekirdek sayısı, bindane ağırlığı, iç / kabuk oranı, yaprak alan indeksi, hastalık gözlemi, yağ %'si ve tohum ve yağ verimine ilişkin verim tepki etmenine ait bulgular elde edilmiştir. Anılan gözlemlere ilişkin istatistiksel analizler sonucunda kimi parametrelerde sulama aralığı x sulama düzeyi interaksyonu önemli, kimi parametrelerde sadece sulama aralığı, kimi parametrelerde ise sadece sulama düzeyi ayrı ayrı önemli, kiminde ise hem sulama aralığı ve hem de sulama düzeyi bireysel olarak önemli çıkmıştır. Belirtilen bu analiz sonuçlarına ilişkin istatistiksel gruplandırmalar her bölüm içerisinde ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bu araştırma Tarsus'ta 2010 ve 2011 deneme yıllarında Oleko ayçiçeği çeşidinin genetik katsayılarının kalibre edilmesinden sonra CROPGRO-Ayçiçeği (DSSAT v 4.7.5) modelini kullanarak ayçiçeği bitkisinin fenolojisini ve verimini tahmin etmek amacıyla yapılmıştır. Ayçiçeği verimi ve verim bileşenlerine ait ölçülen değerler model tarafından kestirilen değerlerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, tez için önerilen hedefler kapsamında ilgili bölümlerde açıklanarak sunulmuştur. 2010 yılına ait veriler ile CROPGRO-Ayçiçeği modelinin kalibrasyonu yapılmış, 2011 yılına ait veriler ise modelin değerlendirmesinde kullanılmıştır. Ayrıca, çalışmada olası iklim değişikliğinin ayçiçeği bitkisinde etkilerini belirlemek amacıyla tam sulama ($CPE_{2IL_{1.25}}$) ve sulama suyunun yetersiz olduğu koşullarda önerilen kısıntılı sulama ($CPE_{2IL_{1.00}}$) konularına ait koşullarda değerlendirilmiştir. İklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerine olası etkilerini Tarsus koşullarında tahmin etmede RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları ve 3

Küresel İklim Modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M) ait iklim projeksiyonları kullanılmıştır. Çalışmada gelecek dönemler kısa dönem:2023-2040, orta dönem:2041-2070 ve uzun dönem:2071-2098 olmak üzere 3 farklı periyot ele alınmıştır. Gelecek dönem analizlerinde iklim değişikliğinin tam sulama ve kısıntılı sulama koşullarında ayçiçeği dane verimindeki değişimi, bitki gelişim dönemi süresi üzerindeki etkileri de incelenmiştir.

4.1. Ayçiçeği Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Ayçiçeği bitkisini “Oleko” çeşidine gelişme dönemleri (çıkış, erken vejetatif, geç vejetatif, çiçeklenme, dane doldurma, olgunluk) Doorenbos ve Kassam (1979)’ya göre herbir deneme yılında izlenmiştir (Çizelge 4.1). Çalışmanın ilk yılında deneme konuları arasında gelişme dönemleri bakımından önemli farklılıklar görülmezken, en geniş sulama aralığına sahip CPE₃ konularında özellikle su kısıntısının uygulandığı CPE₃IL_{0.50}, CPE₃IL_{0.75} parsellerinde vejetatif dönemi takiben herbir gelişme dönemine ulaşım daha çabuk gerçekleşmiştir. Belirtilen durum, vejetatif dönemde konulu sulama uygulamalarına başlanması ile birlikte bu dönemlerde aşırı hava sıcaklığı ile uygulanan sulama suyunun bitki ihtiyacını karşılamadığından oluşmuştur. Çizelgede görüleceği gibi ayçiçeği bitkisinin gelişme dönemi büyüme 124 gün olarak saptamıştır. Sonuçlar sonuçlar Doorenbos ve Kassam (1979) ile oldukça uyum içerisindedir.

Denemenin ikinci yılında konular arasında gelişme dönemleri bakımından ilk yıla benzer olarak CPE₃ sulama aralığında su kısıntısının uygulandığı CPE₃IL_{0.50} parselinde erken ve geç vejetatif dönemi takiben çiçeklenme ve dane dolum dönemlerine ulaşım daha çabuk olmuştur. Çizelgede görüleceği gibi ayçiçeği bitkisinin toplam büyüme dönemi uzunluğu 126 gün olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ilk deneme yılında olduğu gibi Doorenbos ve Kassam (1979) ile uyumludur. Sezen ve ark. (2011a-b) Tarsus’da damla sulama koşullarında ayçiçeği gelişme dönemini 129-132 gün belirlerken, yağmurlama sulama

koşullarında ise 121-132 gün olarak saptanmışlardır. Sonuçta su stresi görülen deneme konularında bitki gelişme dönemleri önemli ölçüde kısalmıştır.

Çizelge 4.1. Ayçiçeği bitkisine ilişkin kimi gelişme dönemleri

Gelişme Dönemi	Tarih (DAS*)	
Ekim	02.04.2010 (0)	05.05.2011 (0)
Çimlenme ve Çıkış	12.04.2010 (10)	14.05.2011 (9)
Erken vejetatif (bitki birkaç yapraklı olduğunda)	07.05.2010 (35)	06.06.2011 (32)
Geç vejetatif (bitki sapa kalktığında)	24.05.2010 (52)	24.06.2011 (50)
Çiçeklenme (tepe tomurcuğu görüldüğünde)	14.06.2010 (73)	04.07.2011 (60)
Dane oluşumu (tablada daneler görüldüğünde)	08.07.2010 (97)	05.08.2011 (92)
Olgunlaşma (hasat)	04.08.2010 (124)	05.09.2011 (126)

*DAS: ekimden sonraki gün sayısı

4.2. Ayçiçeği Bitkisinde Deneme Konulara Ait Sulama Suyu Miktarları, Sulama Zamanları ve Sayıları

Ayçiçeğinin ilk büyüme periyodunda bitkinin sulama suyu ihtiyacı kış yağışları ile toprak profilinde mevcut nemden yararlanması ve iklim şartlarının özellikle hava sıcaklığının çok aşırı olmaması nedenleri ile karşılanabilmektedir. Sulama programı birinci yıl 18.05.2010 tarihinde (DAS-47) başlanmış ve hasattan yaklaşık bir hafta önce 28.07.2010 tarihinde (DAS-117) tamamlanmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu miktarları, sulama tarihleri, Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 199-563 mm arasında değişmiştir. CPE₁ sulama aralığında toplam 17 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışımli buharlaşma değerine bağlı olarak 5-6 gün arasındadır. CPE₂ sulama aralığında toplam 8 sulama yapılırken, sulama aralığı 9-11 gün arasında değişmiştir. CPE₃ sulama aralığında ise toplam 5 sulama yapılırken, sulama aralığı 13-16 gün arasındadır.

İzleyen deneme yılında sulamalar 07.06.2011 tarihinde (DAS-33) başlanmış ve 29.08.2011 tarihinde (DAS-116) tamamlanmıştır. 2011 deneme yılında yapılan sulamaların tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge

4.3’de verilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı 220-578 mm arasında değişmiştir. CPE₁, CPE₂ CPE₃ sulama aralıklarında sırasıyla toplam 19, 9 ve 6 sulama uygulanırken, sulama aralıkları ise sırasıyla 4-6 gün, 8-10 gün ve 13-16 gün olarak belirlenmiştir. Her iki deneme yılında kontrol konusuna (susuz) sulama suyu uygulamamıştır.

Çizelge 4.2. CPE₁, CPE₂ ve CPE₃’e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2010)

Sulama Zamanı	CPE ₁				CPE ₂				CPE ₃			
	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}
02.04.2010	-	-	-	-	-	-	-	-				
18.05.2010	14	21	28	35								
23.05.2010	13	19	25	31	27	40	53	66				
27.05.2010	13	20	26	33					40	59	79	99
01.06.2010	14	21	28	35	27	41	54	68				
06.06.2010	13	19	25	31								
11.06.2010	14	20	27	34	26	39	52	65	40	60	80	100
15.06.2010	13	19	25	31								
19.06.2010	13	20	26	33	26	38	51	64				
23.06.2010	13	20	26	33					39	58	77	96
28.06.2010	13	20	26	33	26	39	52	65				
02.07.2010	13	19	25	31								
06.07.2010	13	20	26	33	26	38	51	64	39	58	77	96
11.07.2010	15	22	29	36								
15.07.2010	13	20	26	33	28	41	55	69				
20.07.2010	15	22	29	36					42	63	84	105
24.07.2010	14	20	27	34	28	42	56	70				
28.07.2010	13	20	26	33								
05.08.2010	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Toplam, mm</i>	225	338	450	563	212	318	424	530	199	298	397	496

Abdel-Gawad ve ark. (1987), Shalakan’da 1983-1984 yıllarında farklı ayçiçeği çeşitlerinde sulama aralığını 10, 14 ve 18 gün olarak incelemişler, sulama aralığı ile verim öğeleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve sonuçta en yüksek dane ve yağ verimini, sulama aralığının 14 gün olduğu konuda elde etmişlerdir.

Akçay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke’de ayçiçeğinde sulama aralığını 4 ve 8 gün olarak incelerken, toplam sulama sayısı 5 ve 10 olarak belirlemiştir. Mevsimlik sulama suyu miktarı deneme konularına göre 94 ile 508 mm arasında değişmiştir.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde sulama suyu miktarını deneme konularına bağlı olarak ilk yıl 66-428 mm, ikinci yıl ise 122-425 mm arasında belirlemiştir. Mevsim içerisinde tam sulama konusuna toplam 12 kez sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4.3. CPE₁, CPE₂ ve CPE₃’e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2011)

Sulama Zamanı	CPE ₁				CPE ₂				CPE ₃			
	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}	IL _{0.50}	IL _{0.75}	IL _{1.00}	IL _{1.25}
05.05.2011	-	-	-	-	-	-	-	-				
07.06.2011	13	19	25	31	-	-	-	-				
13.06.2011	13	19	25	31	25	38	50	63				
19.06.2011	12	18	24	30					37	56	74	93
23.06.2011	11	17	22	28	23	35	46	58				
28.06.2011	13	20	26	33								
03.07.2011	12	17	23	29	25	37	49	61	36	53	71	89
08.07.2011	12	18	24	30								
13.07.2011	14	20	27	34	26	38	51	64				
18.07.2011	13	19	25	31					38	57	76	95
22.07.2011	11	17	22	28	24	35	47	59				
26.07.2011	12	17	23	29								
30.06.2011	11	17	22	28	23	36	45	56	34	50	67	84
04.08.2011	13	19	25	31								
08.08.2011	12	17	23	29	24	38	48	60				
13.08.2011	13	19	25	31					37	55	73	91
17.08.2011	12	18	24	30	25	34	49	61				
21.08.2011	12	18	24	30								
25.08.2011	14	20	27	34	26	37	51	64	56	75	94	56
29.08.2011	13	19	25	31								
05.09.2011	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Toplam, mm</i>	236	348	461	578	221	328	436	546	220	327	436	546

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde sulama suyu miktarını deneme konularına bağlı olarak ilk yıl 67-335 mm, ikinci yıl ise 133-668 mm arasında belirlemişlerdir. Mevsim içerisinde tam sulama konusuna toplam 12 kez sulama suyu uygulanmıştır.

Yavuz ve ark., (2018) yarı kurak iklim kuşağındaki Konya’da ayçiçeği bitkisinin verim performansı farklı sulama düzeylerinde test edilmiştir. Ayçiçeğinde tam sulama konusunda uygulanan sulama suyu miktarı 671-685 mm arasında belirlemişlerdir.

4.3. Ayçiçeğinde Deneme Konularına ait Toprak Su İçeriği

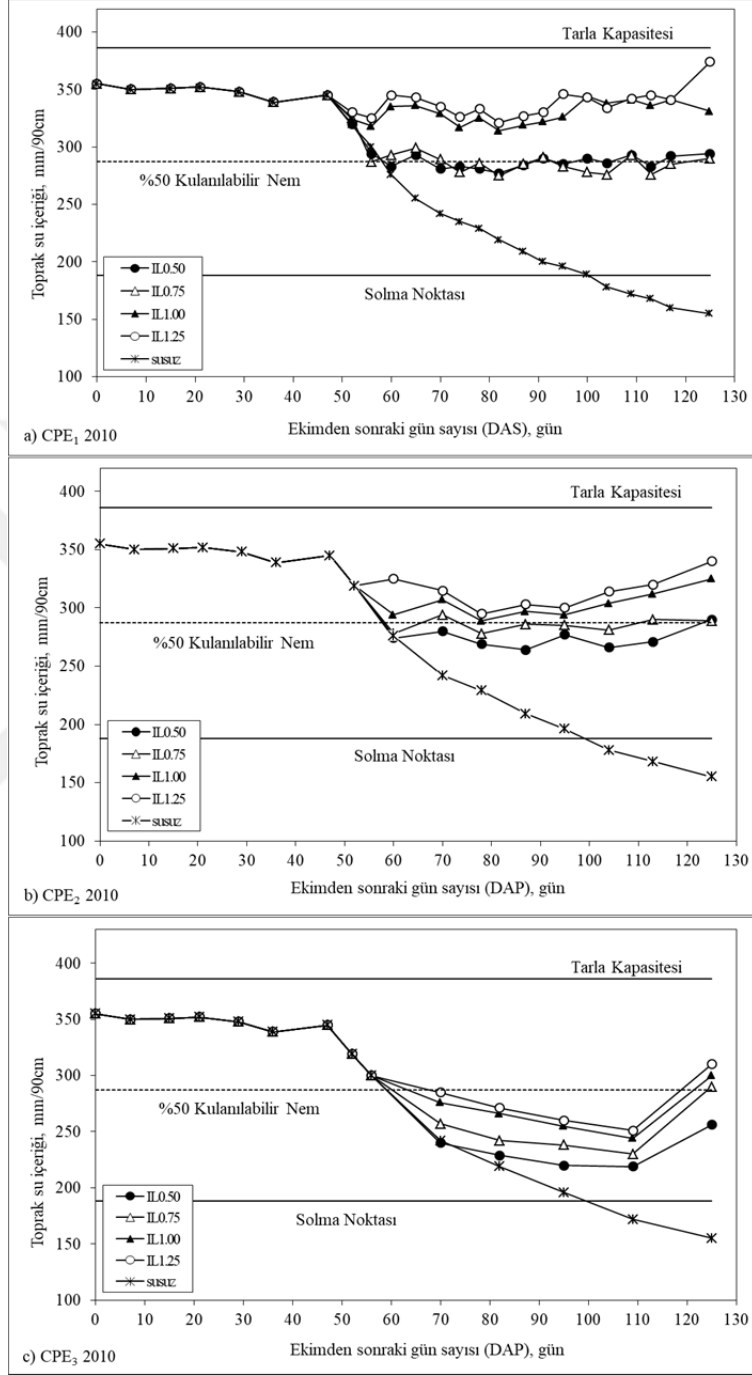
Araştırmada tüm deneme konularında toprak suyu gözlemleri, ilk katmanda (0-30 cm) gravimetrik yöntemle, 30-90 cm arasında ise 30 cm’lik katmanlarda nötron yöntemiyle her bir sulamadan önce yapılmış ve ekim tarihinden (ilk yıl:02.04.2010; ikinci yıl: 05.05.2011) hasada (ilk yıl:05.08.2010; ikinci yıl: 05.09.2011) dek sürdürülmüştür. Bu amaçla her parselin ortasına bir adet nötron borusu 90 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Sulamalardan bir gün önceki toprak su içeriğinin zamana göre değişimleri her iki deneme yılı için Şekil 4.1-2 ’de verilmiştir. Profilin 90 cm derinliğinde tarla kapasitesi üzerindeki su içeriği değerleri derine sızma olarak değerlendirilmiştir.

Deneme konularında birinci yıl 90 cm profildeki toprak nemleri susuz konu dışında tarla kapasitesi ile solma noktası arasındadır (Şekil 4.1). İlk deneme yılında sulama programı 18.05.2010 (DAS-47) tarihinde başlanmış ve 28.07.2010 (DAS-117) tarihinde tamamlanmıştır. CPE₁IL_{1.00} ve CPE₁IL_{1.25} konularında toprak profilinde mevsim boyunca daha yüksek nem değerleri gözlenirken, su stresinin yaşandığı kısıntılı sulama konularında kullanılabilir nemin %50 düzeyindedir (Şekil 4.1a). CPE₂ konularında sulama programı 23.05.2010 (DAS-52) tarihinde başlanmış, 24.07.2010 (DAS-113) tarihinde tamamlanmıştır. CPE₂IL_{0.50} konusu dışındaki tüm konularda nem değişimi yaklaşık kullanılabilir nemin %50 düzeyindedir (Şekil 4.1b). CPE₃ konularında sulamalar 27.05.2010 (DAS-56)

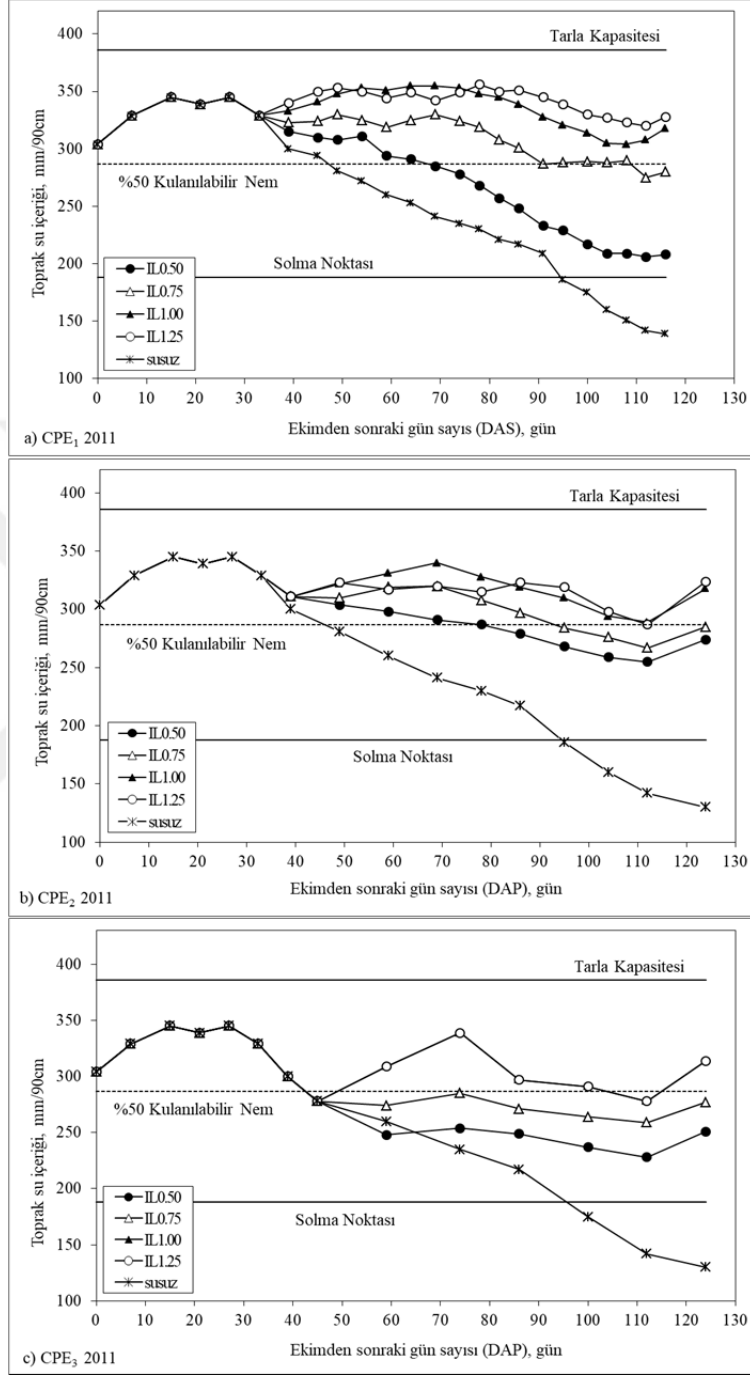
tarihinde başlanmış, 20.07.2010 (DAS-109) tarihinde tamamlanmıştır. Geç vejetatif dönemden sonra $CPE_3IL_{1.00}$ ve $CPE_3IL_{1.25}$ konuları dışındaki tüm konularda toprak nem içeriği %50 kullanılabilir nemin altındadır (Şekil 4.1c). Doorenbos ve Kassam, (1979) ayçiçeğinde yüksek verim eldesi için geç vejetatif, çiçeklenme ve dane dolum dönemlerinde kullanılabilir nemin %45'i tüketilmesine izin verilmemesi gerektiğini belirtmiştir.

Sezgin ve ark. (1993), İzmir-Menemen'de ayçiçeğinin farklı gelişme dönemlerinde farklı ıslatma derinliklerinin etkisini araştırmıştır. Sonuçta, ıslatma derinliği artıkça uygulanan sulama suyu, toplam bitki su tüketimi ve ayçiçeği dane verimi artış göstermiştir. En uygun ıslatma toprak derinliği 90 cm olarak saptanmıştır.

Deneme konularında ikinci yıl 90 cm profildeki toprak nemleri susuz konu dışında tarla kapasitesi ile solma noktası arasındadır (Şekil 4.2). İkinci deneme yılında sulama programı 07.06.2011 (DAS-33) tarihinde başlanmış ve 29.08.2011 (DAS-116) tarihinde tamamlanmıştır. $CPE_1IL_{1.00}$ ve $CPE_1IL_{1.25}$ konularında tüm gelişme dönemlerinde nem değerleri daha yüksek ölçülürken, $CPE_1IL_{0.50}$ ve susuz konuda çiçeklenme döneminde itibaren kullanılabilir nem %50 düzeyi altına düşmüştür (Şekil 4.2a). CPE_2 konularında sulama programı 13.06.2011 (DAS-39) tarihinde başlanmış, 25.08.2011 (DAS-112) tarihinde tamamlanmıştır. Tüm konularda nem değişimi dane oluşum dönemine kullanılabilir nemin %50 düzeyi üzerinde iken, izleyen günlerde ise $CPE_2IL_{1.25}$ ve $CPE_2IL_{1.00}$ konuları dışındaki kısıntılı sulama konuları %50 kullanılabilir nem düzeyinin altındadır (Şekil 4.2b). CPE_3 konularında sulamalar 19.06.2011 (DAS-45) tarihinde başlanmış, 25.08.2011 (DAS-112) tarihinde tamamlanmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu miktarlarındaki farklılığa bağlı olarak toprak nemleri değişiklik gözlenmiştir. Ayçiçeğinde çiçeklenme döneminde itibaren $CPE_3IL_{1.25}$ konusunun dışındaki tüm deneme konularında toprak nem içeriği değeri %50 kullanılabilir nemin altındadır (Şekil 4.2c).



Şekil 4.1. Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2010)



Şekil 4.2. Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2011)

4.4. Deneme Konulara İlişkin Ayçiçeği Bitki Su Tüketimi Değerleri

Ayçiçeği bitkisinin deneme konularına göre belirlenen mevsimlik su tüketimi değerleri 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.4'te verilmiştir. Deneme konularında ayçiçeği bitkisinin su tüketiminin belirlenmesinde su dengesi eşitliğinden yararlanılmıştır.

İlk deneme yılında mevsimlik su tüketimleri konulara göre 268-607 mm, 2011'de ise 243-611 mm arasındadır. Mevsimlik su tüketimleri konulara göre değişmiştir. Uygulanan sulama suyu düzeyindeki artışa bağlı olarak bitki su tüketimi değerleri de artış göstermiştir. En düşük ET değerleri susuz (kontrol) konuda hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketim Değerleri (ET) (2010, 2011)

Sulama aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Bitki Su Tüketim Değerleri(ET), mm		
		2010	2011	Ortalama
CPE ₁	IL _{0.50}	354	396	375
	IL _{0.75}	471	452	462
	IL _{1.00}	542	513	528
	IL _{1.25}	597	611	604
CPE ₂	IL _{0.50}	339	320	330
	IL _{0.75}	446	416	431
	IL _{1.00}	516	491	504
	IL _{1.25}	607	595	601
CPE ₃	IL _{0.50}	360	342	351
	IL _{0.75}	425	423	424
	IL _{1.00}	514	495	505
	IL _{1.25}	603	605	604
Susuz	Sz	268	243	256

Ayla (1984), Ankara'da ayçiçeğinin sulama suyu gereksimini 640 mm, mevsimlik bitki su tüketimi ise 815 mm olarak saptarken, Kadayıfçı ve Yıldırım (2000) ise ayçiçeğinde mevsimlik su tüketimini 755-929 mm arasında belirlemiştir.

Karam ve ark., (2007), Lübnan'da, Lizimetre ile ölçülen bitki su tüketimi (ET) değerlerini, sırasıyla 139 ve 131 günlük toplam gelişme süreleri için ilk yıl 765 mm ve ikinci yıl ise 882 mm olarak belirlenmiştir.

Matev ve ark., (2012), Bulgaristan'da susuz koşullarda yetiştirilen ayçiçeğinde ET değerlerini 274 - 331 mm arasında değiştiğini belirtmiştir.

Akçay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke'de ayçiçeğinde mevsimlik ET değerini deneme konularına bağlı olarak 191-676 mm arasında hesaplamıştır.

Gündüz ve ark., (2018), Konya koşullarında ayçiçeğinde su tüketimini 580 ile 650 mm arasında belirlemişlerdir. Ayçiçeğinin çiçeklenme ve tabla oluşumu döneminde oluşturulan su kısıtlaması tablanın küçülmesine ve tablada dane sayısının azalmasına ve sonuçta önemli derecede verim azalmasına sebep olmuştur.

Echarte ve ark., (2020), Arjantin'de ayçiçeğinin farklı bitki yoğunluğu (3, 6 ve 9 bitki m⁻²) koşullarında mevsimlik ET değerini 506-559 mm olarak saptamıştır.

Salbaş ve Erdem (2020), Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde toplam bitki su tüketimi değerlerini 2018 yılında 375-655 mm arasında, 2019 yılında ise 278-801 mm arasında hesaplamıştır. Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri uygulanan su miktarı arttıkça artmıştır.

4.5. Ayçiçeğinde Dane Verimi

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği dane verimlerine ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. İlk yıl varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. İlk deneme yılında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₂IL_{1.25} konusu birinci sınıfta yer almıştır. İkinci sınıfta ise CPE₁IL_{1.25}, CPE₂IL_{1.00} ve CPE₃IL_{1.25} konuları yer almıştır. En sık sulama aralığına sahip CPE₁ konuları ile en geniş sulama aralığına sahip CPE₃ konusundaki elde edilen dane verimleri CPE₂ konularından elde edilen dane verimlerinden daha düşük değerdedir.

İkinci yılı varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksiyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.5. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	6341.67	2113.89	0.0991	0.9576
Sul. Aralığı (SA)	2	1315888	657944	30.8421	0.0007*
Hata 1	6	127996	21332.6	2.3958	0.0550
Sul.Düzeyi (IL)	3	1.64e+7	5455692	612.7122	<0.0001**
CPE * IL	6	999212	166535	18.7031	<0.0001**
Hata 2	27	240412	8904		
Genel	47	19056925			<0.0001*

CV%=2,66

Çizelge 4.6. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	37189.6	12396.5	0.9043	0.4923
Sul. Aralığı (SA)	2	5277029	2638515	192.4655	<0.0001*
Hata 1	6	82254.2	13709	0.6117	0.7189
Sul.Düzeyi (IL)	3	1.82e+7	6081069	271.3277	<0.0001*
CPE * IL	6	378888	63147.9	2.8176	0.0292*
Hata 2	27	605131	22412		
Genel	47	24623698			<0.0001*

CV%=4.1

İlk yıl Çizelge’de görüleceği gibi ayçiçeği dane verimleri incelendiğinde; ortalama olarak dane verimlerinin 1670-4758 kg ha⁻¹, ikinci deneme yılında ise 1700-4890 kg ha⁻¹ arasındadır. Kuş zararına karşı parsellerde seçilen bitkilerde tabla oluşum dönemi başlangıcında beyaz bez torbalar ile tablalar korunmuştur. Dane verimlerine ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 4.7’de verilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₂IL_{1,25} konusu birinci sınıfta yer almıştır. İkinci sınıfta ise CPE₁IL_{1,25} konusu yer almıştır.

En sık sulama aralığına sahip CPE₁ konuları ile en geniş sulama aralığına sahip CPE₃ konusunda elde edilen dane verimleri CPE₂ konularından elde edilen dane verimlerinden daha düşüktür.

Çizelge 4.7. Konulardan elde edilen ayçiçeği dane verimleri

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama düzeyleri (IL)	Ayçiçeği Dane Verimi (kg ha ⁻¹)	
		2010 ^{**}	2011 ^{**}
CPE ₁	IL _{0.50}	2908 (f)	2855 (g)
	IL _{0.75}	3295 (e)	3335 (f)
	IL _{1.00}	3793 (c)	3940 (c)
	IL _{1.25}	4075(b)	4560 (b)
CPE ₂	IL _{0.50}	2703 (g)	3430 (ef)
	IL _{0.75}	3558 (d)	3700 (d)
	IL _{1.00}	4030 (b)	4117(c)
	IL _{1.25}	4758 (a)	4890 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	2675 (g)	2375 (h)
	IL _{0.75}	2943 (f)	2805 (g)
	IL _{1.00}	3740 (c)	3635 (de)
	IL _{1.25}	4080 (b)	4080 (c)
Susuz	Sz	1670	1700

LSD(0.05) (2010)=136,91; LSD(0.05) (2011)=217.21

Unger (1983), Texas, Bushland'da 1978-1980 yılları arasında yaptığı çalışmada sulamanın ayçiçeği gelişimi, kuru madde birikimi, toplam su kullanımı ve su kullanımı bitki gelişmesi oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmacı, tüm büyüme mevsimi boyunca, ekimden çiçeklenmeye kadar ve çiçeklenme periyodunda olmak üzere üç farklı sulama programı uygulamış ve sonuçta çiçeklenme periyoduna kadarki sulamanın yaprak gelişmesini arttırdığı ve kuru madde üretimini teşvik ettiği, çiçeklenme periyodundaki sulamaların tabla ve dane gelişimi için önemli olduğu, en yüksek dane ve kuru madde veriminin tüm büyüme mevsimi boyunca yeterli sulamanın yapıldığı konudan elde edilmesine karşın çiçeklenme periyodunda yapılan sulamayla elde edilen verim arasında önemli bir

farkın olmadığını, bunun yanı sıra sulamanın danelerdeki yağ içeriğini önemli düzeyde etkilediği bulunmuştur.

D'Amoto ve Giordano (1989), Battipagira'da yürütülen çalışmada farklı ayçiçeği çeşitlerinde sulama yapılmayan koşullarda 1.95 t/ha olan dane veriminin çiçeklenme periyodunda ve dane dolum periyodunda 50 mm sulama suyu ile 2270-2600 kg ha⁻¹ düzeyine çıktığını saptanmıştır.

Moraru ve ark. (1986) çalışmalarında sulama yapılmadan ayçiçeğinden 3340 kg ha⁻¹ verim alınabileceğini, çiçeklenme başlangıcında uygulanan 70 mm sulama suyu ile verimi 3600 kg ha⁻¹'a çıktığını saptanmıştır. Attane ve Marras (1989), Ottova'da farklı ayçiçeği çeşitleri üzerinde yürütülen çalışmada sulama yapılmayan koşullarda 2080-3280 kg ha⁻¹ dane veriminin elde edildiğini, tomurcuk oluşumu ve çiçeklenme başlangıcında uygulanan 50 mm sulama suyu ile verimin 3230-3870 kg ha⁻¹ olduğunu belirlemişlerdir.

Vasiliu (1986), sulama suyu uygulanmayan koşullarda ayçiçeğinin dane verimini 2640 kg ha⁻¹ elde etmiştir. Etkili kök derinliğinde toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tüketildiğinde sulama yapılması koşulunda verim 3340 kg ha⁻¹'a çıkmıştır. Anconelli ve Gallina (1989), ayçiçeğinde 50 mm sulama suyu uygulanmasıyla dane veriminin yaklaşık % 12 oranında artış sağlanmıştır.

Perniola ve ark. (1989), İtalya'da toplam 150 mm sulama uygulaması ile ayçiçeği dane veriminin 1420 kg ha⁻¹'dan 2200 kg ha⁻¹'a yükseldiğini belirtmişlerdir.

El-Hafez ve ark. (2002), Mısır'da ayçiçeğinde sulama aralığının 4 günden 8 güne çıkarılmasıyla dane veriminin %11 oranında kaybına neden olduğunu vurgulamıştır. Reddy ve ark. (1998), Su stresi çekmeyen konularda verim artışı % 51-54 oranında değişmiştir. Ayrıca, ayçiçeğinde dane doldurma ve çiçeklenme döneminde oluşacak su stresinin verimde önemli kayıplara neden olacağını belirtmiştir.

Quattar ve ark. (1992), Record ayçiçeği çeşidiyle 1989-1990 yıllarında sulama rejiminin ayçiçeğinin yağ içeriğine ve verimliliğine etkilerini inceledikleri araştırmalarında, sulamasız, tabla oluşumu, çiçeklenme başlangıcı, çiçeklenme sonunda ve her üç dönemde de 50 mm sulama suyu uygulamışlardır. Sulama yapılmayan uygulamalarda 1520 -1690 kg ha⁻¹ arasında, 3 dönemde yapılan sulamada ise 3140 - 3370 kg ha⁻¹ dane verimi elde edilmiştir. Çiçeklenme başlangıcında yapılan bir sulama üç sulama kadar etkili olmasına rağmen tabla oluşumu veya çiçeklenme sonunda yapılan bir sulamanın daha az etkili olduğu belirlenmiştir. Çiçeklenme sonunda yapılan sulamanın olgunlaşmayı geciktirdiğini, danedeki yağ içeriği değerlerinin tam sulama konusunda daha yüksek sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Ayçiçeğinde sulama zamanı ve uygulanan sulama suyu miktarı dane ve yağ verimini oldukça etkilemektedir (Krizmanic ve ark., 2003; Reddy ve ark., 2003; Iqbal ve ark., 2005). Su stresinin gelişme dönemlerindeki etkisi verim üzerine farklı olmaktadır (Erdem ve Delibaş, 2003; Turhan ve Baser, 2004). Genel olarak yüksek verim değerleri tam sulama koşullarında elde edilirken, çiçeklenme ve dane dolumu dönemlerindeki sulama uygulamalarında büyük oranda verimi etkilenmektedir. Ayçiçeğinde vejetatif dönemde sulama suyu uygulanması ilerleyen gelişme dönemlerindeki uygulanacak sulama sularının etkinliğini arttırmada önemlidir. Generatif dönemde özellikle dane dolum döneminde su stresi verimi azaltırken, çiçeklenme döneminde ise daha etkili negatif etkiye sebep olacaktır (Stone ve ark., 1996). Bu nedenle sulama suyunun yetersiz olduğu koşullarda belirtilen bitki gelişme dönemleri dikkate alınarak sulama uygulamaları yapılmalıdır.

Rinaldi (2001) suyun kısıtlı olduğu koşullarda uygulanacak sulamaların öncelikle tabla oluşumu ve çiçeklenme dönemlerinde olması gerektiğini, bu durumda net gelirin ve sulama randımanının daha yüksek belirlendiğini belirtmişlerdir. Reddy ve ark., 2003; Erdem ve Delibaş, (2003) ise suyun kısıtlı

olduğu koşullarda sulama programının kritik gelişme dönemleri olan çiçeklenme, tabla oluşumu ve süt olum dönemlerinde uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ayçiçeği susuz şartlarda yetiştirilebilen kurağa dayanıklı bir yağ bitkisi olup, güçlü kök yapısına sahiptir (Doorenbos ve Kassam, 1979; İlbaş ve ark., 1996; Gürbüz ve ark., 2003). Ancak, yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda yağış miktarı ve dağılımı uygun değilse, daha yüksek ayçiçeği verimi için uygun sulama programlaması yapılması zorunludur. Ayçiçeğinde gelişme dönemlerinde oluşabilecek uzun süreli su stresi tablanın gelişimini olumsuz etkilerken, tabladaki dane sayısının azalmasına ve sonuçta da verim kaybının oluşmasına sebep olacaktır (Kadayıfçı ve Yıldırım 2000; Sezen ve ark., 2011a-b).

Flagella ve ark. (2002), İtalya'da 1996 ve 1997 yıllarında yaptıkları araştırmada verim ve verim parametrelerinin sulama uygulamasında ve erken ekimden pozitif olarak etkilendiğini, susuz konularda daha düşük ayçiçeği dane verimi, bindane ağırlığı ve tablada dane sayısı elde edildiğini belirtmiştir.

İlbaş ve ark. (1996), Van'da sulama sayısının ayçiçeğinde bitki boyu, sap kalınlığı, tabla çapı, bin dane ağırlığı, dane verimi ve yağ verimini artırdığını, yağ oranını değiştirmedeğini bildirmişlerdir.

Elfaki ve ark. 2020, Sudan'da farklı büyüme dönemlerinde (vejetatif, tabla oluşumu, çiçeklenme ve dane doldurma) kısıntılı sulamanın ayçiçeği verimi ve su verimliliği üzerindeki etkilerini belirlediği çalışmada en yüksek verim tam sulanan konuda 2177 kg ha^{-1} elde edilirken, en düşük dane verimi çiçeklenme döneminde sulamanın yapılmadığı koşulda 1446 kg ha^{-1} elde edilmiştir. Farklı gelişme dönemlerinde oluşan su stresi ayçiçeği verim ve verim bileşenlerinde önemli azalmalara neden olmuştur (Unger, 1982; Hang ve Evans, 1985; El-Naim, 1992; Kadayıfçı ve Yıldırım, 2000; Badr El Din, 2003; Sezen ve ark., 2011a).

Erdem ve Delibaş (2003), Tekirdağ'da yetiştirilen ayçiçeğinde farklı sulama düzeylerinde dane verimleri ilk yıl $2770 - 5215 \text{ kg ha}^{-1}$, ikinci yıl ise $2544 - 5062 \text{ kg ha}^{-1}$ arasında değişmiştir.

Kazemeini ve ark. (2009), İran'da ayçiçeğinin kimi büyüme dönemlerinde tam ve kısıntılı sulamanın verim ve verim bileşenleri üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuçta, kısıntılı sulama koşullarında ayçiçeği dane veriminde önemli azalmalar saptamıştır.

Sulama düzeyleri ayçiçeğinin büyüme ve verim özelliklerini önemli derecede etkilerken, tam sulamaya göre kısıntılı sulama koşullarında ayçiçeği dane veriminde önemli azalmalar gözlenmiştir (Kazi ve ark., 2002; Khaliq and Cheema, 2005; Sezen ve ark., 2011a). Türkiye'de yarı kurak alanlarda sulamanın susuz konuya kıyasla ayçiçeğinin dane verimini %78 oranında (Göksoy ve ark., 2004; Oz ve ark., 2013), Lübnan'da % 33 (Karam ve ark., 2007) ve Amerika'da ise %47 oranında verimi arttırdığı belirlemiştir.

Kadasiddappa ve ark., (2015) Hindistan'da ayçiçeğinde yığılımlı pan buharlaşma (CPE) değerlerinin farklı oranlarını (% 40, 60, 80, 100 ve 120) damla sulama koşullarında test etmişlerdir. Sonuçta, artan sulama suyuna bağlı olarak %100 oranına kadar verim artışı saptanırken, yüksek su kullanım etkinliği % 80 CPE konusunda saptanmıştır.

Yavuz ve ark., (2018) yarı kurak iklim kuşağındaki Konya'da ayçiçeği tohum verimi değerini tam sulama konusunda 5370-6110 kg ha⁻¹ olarak saptamıştır.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde verim değerleri ilk yıl 2650-4850 kg ha⁻¹, ikinci yıl ise 213-422 kg ha⁻¹ arasında belirlemiştir. En yüksek verim değerleri tüm gelişme dönemlerinde tam sulama yapılan konuda, en düşük verim değeri ise susuz konudur.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde elde edilen dane verimleri sulama programına bağlı olarak ilk yıl 2730 -5040 kg ha⁻¹ arasında, ikinci yıl ise 2230-5190 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. Su kaynağının yeterli olduğu ve damla sulama yöntemi ile 7 gün sulama aralığındaki A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen buharlaşma miktarının % 100 ve 125'inin uygulanması önerilmiştir.

Yılmaz ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında farklı toprak tiplerinde ayçiçeğinde tohum verimlerini 2013 yılında 1640 - 2530 kg ha⁻¹, 2014 yılında 1600-2410 kg ha⁻¹ ve 2015 yılında 1770-2550 kg ha⁻¹ arasında belirlemiştir. Sonuçta, ayçiçeği üretiminde gerek çiftçi, gerekse bölge ve ülke ekonomisine katkısı bakımından yetiştiriciliğin öncelikli Vertisol toprak ordosunda yapılması gerektiği belirtmişlerdir.

4.6. Ayçiçeğinde Su Kullanım (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Konulara göre hesaplanan su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8’de görüleceği gibi 2010 deneme yılında WUE değerleri 0.62-0.82 kg m⁻³ arasındadır. En yüksek WUE değeri CPE₁IL_{0.50} konusundan, en düşük ise kontrol (susuz) konusundan çıkmıştır. İkinci deneme yılında konulara göre WUE değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8’de görüleceği gibi WUE değerleri 0.66-1.07 kg m⁻³ arasındadır. En yüksek WUE değeri CPE₂IL_{0.50} konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Araştırma yılında konulara göre uygulanan toplam sulama suyu, bitki su tüketimi, verim, su kullanma ve sulama suyu kullanma etkinliği değerleri

Yıl	Sulama Aralığı (CPE)	Sulama düzeyleri (IL)	Verim kg ha ⁻¹	ET (mm)	Sulama Suyu (mm)	WUE kg m ⁻³	IWUE kg m ⁻³
2010	CPE ₁	IL _{0.50}	2908	354	225	0.82	1.29
		IL _{0.75}	3295	471	338	0.70	0.97
		IL _{1.00}	3793	542	450	0.70	0.84
		IL _{1.25}	4075	597	563	0.68	0.72
	CPE ₂	IL _{0.50}	2703	339	212	0.80	1.28
		IL _{0.75}	3558	446	318	0.80	1.12
		IL _{1.00}	4030	516	424	0.78	0.95
		IL _{1.25}	4758	607	530	0.78	0.90
	CPE ₃	IL _{0.50}	2675	360	199	0.74	1.34
		IL _{0.75}	2943	425	298	0.69	0.99
		IL _{1.00}	3740	514	397	0.73	0.94
		IL _{1.25}	4080	603	603	0.68	0.68
	Susuz	Sz	1670	268	0	0.62	-
2011	CPE ₁	IL _{0.50}	2860	396	236	0.72	1.21
		IL _{0.75}	3340	452	348	0.74	0.96
		IL _{1.00}	3940	513	461	0.77	0.85
		IL _{1.25}	4560	611	578	0.75	0.79
	CPE ₂	IL _{0.50}	34300	320	221	1.07	1.55
		IL _{0.75}	3700	416	328	0.89	1.13
		IL _{1.00}	4120	491	436	0.84	0.94
		IL _{1.25}	4890	595	546	0.82	0.90
	CPE ₃	IL _{0.50}	2380	342	220	0.69	1.08
		IL _{0.75}	2810	423	327	0.66	0.86
		IL _{1.00}	3640	495	436	0.73	0.83
		IL _{1.25}	4080	605	546	0.67	0.75
	Susuz	Sz	1700	243	0	0.70	-

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği WUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Her iki deneme yılı varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. LSD testi sonuçları Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

İlk deneme yılında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_{1IL_{0.50}}$ konusu birinci sıradadır. İkinci sırada ise $CPE_{2IL_{0.50}}$ ve $CPE_{2IL_{0.75}}$ konuları yer almıştır. CPE_3 konularından elde edilen WUE değerleri daha düşük kalmıştır.

Çizelge 4.9. WUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00182	0.00061	1.2482	0.3724
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.05438	0.02719	55.8531	0.0001*
Hata 1	6	0.00292	0.00049	4.7258	0.0021*
Sul.Düzeyi (IL)	3	0.03367	0.01122	108.9640	<0.0001*
CPE * IL	6	0.02572	0.00429	41.6157	<0.0001*
Hata 2	27	0.00278125	0.000103		
Genel	47	0.12129792			<0.0001*

CV %=1.37

Çizelge 4.10. WUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00511	0.0017	32.6800	0.0004*
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.4017	0.20085	3856.360	<0.0001*
Hata 1	6	0.00031	5.21e-5	0.9657	0.4668
Sul.Düzeyi (IL)	3	0.04027	0.01342	248.8970	<0.0001*
CPE * IL	6	0.12605	0.02101	389.4979	<0.0001*
Hata 2	27	0.00145625	0.000054		
Genel	47	0.57489792			<0.0001*

CV%=0.95

Çizelge 4.8’de görüleceği gibi 2011’de WUE değerleri $0.66 - 1.06 \text{ kg/m}^3$ arasındadır. En yüksek sulama suyu kullanım randımanları ise $CPE_{2IL_{0.50}}$ konusunda, en düşük ise $CPE_{3IL_{0.75}}$ konusundan elde edilmiştir. 2011 yılına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi 2011 yılında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_{2IL_{0.50}}$ konusu birinci sınıfta, ikinci sınıfta ise $CPE_{2IL_{0.75}}$ konusudur. CPE_3 konularından elde edilen WUE

değerleri daha düşük kalmıştır. Benzer sonuçlar Akcay ve Dağdelen (2016) tarafından elde edilmiştir.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde WUE değerleri 0.69-0.84 kg/m³ arasındadır. En yüksek WUE değeri sadece toprak oluşum döneminde sulama yapılan konuda, en düşük ise WUE ise susuz konudan elde edilmiştir.

Yavuz ve ark., (2019) Konya’da ayçiçeğinde WUE değerleri 0.53-0.75 kg/m³ arasında belirlemiştir. En düşük WUE değerleri susuz konudan elde edilmiştir.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde elde edilen WUE değerleri denemenin ilk yılında 0.68-0.83 kg m⁻³, ikinci yılda ise 0.64-0.80 kg m⁻³ arasında hesaplamıştır. Sonuçta hesaplanan edilen WUE değerleri, daha önce Bursa koşullarında Demir ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmadaki 0.60-0.78 kg m⁻³ WUE değerleri, Aydın- Söke’de Süllü ve Dağdelen (2013) tarafından yapılan araştırmadaki 0.71-1.22 kg m⁻³, Yavuz (2016) tarafından Konya koşullarında yapılan araştırmadaki 0.53-0.75 kg m⁻³ WUE değerleri ile uyum içerisindedir.

Çizelge 4.8’de görüleceği gibi 2010 deneme yılında IWUE değerleri 0.68-1.34 kg m⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek IWUE değeri CPE₃IL_{0.50} konusundan, en düşük ise CPE₃IL_{1.25} konusundan çıkmıştır. İkinci deneme yılında konulara göre IWUE değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8’de görüleceği gibi IWUE değerleri 0.75-1.55 kg m⁻³ arasındadır. En yüksek IWUE değeri CPE₂IL_{0.50} konusundan elde edilirken, en düşük IWUE değeri ise CPE₃IL_{1.25} konusundan çıkmıştır.

Çizelge 4.11. Konulardan elde edilen ayçiçeği WUE değerleri

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama düzeyleri (IL)	Ayçiçeği WUE değerleri (kg m ⁻³)	
		2010*	2011*
CPE ₁	IL _{0.50}	0.82 (a)	0.71 (h)
	IL _{0.75}	0.70 (e)	0.73 (g)
	IL _{1.00}	0.69 (e)	0.76 (e)
	IL _{1.25}	0.68 (f)	0.75 (f)
CPE ₂	IL _{0.50}	0.79 (b)	1.06 (a)
	IL _{0.75}	0.79 (b)	0.88 (b)
	IL _{1.00}	0.77 (c)	0.83 (c)
	IL _{1.25}	0.77(c)	0.82 (d)
CPE ₃	IL _{0.50}	0.73 (d)	0.69 (i)
	IL _{0.75}	0.69 (e)	0.66 (j)
	IL _{1.00}	0.72 (d)	0.72 (gh)
	IL _{1.25}	0.68 (f)	0.67 (j)
Kontrol	Sz	0.62	0.70

LSD(0.05) (2010)=0.014; LSD(0.05) (2011)=0.011

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği IWUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.12 ve 4.13'da verilmiştir. İlk yıl varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. 2010 yılında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₃IL_{0.5} konusu birinci sınıfta yer almıştır. İkinci sınıfta ise CPE₁IL_{0.50} konusu yer almıştır. Herbir sulama aralığında yer alan IL_{1.00} ve IL_{1.25} sulama düzeylerinde daha düşük IWUE değerleri hesaplanmıştır.

2011 yılında IWUE değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi 2011 yılında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₂IL_{0.50} (yığışımli buharlaşma miktarı 50 mm olunca ve IL_{0.50}=0.50 sulama düzeyi) konusu birinci sınıfta yer alırken, CPE₁IL_{0.50} konusu ise ikinci sınıfta yer almıştır. Herbir sulama aralığında yer alan IL_{1.00} ve IL_{1.25} sulama düzeylerinde daha düşük IWUE değerleri hesaplanmıştır.

Birinci ve ikinci yıla ait IWUE değerleri incelendiğinde, herbir sulama aralığında yer alan $IL_{1.00}$ ve $IL_{1.25}$ sulama düzeylerinde $IL_{0.50}$ ve $IL_{0.75}$ düzeylerine oranla daha düşük değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 12. IWUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00507	0.00169	17.3929	0.0023*
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.09432	0.04716	485.0571	<0.0001*
Hata 1	6	0.00058	0.0001	1.1082	0.3835
Sul.Düzeyi (IL)	3	1.87102	0.62367	7108.900	<0.0001*
CPE * IL	6	0.10053	0.01676	190.9868	<0.0001*
Hata 2	27	0.0023688	0.000088		
Genel	47	2.0738979			<0.0001*

CV%=0.94

Çizelge 4.13. IWUE değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00426	0.00142	45.4000	0.0002*
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.52868	0.26434	8458.867	<0.0001*
Hata 1	6	0.00019	3.12e-5	0.7143	0.6413
Sul.Düzeyi (IL)	3	1.51954	0.50651	11577.44	<0.0001*
CPE * IL	6	0.16395	0.02733	624.5873	<0.0001*
Hata 2	27	0.0011813	0.000044		
Genel	47	2.2177979			<0.0001*

CV%=0.67

Demir ve ark. (2006) IWUE değerlerinin sulama düzeylerine göre değiştiğini ve $0.5-1.0 \text{ kg m}^{-3}$ arasında olduğunu vurgulamıştır. Kadasiddappa ve ark., (2015) Hindistan'da yetiştirilen ayçiçeğinde IWUE değerlerini $0.33-0.94 \text{ kg m}^{-3}$ arasında değişmiştir.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde IWUE değerleri 0.87-1.32 kg m⁻³ arasında belirlemiştir. En yüksek IWUE değeri sulama yapılmayan veya sadece tabla oluşum döneminde sulama yapılan konuda elde edilirken, en düşük IWUE değeri ise, bütün gelişme dönemlerinde tam sulama yapılan konudan elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. Konulardan elde edilen ayçiçeği IWUE değerleri

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama düzeyleri (IL)	Ayçiçeği IWUE değerleri (kg m ⁻³)	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	1.29 (b)	1.21 (b)
	IL _{0.75}	0.96 (f)	0.96 (e)
	IL _{1.00}	0.84 (i)	0.85 (i)
	IL _{1.25}	0.71 (j)	0.79 (k)
CPE ₂	IL _{0.50}	1.27 (c)	1.55 (a)
	IL _{0.75}	1.11 (d)	1.13 (c)
	IL _{1.00}	0.95 (f)	0.94 (f)
	IL _{1.25}	0.89 (h)	0.90 (g)
CPE ₃	IL _{0.50}	1.34 (a)	1.08 (d)
	IL _{0.75}	0.99 (e)	0.86 (h)
	IL _{1.00}	0.93 (g)	0.83 (j)
	IL _{1.25}	0.68 (k)	0.75 (l)

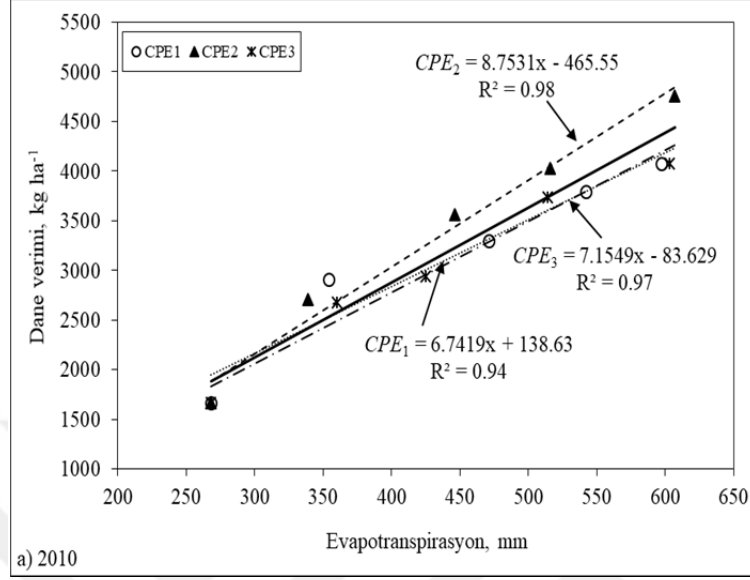
LSD(0.05) (2010)=0.013; LSD(0.05) (2010)=0.009

Yavuz ve ark., (2019) Konya’da ayçiçeğinde IWUE değerleri 0.7-3.7 kg m⁻³ arasında belirlemiştir. IWUE değerleri artan sulama suyun bağlı olarak azalmıştır.

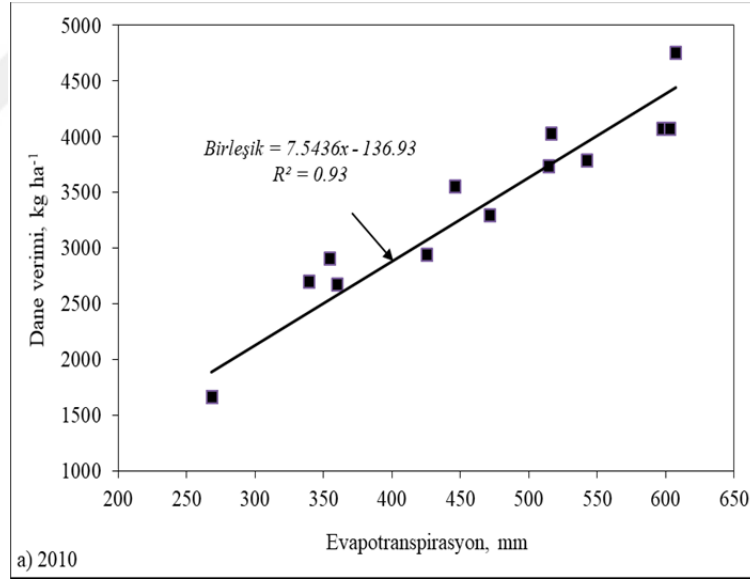
Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde elde edilen IWUE değerleri denemenin ilk yılında 1.50-4.39 kg m⁻³, ikinci yılda ise 0.78-2.06 kg m⁻³ arasındadır.

4.7. Ayçiçeğinde Bitki Su Tüketimi (ET)-Verim İlişkileri (Y)

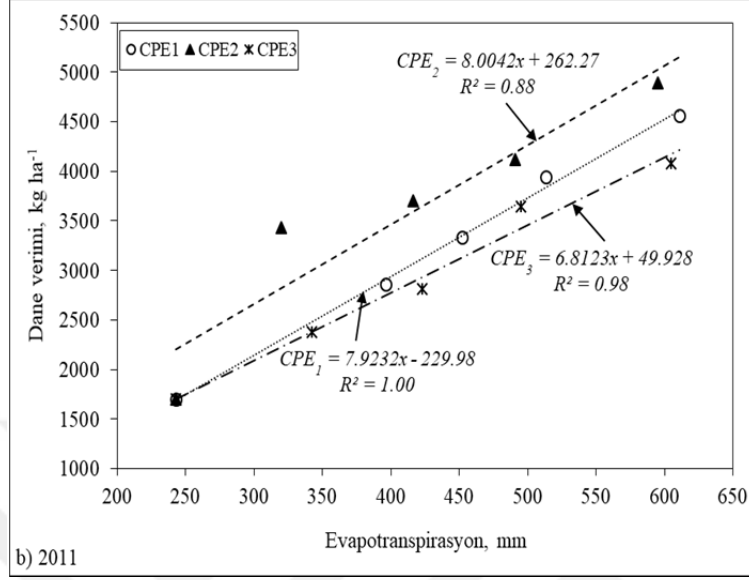
Birinci ve ikinci deneme yılında herbir sulama konularında belirlenen ayçiçeği bitki su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasındaki ilişkiler ve birleştirilmiş bitki su tüketimi-verim ilişkisi Şekil 4.3-4 ve Şekil 4.5-6’da verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde hem herbir sulama aralığı için, hem de bütün konuların dikkate alındığında bitki su tüketimi ile verim arasında önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.3-4) (Şekil 4.5-6).



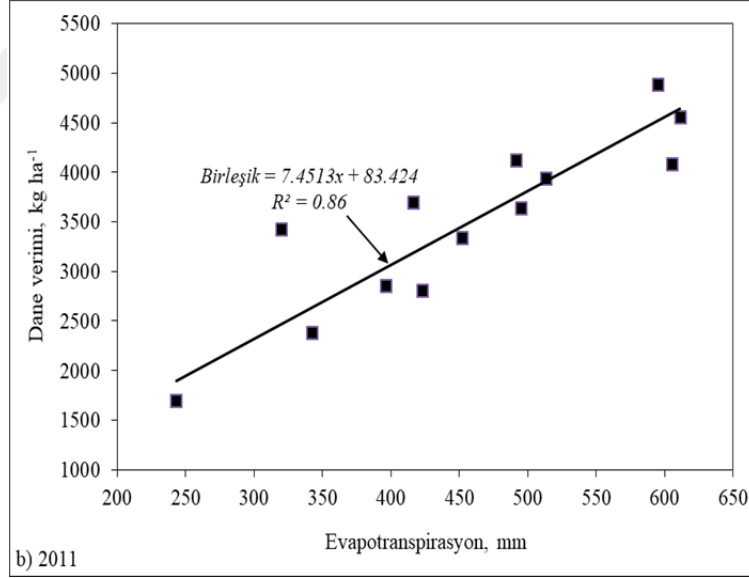
Şekil 4.3. Herbir sulama aralığı için bitki su tüketimi-verim ilişkisi (2010)



Şekil 4.4. Birleştirilmiş bitki su tüketimi-verim ilişkisi (2010)



Şekil 4.5. Her bir sulama aralığı için bitki su tüketimi-verim ilişkisi (2011)



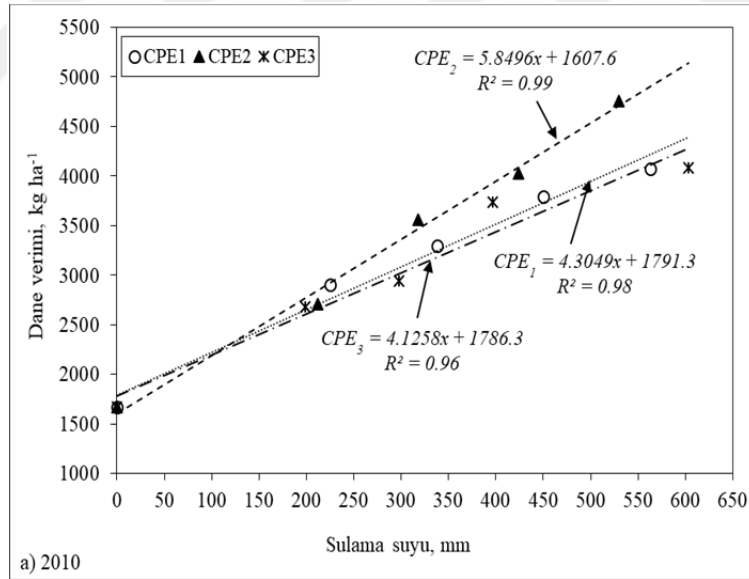
Şekil 4.6. Birleştirilmiş bitki su tüketimi-verim ilişkisi (2011)

4.8. Ayçiçeğinde Sulama Suyu (I)-Verim İlişkileri (Y)

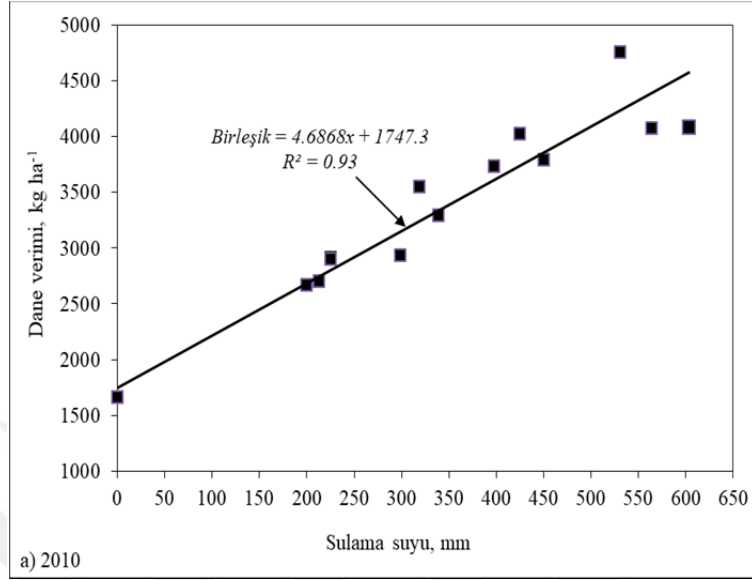
Her iki deneme yılında herbir sulama konularında belirlenen sulama suyu (I) ile verim (Y) arasındaki ilişkiler ve birleştirilmiş sulama suyu-verim ilişkisi Şekil 4.7-8 ve Şekil 4.9-10'da verilmiştir. Anılan şekiller incelendiğinde hem herbir sulama aralığında ve bütün konuların yer aldığı sulama suyu ile verim arasında önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır (Şekil 4.7-8) (Şekil 4.9-10).

Hang ve Evans (1985), ayçiçeğinin su-verim ilişkisini belirlemek amacıyla siltli kumlu topraklarda 1980-1981 yıllarında yaptıkları çalışmalarda, uygulanan sulama suyu miktarı artışına bağlı olarak verim ve yağ oranının arttığını, ancak birim alan verimindeki artışın sulama suyu miktarındaki artış oranı kadar olmadığını saptamışlardır.

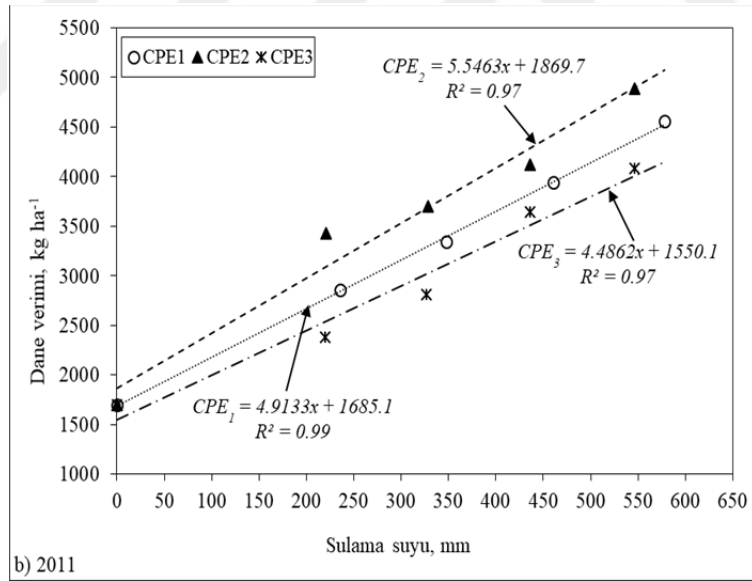
Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde uygulanan sulama suyu (I) ile verim (Y) arasındaki önemli doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.



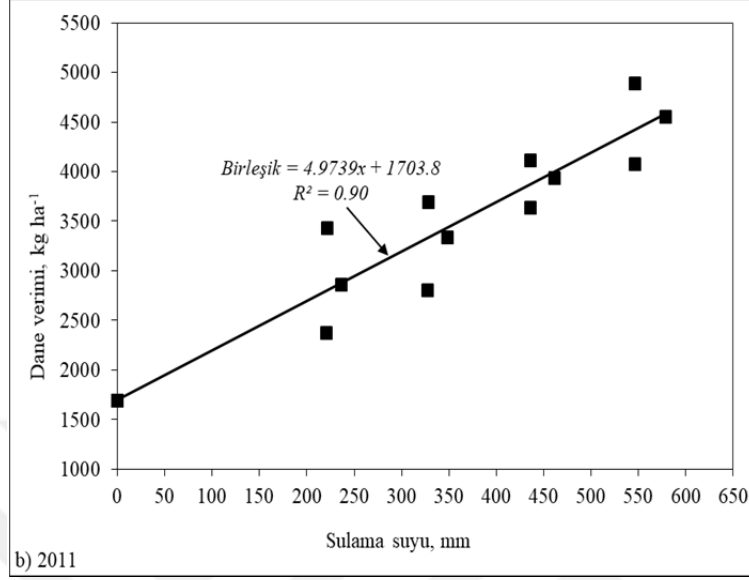
Şekil 4.7. Herbir sulama aralığı için sulama suyu-verim ilişkisi (2010)



Şekil 4.8. Birleştirilmiş sulama suyu-verim ilişkisi (2010)



Şekil 4.9. Her bir sulama aralığı için sulama suyu-verim ilişkisi (2011)



Şekil 4.10. Birleştirilmiş sulama suyu-verim ilişkisi (2011)

4.9. Ayçiçeği Bitkisinde Verim Bileşenlerine İlişkin Sonuçlar

Farklı sulama konularının Oleko yağlık ayçiçeği çeşidinde verim bileşenleri (bitki boyu, sap çapı, bindane ağırlığı, tablada çekirdek sayısı, tabla çapı iç / kabuk oranı) üzerine etkilerine ilişkin bulgular izleyen paragraflarda sunulmuştur.

4.9.1. Hasatta ayçiçeği bitki boyu

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği bitki boylarına ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmiştir. İlk deneme yılı varyans analizinde sulama aralığı * sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

İkinci yıl deneme konularından elde edilen ayçiçeği bitki boylarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. İkinci deneme yılı bitki boyları varyans analizi sonucunda; sulama aralığı bakımından istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Konulara ilişkin LSD gruplandırması 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S. D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	1.22729	0.4091	1.9507	0.2229
Sul. Aralığı (CPE)	2	1490.58	745.29	3553.701	<0.0001**
Hata 1	6	1.25833	0.20972	0.6055	0.7236
Sul.Düzeyi (IL)	3	124.236	41.4119	119.5611	<0.0001**
CPE * IL	6	357.74	59.6233	172.1398	<0.0001**
Hata 2	27	9.3519	0.3464		
Genel	47	1984.3931			<0.0001*

CV%= 0.3

Çizelge 4.17'de ayçiçeği bitki boylarının 2010 yılında 172.0-206.8 cm arasında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_3IL_{0.75}$ konusu birinci sınıfta yer almıştır. Susuz konuda ise en düşük bitki boyları ortalama 172 cm olarak ölçülmüştür. 2011 yılında bitki boylarının 170.0-198.0 cm arasında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ konusu birinci sınıfta yer almıştır. Susuz konuda ise en düşük bitki boyları ortalama 170.0 cm olarak ölçülmüştür.

Perniola ve ark. (1989), Guadinao di Lavello'da farklı ayçiçeği çeşitleri üzerinde sulamanın etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, sulama yapılmayan koşullar ile Haziran ve Temmuz aylarında uygulanan toplamı 150 mm sulama uygulamasıyla bitki boyunu ise 98.4 cm'den 122.9 cm'ye yükselttiğini belirtmişlerdir.

El-Hafez ve ark. (2002), Mısır'da bitki boylarının sulama aralığı genişledikçe (4, 6 ve 8 gün) % 5.6 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde bitki boyu değerlerini 129-156 cm, ikinci yıl ise 102-141 cm arasında belirlemiştir. En yüksek bitki boyu değeri tam sulama konusundan elde edilirken, en düşük bitki boyu değerleri ise susuz konudan elde edilmiştir. Ayçiçeğinde bitki boyu uygulanan sulama suyu arttıkça, bitkinin vejetatif gelişimi de artmıştır.

Yavuz ve ark. (2019), Konya’da ayçiçeğinde bitki boyu değerlerini 67-114 cm arasında saptamıştır.

Salbaş ve Erdem (2020), Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde bitki boyu değerlerini sulama konularına göre 178-194 cm, ikinci yıl ise 183-97 cm arasında belirlemiştir. Yılmaz ve Erdem (2021), Tekirdağ koşullarında farklı toprak ordolarında ayçiçeğinde bitki boyu değerlerini 119-156 cm arasında saptamıştır.

Çizelge 4.16. Bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	80.75	26.9167	0.1741	0.9101
Sul. Aralığı (CPE)	2	659.375	329.688	2.1325	0.1997
Hata 1	6	927.625	154.604	10.0556	<0.0001*
Sul.Düzeyi (IL)	3	510.75	170.25	11.0732	<0.0001*
CPE * IL	6	91.625	15.2708	0.9932	0.4497
Hata 2	27	415.1250	15.375		
Genel	47	2685.2500			<0.0001

CV%= 2.06

Çizelge 4.17. Konulara ilişkin ayçiçeği bitki boylarına ilişkin LSD sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği bitki boyu değerleri (cm)	
		2010*	2011*
CPE ₁	IL _{0.50}	186.9 (j)	185.8 (de)
	IL _{0.75}	186.4 (j)	188.0 (cd)
	IL _{1.00}	193.4 (g)	192.0 (bc)
	IL _{1.25}	188.5 (i)	195.0 (ab)
CPE ₂	IL _{0.50}	201.2 (c)	191.0 (bcd)
	IL _{0.75}	196.0 (e)	195.0 (ab)
	IL _{1.00}	194.8 (f)	193.0 (abc)
	IL _{1.25}	190.6 (h)	198.0 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	203.3 (b)	180.0 (f)
	IL _{0.75}	206.8 (a)	182.0 (ef)
	IL _{1.00}	200.1 (d)	188.8 (cd)
	IL _{1.25}	199.6 (d)	190.0 (bcd)
Susuz	Sz	172.0	170.0

LSD 2010 (0.05)=0.85; LSD 2011 (0.05)=5.69

4.9.2. Ayçiçeğinde konulara ait yaprak alan indeksi (LAI) değerleri

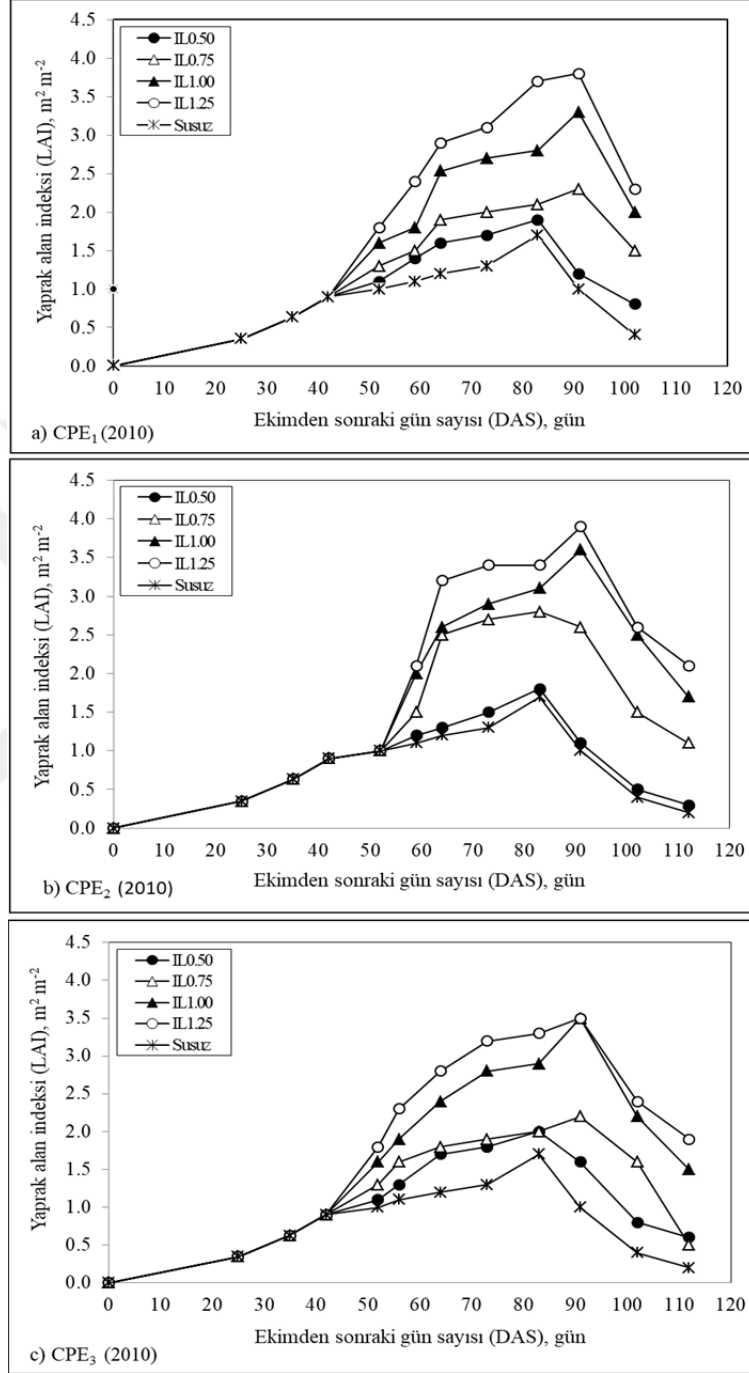
Araştırma süresince alınan bitki örneklerinde yaprak alanları optik yaprak alan ölçer ile ölçülmüş ve yaprak alan indeksi hesaplanmıştır. Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri 2010 yılı için Şekil 4.11’de verilmiştir. LAI değerleri genel olarak 0.0-3.9 arasında değişmiştir. Maksimum LAI değerleri ayçiçeği bitkisi çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır. CPE₁ ve CPE₃ sulama aralığında yer alan sulama konularında önemli farklar belirlenemezken, CPE₂ sulama aralığında yer alan aynı sulama düzeylerinde daha yüksek LAI değerleri ölçülmüştür. Susuz parsellerde en düşük LAI değerleri ölçülmüştür.

Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri 2011 deneme yılı için ise Şekil 4.12’de verilmiştir. Maksimum LAI değerleri ayçiçeği bitkisi çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır. İlk deneme yılında olduğu gibi CPE₁ ve CPE₃ sulama aralığında yer alan sulama konularında önemli farklar belirlenemezken, CPE₂ sulama aralığında yer alan aynı sulama düzeylerinde daha yüksek LAI değerleri ölçülmüştür.

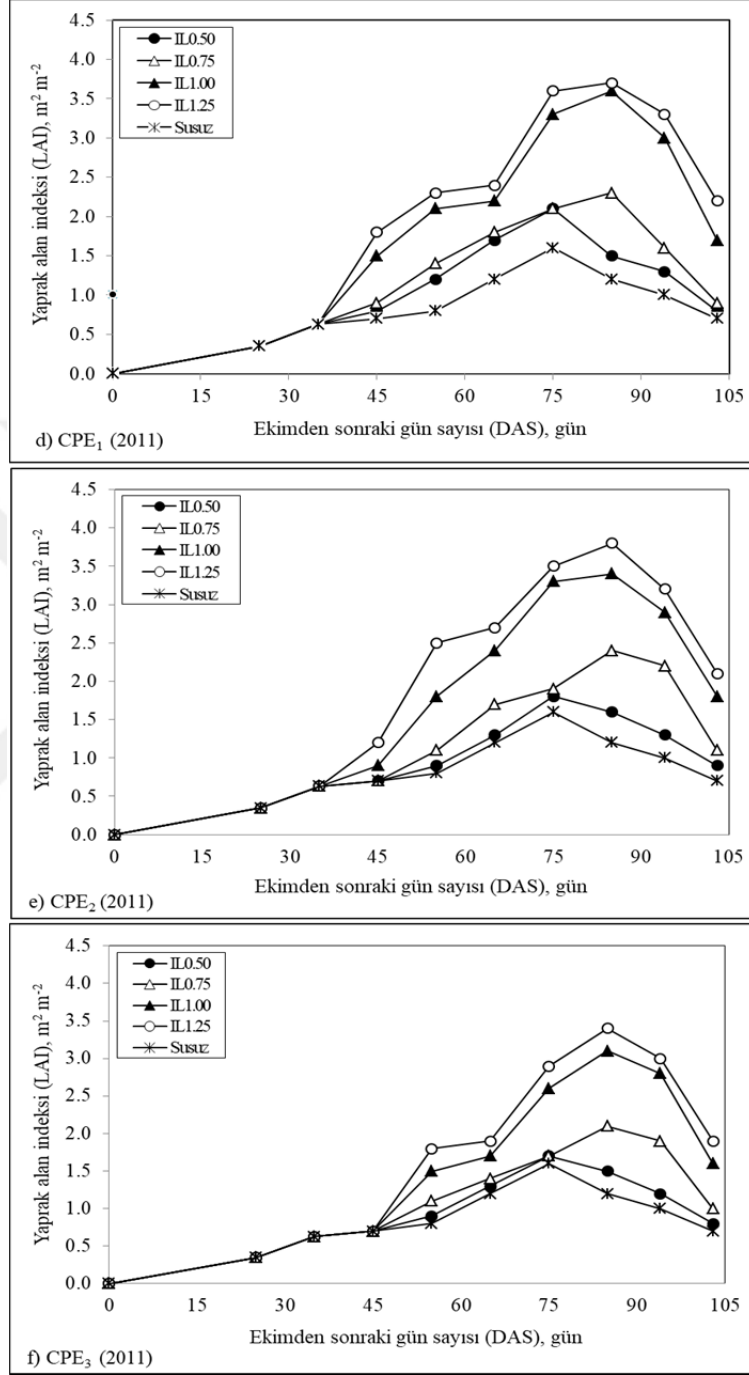
Susuz parsellerde en düşük LAI değerleri ölçülmüştür. Soriano ve ark. (2004), ayçiçeği bitkisinin tam sulama koşullarında LAI değerlerinin daha yüksek olduğunu belirlenmişlerdir.

Reddy ve ark. (1995), farklı ayçiçeği çeşitlerinde su stresi ile yaprak alanında azalmalar belirlemişlerdir. Ayrıca, anılan konularda verim değerleri de oldukça düşük saptanmıştır.

Sezen ve ark. (2011a) damla sulamada tam sulama konusunda en yüksek LAI değerleri (8.3) 2006 yılında ekimden 90 gün sonra (DAP 90) ve 2007 yılında (7.6) ise DAP 82 günlerinde saptanmıştır. En düşük LAI değerleri ise susuz konuda 1.1 ve 1.8 olarak belirlenmiştir. Sezen ve ark. (2011b) yağmurlama sulamada tam sulama konusunda ise en yüksek LAI değerleri (7.9) 2006 yılında DAP 88 ve 2007 yılında (8.4) ise DAP 80 günlerinde çiçeklenme döneminde belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Deneme konularında LAI'nin zamansal olarak değişimi (2010)



Şekil 4.12. Deneme konularında LAI'nin zamansal olarak değişimi (2011)

4.9.3. Ayçiçeğinde bitki sap çapı

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği bitki sap çaplarına ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.18-19'de verilmiştir. Her iki deneme yılında bitki sap çapına ait varyans analizinde sulama aralığı ile sulama düzeyi etkileşimini arasında istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Bitki sap çapına ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.01617	0.00539	25.1262	0.0009*
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.21136	0.10568	492.4951	<0.0001**
Hata 1	6	0.00129	0.00021	0.4496	0.8388
Sul.Düzeyi (IL)	3	4.11284	1.37095	2872.208	<0.0001**
CPE * IL	6	0.18837	0.0314	65.7745	<0.0001**
Hata 2	27	0.0128875	0.000477		
Genel	47	4.5429250			<0.0001*

CV%=0.84

Çizelge 4.19. Bitki sap çapına ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.07465	0.02488	0.8181	0.5294
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.15552	0.07776	2.5564	0.1574
Hata 1	6	0.1825	0.03042	1.2568	0.3098
Sul.Düzeyi (IL)	3	2.3406	0.7802	32.2372	<0.0001*
CPE * IL	6	0.18395	0.03066	1.2668	0.3053
Hata 2	27	0.6534500	0.024202		
Genel	47	3.5906667			<0.0001*

CV%=6.24

Her iki deneme yılına ait deneme konularından elde edilen ayçiçeği bitki çaplarına ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çizelge'de görüleceği gibi ayçiçeği sap çapları incelendiğinde; ortalama olarak sap çaplarının 2010 deneme yılında 1.86-3.04 cm arasında değiştiği görülmektedir. İlk yıl istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₂IL_{1,25} konusu birinci sınıfta yer

almıştır. Susuz konuda ise en düşük sap çapı ortalaması 1.86 cm olarak ölçülmüştür. İkinci deneme yılında ise ayçiçeği sap çapları ortalama olarak 1.79-2.89 cm arasında değiştiği görülmektedir. İkinci yıl istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde CPE₂IL_{1.25} konusu birinci sınıftadır. Susuz konuda ise en düşük sap çapı ortalaması 1.79 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.20. Sap çaplarına ilişkin LSD sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği sap çapları (cm)	
		2010*	2011*
CPE ₁	IL _{0.50}	2.29 (hi)	2.19 (e)
	IL _{0.75}	2.43 (g)	2.39 (cde)
	IL _{1.00}	2.73 (e)	2.53 (c)
	IL _{1.25}	2.99 (b)	2.82 (ab)
CPE ₂	IL _{0.50}	2.31 (h)	2.24 (e)
	IL _{0.75}	2.61 (f)	2.53 (c)
	IL _{1.00}	2.73 (e)	2.60 (bc)
	IL _{1.25}	3.04 (a)	2.89 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	2.07 (j)	2.28 (de)
	IL _{0.75}	2.27 (i)	2.17 (e)
	IL _{1.00}	2.78 (d)	2.48 (cd)
	IL _{1.25}	2.92 (c)	2.77 (ab)
Kontrol (Susuz)	Sz	1.86	1.79

LSD 2010 (0.05)=0.032; LSD 2011 (0.05)=0.23

El-Hafez ve ark. (2002), Mısır'da 1998-1999 yılları arasında sulama aralığının genişlemesi (4-8 gün) ile sap çapının % 11.5 oranında azaldığı belirlenmiştir. Benzer azalma ayçiçeği dane veriminde gözlenmiştir.

Akçay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke'de yürütülen çalışmada ayçiçeğinde sap çapı değerlerini sulama konularına göre 1.88-2.50 cm arasında saptamıştır.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde sap çapı değerlerini sulama konularına göre 2.45-2.70 cm, ikinci yıl ise 2.79-2.92 cm arasında belirlemiştir.

4.9.4. Ayçiçeğinde tabla çapı

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği tabla çaplarına ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılı için Çizelge 4.21-22’de verilmiştir. 2010 ve 2011’de tabla çapına ait varyans analizinde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.21. Tabla çapına ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	3.71229	1.23743	119.5906	<0.0001*
Sul. Aralığı (CPE)	2	1.08792	0.54396	52.5705	0.0002*
Hata 1	6	0.06208	0.01035	0.4671	0.8265
Sul.Düzeyi (IL)	3	165.944	55.3147	2496.962	<0.0001**
CPE * IL	6	9.59542	1.59924	72.1912	<0.0001**
Hata 2	27	0.59813	0.02215		
Genel	47	180.99979			<0.0001*

CV%=0.79

Çizelge 4.22. Tabla çapına ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	1.70552	0.56851	0.9197	0.4860
Sul. Aralığı (CPE)	2	1.3466	0.6733	1.0892	0.3949
Hata 1	6	3.70903	0.61817	1.6717	0.1664
Sul.Düzeyi (IL)	3	67.5958	22.5319	60.9334	<0.0001*
CPE * IL	6	8.28967	1.38161	3.7363	0.0078*
Hata 2	27	9.984050	0.36978		
Genel	47	92.630700			<0.0001*

CV%=3.47

Yapılan LSD testi sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.23’de verilmiştir. Tabla çapı değerleri konulara göre 13.5-22.10 cm arasındadır. İstatistiksel olarak %1 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ konusu birinci sınıftadır. Susuz konu ve herbir sulama aralığında yer alan $IL_{0.50}$ düzeylerinde en düşük tabla çapı değerleri ölçülmüştür. İkinci deneme yılında ise tabla çapı değerleri konulara göre

13.42-19.04 cm arasındadır. İstatistiksel olarak %1 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ konusu birinci sınıftadır. İlk deneme yılında olduğu gibi susuz konu ve her bir sulama aralığında yer alan $IL_{0.50}$ sulama düzeylerinde en düşük tabla çapı değerleri ölçülmüştür. Jana ve ark. (1982), sulamanın tabla çapını arttırdığını saptanmışlardır.

El-Hafez ve ark. (2002), Mısır'da 1998-1999 yılları arasında sulama aralığının genişlemesi (4-8 gün) ile tabla çapının %15.7 oranında azaldığı belirlenmiştir. Benzer azalma ayçiçeği dane veriminde gözlenmiştir.

Tarımsal üretimde daha da önem kazanan ayçiçeği bitkisi literatürlerde kurağa dayanıklı bitki olarak tanımlansa da uygun dönemlerde sulama yapıldığında verimde büyük artışlar olmaktadır. Bitkinin gelişme döneminde özellikle yağışların yetersiz olması nedeniyle geç vejetatif (bitki sapa kalktığı) dönemden itibaren çiçeklenme (tepe tomurcuğu görüldüğünde) ve dane oluşum döneminde (tablada daneler görüldüğünde) ortaya çıkan uzun süreli kuraklıklar tablaların küçülmesine, dane sayısının azalmasına ve bunların sonucunda ise verimin düşmesine neden olmuştur.

Çizelge 4.23. Tabla çaplarına ilişkin Duncan sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği tabla çapları (cm)	
		2010*	2011*
CPE ₁	IL _{0.50}	17.10 (i)	16.25 (ef)
	IL _{0.75}	18.50 (f)	17.85 (bc)
	IL _{1.00}	19.75 (e)	17.95 (bc)
	IL _{1.25}	20.45 (c)	18.01 (bc)
CPE ₂	IL _{0.50}	16.12 (j)	15.25 (g)
	IL _{0.75}	18.15 (g)	16.71 (de)
	IL _{1.00}	20.15 (d)	18.08 (bc)
	IL _{1.25}	22.10 (a)	19.04 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	15.92 (j)	15.46 (fg)
	IL _{0.75}	17.65 (h)	17.32 (cd)
	IL _{1.00}	20.27 (cd)	18.59 (ab)
	IL _{1.25}	21.20 (b)	19.34 (a)
Susuz	Sz	13.50	13.42

LSD 2010(0.05)=0.216; LSD 2011(0.05)=0.88

Akcay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke’de yürütülen çalışmada ayçiçeğinde tabla çapı değerlerini sulama konularına göre 16.8-22.6 cm arasında saptamıştır.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde tabla çapı değerlerini sulama konularına göre 14.7-17.4 cm, ikinci yıl ise 15.4-16.7 cm arasında belirlemiştir.

Yılmaz ve Erdem (2021) Tekirdağ koşullarında farklı toprak ordolarında ayçiçeğinde tabla çapını ilk yıl 18.4-22.8 cm, ikinci yıl 18.0-21.9 cm, üçüncü yıl ise 16.9-21.6 arasında ölçmüştür.

4.9.5. Ayçiçeğinde tablada çekirdek sayısı

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği tablasında yer alan çekirdek sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24-25’te verilmiştir. 2010 ve 2011 yılına ait varyans analizinde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Tablada çekirdek sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	1159.9	386.632	17.3388	0.0023*
Sul. Aralığı (CPE)	2	17879.5	8939.77	400.9116	<0.0001*
Hata 1	6	133.792	22.2986	1.4882	0.2197
Sul.Düzeyi (IL)	3	642872	214291	14301.49	<0.0001**
CPE * IL	6	256727	42787.9	2855.608	<0.0001**
Hata 2	27	404.56	15.0		
Genel	47	919176.98			<0.0001*

CV%=0.25

Çizelge 4.25. Tablada çekirdek sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	6804.92	2268.31	0.7092	0.5809
Sul. Aralığı (CPE)	2	489707	244854	76.5533	<0.0001*
Hata 1	6	19190.8	3198.47	0.7790	0.5936
Sul.Düzeyi (IL)	3	662891	220964	53.8191	<0.0001*
CPE * IL	6	535115	89185.8	21.7226	<0.0001*
Hata 2	27	110853.3	4105.7		
Genel	47	1824561.9			<0.0001*

CV%=4

Yapılan LSD testi sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.26'da verilmiştir. Tablada çekirdek sayısı değerleri 2010 yılında konulara göre 1032-1780 adet arasında değişmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ ve $CPE_3IL_{1.0}$ konusu birinci sınıftadır. İkinci deneme yılında ise tablada çekirdek sayısı değerleri konulara göre 1050-1854 adet arasında değişmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde $CPE_1IL_{1.25}$ birinci sınıfta yer alırken, anılan konuyu $CPE_2IL_{1.25}$ konusu izlemiştir. Her iki deneme yılında susuz konuda en düşük tablada çekirdek sayısı belirlenmiştir. Jana ve ark. (1982), sulamanın tabladaki dane sayısını arttırdığını saptanmışlardır.

Çizelge 4.26. ablada çekirdek sayısına ilişkin Duncan sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği tablada çekirdek sayısı (adet)	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	1426 (h)	1427 (g)
	IL _{0.75}	1615 (d)	1669 (cde)
	IL _{1.00}	1560 (f)	1642 (def)
	IL _{1.25}	1657 (c)	1854 (a)
CPE ₂	IL _{0.50}	1377 (j)	1750 (bc)
	IL _{0.75}	1495 (g)	1554 (f)
	IL _{1.00}	1592 (e)	1627 (def)
	IL _{1.25}	1780 (a)	1831 (ab)
CPE ₃	IL _{0.50}	1351 (k)	1199 (h)
	IL _{0.75}	1386 (i)	1335 (g)
	IL _{1.00}	1755 (b)	1706 (cd)
	IL _{1.25}	1596 (e)	1593 (ef)
Kontrol(susuz)	Sz	1032	1050

LSD 2010 (0.05)=5.62; LSD 2011 (0.05)=92,96

4.9.6. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği bindane ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.27-28'de verilmiştir. Her iki deneme yılında ayçiçeği bindane değerlerine ait varyans analizinde sulama aralığı * sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.27. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	6.39563	2.13188	41.7673	0.0002*
Sul. Aralığı (CPE)	2	245.695	122.848	2406.812	<0.0001**
Hata 1	6	0.30625	0.05104	2.2755	0.0661
Sul. Düzeyi(IL)	3	822.131	274.044	12217.42	<0.0001**
CPE * IL	6	83.2213	13.8702	618.3622	<0.0001**
Hata 2	27	0.6056	0.0224		
Genel	47	1158.3548			<0.0001*

CV%=0.19

Çizelge 4.28. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	42.2442	14.0814	1.1144	0.4143
Sul. Aralığı (CPE)	2	411.005	205.503	16.2638	0.0038*
Hata 1	6	75.8133	12.6356	1.4972	0.2168
Sul. Düzeyi(IL)	3	795.936	265.312	31.4361	<0.0001*
CPE * IL	6	195.242	32.5403	3.8556	0.0066*
Hata 2	27	227.8725	8.4397		
Genel	47	1748.1125			<0.0001*

CV%=3.64

Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.29’de verilmiştir. Çizelge’de görüleceği gibi ayçiçeğinde bindane ağırlığı incelendiğinde; 2010 yılında ortalama olarak ayçiçeğinde bin dane ağırlığı 65.00-89.15 g arasında değiştiği görülmektedir. Susuz konuda en düşük bin dane değerleri elde edilirken, en sık sulama aralığında (CPE₁) IL_{1,25}=1.25 konusunda ise en yüksek bin dane değerleri elde edilmiştir. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı 2011 deneme yılında ortalama olarak ayçiçeğinde bindane ağırlığı 63.60-90.60 g arasında değiştiği görülmektedir. Susuz konuda en düşük bindane değerleri (63.60 g) elde edilirken, en sık sulama aralığında (CPE₁) IL_{1,25}=1.25 konusunda ise en yüksek bindane değerleri elde edilmiştir.

Jana ve ark. (1982), yürütmüş oldukları çalışmada, sulamanın ayçiçeğinde bin dane ağırlığını arttırdığını saptamışlardır. Benzer sonuçlar Anconelli ve Gallina (1989) tarafından belirlenmiştir.

Perniola ve ark. (1989), İtalya’da yapmış oldukları çalışmada, ayçiçeği bitkisinin toplam 150 mm sulama uygulamasıyla bin dane ağırlığının 45.4 g’dan 51.7 g’a yükselttiğini belirtmişlerdir.

El-Hafez ve ark. (2002), Mısır’da 1998-1999 yılları arasında yapmış oldukları çalışmada, sulama aralığının genişlemesi (4-8 gün) ile bin dane ağırlığının % 7.1 azaldığı belirlenmiştir. Benzer azalma ayçiçeği dane veriminde de gözlenmiştir.

Çizelge 4.29. Ayçiçeğinde bindane ağırlığına ilişkin Duncan sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği bindane ağırlığı (g)	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	75.55 (h)	78.60 (cde)
	IL _{0.75}	82.27 (f)	82.00 (bc)
	IL _{1.00}	83.27 (d)	84.00 (b)
	IL _{1.25}	89.15 (a)	90.60 (a)
CPE ₂	IL _{0.50}	75.05 (i)	75.00 (ef)
	IL _{0.75}	83.02 (e)	76.60 (de)
	IL _{1.00}	84.25 (c)	78.40 (cde)
	IL _{1.25}	85.42 (b)	80.65 (bcd)
CPE ₃	IL _{0.50}	72.65 (k)	70.70 (g)
	IL _{0.75}	74.27 (j)	72.00 (fg)
	IL _{1.00}	80.75 (g)	83.40 (b)
	IL _{1.25}	82.25 (f)	84.00 (b)
Kontrol (Susuz)	Sz	65.00	63.60

LSD 2010 (0.05)=0.217; LSD 2011 (0.05)= 4.21

Akçay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke’de yürüttükleri çalışmada ayçiçeğinde bindane ağırlığı değerlerini sulama konularına göre 54.8-67.0 g arasında saptamışlardır.

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında yapmış oldukları çalışmada, ayçiçeğinde bin dane ağırlığı 40.6-63.6 g arasında, ikinci yıl ise 41.1-63.6 g arasında değişmiştir. Ayçiçeğinde bindane ağırlığı değerleri uygulanan sulama programından önemli derecede etkilenirken, tabla çapı ve tabladaki dane sayısının önemli etkisi olmuştur. En yüksek değerler tüm gelişme dönemlerinde tam sulama konusunda, en düşük değerler ise susuz konuda belirlenmiştir.

Yavuz ve ark., (2019) Konya koşullarında ayçiçeğinde farklı sulama konularında bindane ağırlığı 41.0-81.6 g arasında değişmiştir.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında yapmış oldukları çalışmada, ayçiçeğinde bin dane ağırlığı değerlerini sulama konularına göre 76.3-88.1 g, ikinci yıl ise 70.3-74.0 g arasında ölçmüştür.

4.9.7. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranı

İç ve kabuğu ayrılmış 4x100 adet tohumun 68°C’de sabit ağırlığa gelinceye dek kurutulması ile tartılarak ortalama kabuk ağırlığı belirlenmiştir. Deneme konularından elde edilen ayçiçeği iç/kabuk oranına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30-31’de verilmiştir. Her iki deneme yılına ait iç/kabuk oranına ait varyans analizinde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.30. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranına ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.08873	0.02958	10.0953	0.0093*
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.50625	0.25313	86.3956	<0.0001*
Hata 1	6	0.01758	0.00293	3.3186	0.0141*
Sul. Düzeyi(IL)	3	0.0727	0.02423	27.4483	<0.0001**
CPE * IL	6	0.84866	0.14144	160.2090	<0.0001**
Hata 2	27	0.0238375	0.000883		
Genel	47	1.5577667			<0.0001*

CV%=1.45

Çizelge 4.31. Ayçiçeğinde iç/kabuk oranına ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	1.04e-6	3.47e-7	0.8363	0.5213
Sul. Aralığı (CPE)	2	0.59584	0.29792	717946.7	<0.0001*
Hata 1	6	2.49e-6	4.15e-7	1.0424	0.4204
Sul. Düzeyi (IL)	3	0.06729	0.02243	56344.90	<0.0001*
CPE * IL	6	0.77917	0.12986	326216.3	<0.0001*
Hata 2	27	0.0000107	3.981e-7		
Genel	47	1.4423211			<0.0001*

CV%=3.06

Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelge’de görüleceği gibi ayçiçeğinde iç/kabuk oranı incelendiğinde; ortalama olarak 2010 yılında ayçiçeğinde iç / kabuk oranı 1.71-2.31 arasındadır. $CPE_{1IL_{0.50}}$ ve $CPE_{1IL_{0.75}}$ konularında iç/kabuk oranı bakımından yapılan LSD gruplandırmasında ilk grupta

yeralmıştır. İkinci deneme yılında ise ayçiçeğinde iç/kabuk oranı incelendiğinde; ortalama olarak ayçiçeğinde iç/kabuk oranının 1.70-2.33 arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki yılda en düşük iç/kabuk oranları susuz konuda saptanmıştır.

Çizelge 4.32. Ayçiçeğinde iç / kabuk oranına ilişkin LSD sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeğinde iç/kabuk oranı	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	2.31 (a)	2.33 (b)
	IL _{0.75}	2.30 (a)	2.33 (a)
	IL _{1.00}	1.90 (f)	1.94 (g)
	IL _{1.25}	2.25 (b)	2.22 (c)
CPE ₂	IL _{0.50}	2.01 (d)	2.03 (f)
	IL _{0.75}	1.86 (fg)	1.85 (i)
	IL _{1.00}	2.16 (c)	2.12 (e)
	IL _{1.25}	2.02 (d)	2.03 (f)
CPE ₃	IL _{0.50}	1.96 (e)	1.94 (g)
	IL _{0.75}	1.81 (h)	1.81 (j)
	IL _{1.00}	2.16 (c)	2.16 (d)
	IL _{1.25}	1.85 (gh)	1.86 (h)
Kontrol (Susuz)	Sz	1.71	1.70

LSD 2010 (0.05)=0.043; LSD 2011 (0.05)=0.0009

4.9.8. Ayçiçeğinde hasat indeksi

Beadle (1985), tarafından birim alandan elde edilen dane ağırlığının toprak üstü toplam kuru maddeye oranı olarak tanımlanan hasat indeksini (HI) aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$HI = \frac{Y}{DM} \quad (3.8)$$

Eşitlikte. HI, hasat indeksi; Y, birim alanda elde edilen ayçiçeği dane verimi (kg); DM, birim alandan elde edilen toprak üstü toplam kuru madde ağırlığı (kg)'dır.

Deneme konularından elde edilen 2010 ve 2011 yılı ayçiçeği hasat indeksine (HI) ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33-4.34’de verilmiştir. 2010 ve 2011’de HI değerlerine ait varyans analizinde sulama aralığı * sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.33. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.24151	0.0805	0.0889	0.9635
Sul. Aralığı (CPE)	2	68.9316	34.4658	38.0758	0.0004*
Hata 1	6	5.43114	0.90519	2.4730	0.0490*
Sul. Düzeyi (IL)	3	302.754	100.918	275.7057	<0.0001*
CPE * IL	6	16.4426	2.74043	7.4868	<0.0001*
Hata 2	27	9.88296	0.3660		
Genel	47	403.68404			<0.0001*

CV%=2.62

Çizelge 4.34. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	2.25658	0.75219	1.2620	0.3684
Sul. Aralığı (CPE)	2	80.6955	40.3477	67.6955	<0.0001*
Hata 1	6	3.57611	0.59602	0.6050	0.7240
Sul. Düzeyi (IL)	3	324.575	108.192	109.8225	<0.0001*
CPE * IL	6	17.1054	2.85089	2.8939	0.0261*
Hata 2	27	26.59908	0.9852		
Genel	47	454.80801			<0.0001*

CV%=4.07

Yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.35’de verilmiştir. Çizelge’de görüleceği gibi ayçiçeğinde HI incelendiğinde; ortalama olarak 2010 yılında ayçiçeğinde HI değerleri 18.50-28.69 arasında değiştiği görülmüştür. Susuz konuda en düşük HI değerleri elde edilmiştir. İkinci deneme yılında ise ayçiçeğinde HI

incelendiğinde; ortalama olarak ayçiçeğinde HI değerleri 19.09-29.31 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.35. Ayçiçeğinde HI değerlerine ilişkin LSD sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeğinde HI değerleri	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	20.59 (g)	21.88 (e)
	IL _{0.75}	21.79 (f)	22.44 (e)
	IL _{1.00}	24.49 (cd)	25.50 (bc)
	IL _{1.25}	25.69 (b)	28.69 (a)
CPE ₂	IL _{0.50}	20.69 (g)	23.95 (d)
	IL _{0.75}	23.69 (de)	24.48 (cb)
	IL _{1.00}	24.60 (c)	25.54 (bc)
	IL _{1.25}	28.69 (a)	29.31 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	18.50 (h)	19.09 (f)
	IL _{0.75}	19.29 (h)	20.39 (f)
	IL _{1.00}	23.10 (e)	24.39 (cd)
	IL _{1.25}	25.10 (bc)	26.82 (b)
Kontrol (Susuz)	Sz	23.00	22.00

LSD 2010 (0.05)=0.877; LSD 2011 (0.05)=1.44

Sonuçta ayçiçeği verim ve verim bileşenleri gibi HI'nin farklı sulama aralığında yer alan kısıntılı sulama düzeyi programından önemli derecede etkilenmiştir. Benzer sonuçlar Tabatabaei ve ark. (2012) tarafından elde edilmiştir.

Demirel (2014) Kırşehir koşullarında 20 yağlık ayçiçeği çeşidinde yürütülen çalışmada HI değerleri 32.6-48.4 arasında değişmiştir.

4.10. Ayçiçeğinde Hastalık Gözlemi, Patojenlerin İzolasyonu ve Tanısı

Araştırmanın ilk yılında Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsünde 15 Temmuz 2010 tarihinde ayçiçeği bitkilerinden yapılan izolasyonlarda ve 2 Ağustos 2010 tarihinde deneme parsellerinde yapılan gözlemler neticesinde deneme parsellerinde *Botrytis cineria*'nin neden olduğu Botrytis Tabla Çürüklüğü hastalığı tespit edilmiştir.

Bölgemizde ayçiçeğinde sorun olan en önemli fungal hastalıklardan Ayçiçeği Mildiyösü (*Plasmopara helianthi*) yaygınlığında nem ve iklim faktörleri çok önem taşımaktadır. Abiyotik faktörlerden olan sulama fungal hastalıkların oluşumunu teşvik ederek önemli ürün kayıplarına neden olabilir. Özellikle mildiyö, yağışlı ve nemli geçen mevsimlerde geniş alanlarda görülmekte ve önemli derecede verim kayıplarına neden olmaktadır. Hastalık aynı zamanda sulama ile de yakından ilişkilidir (Zimmer ve Hoes, 1978; Kolte, 1985). Damla sulamanın yapıldığı deneme parsellerinde hastalık surveyleri sırasında Ayçiçeği Mildiyösüne rastlanmamıştır.

Erken dönem zararlılarından olan Pythium Fide Kök Çürüklükleri ve Kök Yanıklıkları bitkinin bu dönemi kısa sürede ve sağlıklı geçirmesine etki eden fungal hastalıklardır. Sulama ve gübreleme erken dönem zararlıları için çok önemli iki faktördür bitki hastalığa yakalanmadan fide dönemini atlatması verimi ve kaliteyi etkilemektedir (Sanchez ve Gallego, 2002). Nisan ayında ekimi yapılan ayçiçeği deneme parsellerinde fide kök çürüklükleri açısından herhangi bir hastalık simptomuna rastlanmamıştır.

Araştırmanın ikinci yılında deneme parsellerinde, ekimden hasada kadar yapılan periyodik olmayan hastalık çıkışı kontrollerinde fide dönemi hastalıklarına rastlanmamıştır. Vejetasyonun ilerleyen dönemlerinde ise bölgemiz iklim koşullarının da bu sezon uygun gitmemesi nedeniyle deneme parsellerinde Ayçiçeği mildiyösü hastalığı görülmüştür. Damla sulama parsellerinde 1-2 bitkide hastalık görülmüş, ancak istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tabla çürüklüğünde mildiyö hastalığına benzer olarak kısmen görülmüştür.

4.11. Ayçiçeğinde Yağ %'si

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği yağına ilişkin varyans analiz sonuçları 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.36-37'de verilmiştir. Her iki deneme yılına ait % yağ değerlerine ilişkin varyans analizinde sulama aralığı *

sulama düzeyi interaksyonu arasında istatistiksel olarak % 5 hata düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çizelge 4.36. Ayçiçek yağ %'sine ilişkin varyans analiz sonuçları (2010)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	10.655	3.55167	9.3125	0.0113*
Sul. Aralığı (CPE)	2	79.0022	39.5011	103.5717	<0.0001*
Hata 1	6	2.28833	0.38139	0.9224	0.4945
Sul. Düzeyi(IL)	3	856.827	285.609	690.7829	<0.0001*
CPE * IL	6	30.1889	5.03148	12.1693	<0.0001*
Hata 2	27	11.16333			
Genel	47	990.12444	0.4135		

CV%=1.76

Çizelge 4.37. Ayçiçek yağ %'sine ilişkin varyans analiz sonuçları (2011)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	1.33389	0.44463	1.4157	0.3273
Sul. Aralığı (CPE)	2	111.347	55.6737	177.2630	<0.0001*
Hata 1	6	1.88444	0.31407	0.7416	0.6210
Sul. Düzeyi(IL)	3	579.788	193.263	456.3265	<0.0001*
CPE * IL	6	49.0052	8.16753	19.2849	<0.0001*
Hata 2	27	11.43500	0.4235		
Genel	47	754.79407			<0.0001*

CV%=1.53

Konulara ilişkin LSD gruplandırması 2010 ve 2011 deneme yılları için Çizelge 4.38'da verilmiştir. Çizelge 4.38'da görüleceği gibi ayçiçeği yağ %'si incelendiğinde; yağ %'lerinin 2010 yılında %33.70-48.33 arasında değiştiği görülmektedir. İstatistiksel olarak %1 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ konusu birinci sınıftadır. 2011'de ayçiçeği yağ %'leri; %36.1-51.1 arasındadır. Çizelgeden de görüleceği gibi istatistiksel olarak %1 hata düzeyinde $CPE_2IL_{1.25}$ ilk deneme yılında olduğu gibi birinci sınıftadır. Susuz konuda ise en düşük yağ %'si deneme yıllarına sırasıyla %33.7 ve %36.1 olarak ölçülmüştür.

Decau ve All (1973), Fransa’da kahverengi alüviyal topraklarda yaptıkları denemelerde farklı iklim koşullarında yapılan sulamalar ile ayçiçeğinin kalite ve verim öğelerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta, sıcaklığa ve nem koşullarına bağlı olarak sulamanın, ayçiçeği dane verimini ve yağ oranını arttırdığını bulmuşlardır. Jana ve ark (1982), sulamanın dane ile yağ verimi ile yağ oranını arttırdığını bulmuşlardır. Benzer sonuçlar Anconelli ve Gallina (1989); İlbaş ve ark. (1996); Erdem ve ark. (2001); Flagella ve ark. (2002); Erdemoğlu ve ark. (2003) tarafından saptanmıştır.

Çizelge 4.38. Ayçiçeği yağ %’sine ilişkin LSD sınıflandırması

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyleri (IL)	Ayçiçeği yağ oranı(%)	
		2010*	2011**
CPE ₁	IL _{0.50}	34.43 (ij)	39.80 (f)
	IL _{0.75}	36.30 (g)	40.90 (e)
	IL _{1.00}	42.80 (cd)	43.80 (c)
	IL _{1.25}	43.56 (bc)	46.40 (b)
CPE ₂	IL _{0.50}	35.33 (hi)	39.40 (f)
	IL _{0.75}	37.50 (f)	40.20 (ef)
	IL _{1.00}	44.06 (b)	46.93 (b)
	IL _{1.25}	48.33 (a)	51.10 (a)
CPE ₃	IL _{0.50}	33.93 (j)	37.20 (h)
	IL _{0.75}	35.50 (gh)	38.30 (g)
	IL _{1.00}	40.93 (e)	42.70 (d)
	IL _{1.25}	42.50 (d)	44.53 (c)
Kontrol	Sz	33.70	36.10

LSD 2010 (0.05)=0.932; LSD 2011(0.05)=0.94

Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde yağ %’sini ilk yıl 45.6-54.8, ikinci deneme yılında ise 40.2 ile 51.8 arasında belirlemiştir. En düşük yağ %’si değerleri susuz konudan alınmıştır.

Yavuz ve ark., (2019) Konya’da ayçiçeğinde en yüksek yağ %’leri değerlerini kcp: 1.25 düzeyinde elde ederken, en düşük yağ %’leri ise susuz konudan alınmıştır. Deneme yıllarında % yağ değerleri sulama konularına göre % 55.3-60.3 arasında değişmiştir.

Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde % yağ değerlerini sulama konularına göre 38.9-41.2, ikinci yıl ise 39.4-41.8 arasında hesaplamıştır.

4.12. Ayçiçeğinde Verim Tepki Etmeni (ky), Yağ Verimi Tepki Etmeni (ky_{yağ})

Oransal su tüketimi eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişkiye dayanan Stewart ve ark., (1976) eşitliğine dayanarak herbir sulama aralığı ve bütün konulara ait veriler dikkate alınarak ky değerleri her iki yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.39) (Şekil 4.13-16).

Çizelge 4.39. Ayçiçeğinde verim tepki etmeni (ky), yağ verimi tepki etmeni (ky_{yağ}) değerleri (2010, 2011)

Sulama Aralığı	2010		2011	
	ky	ky _{yağ}	ky	ky _{yağ}
CPE ₁	0.78	1.04	0.89	1.09
CPE ₂	0.89	1.20	0.72	1.05
CPE ₃	0.78	1.04	0.74	0.96
Birleştirilmiş	0.82	1.09	0.77	1.03

İlk deneme yılında en sık sulama aralığında (CPE₁) ve en geniş sulama aralığında (CPE₃) ky değeri 0.78 olarak hesaplanırken, CPE₂ sulama aralığında ise 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.44, Şekil 4.13). 2010 yılına ait bütün verilere göre yapılan hesaplamada ise ky değeri 0.82 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44, Şekil 4.14).

Verim tepki etmeni (ky) değerleri 2011 deneme yılında hesaplanarak Çizelge 4.44 ve Şekil 4.22’de gösterilmiştir. En sık sulama aralığında (CPE₁) ky değeri 0.89, en geniş sulama aralığında (CPE₃) ky değeri 0.74 olarak belirlenirken,

CPE₂ sulama aralığında ise 0.72 olarak saptanmıştır (Şekil 4.15). 2011’de bütün veriler göz önüne alınarak yapılan hesaplamada ise ky değeri 0.77 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).

Karaata (1991), Ayçiçeğinde mevsimlik ky değerini 0.90 olarak hesaplariken, farklı gelişme dönemlerinde ise ky değeri 0.83-1.21 arasında değiştiğini saptanmıştır.

Kadayıfçı ve Yıldırım (2000), Ankara’da mevsimlik ky değerini 0.81, farklı gelişme dönemlerinde ise 0.50-0.75 olarak hesaplanmışlardır.

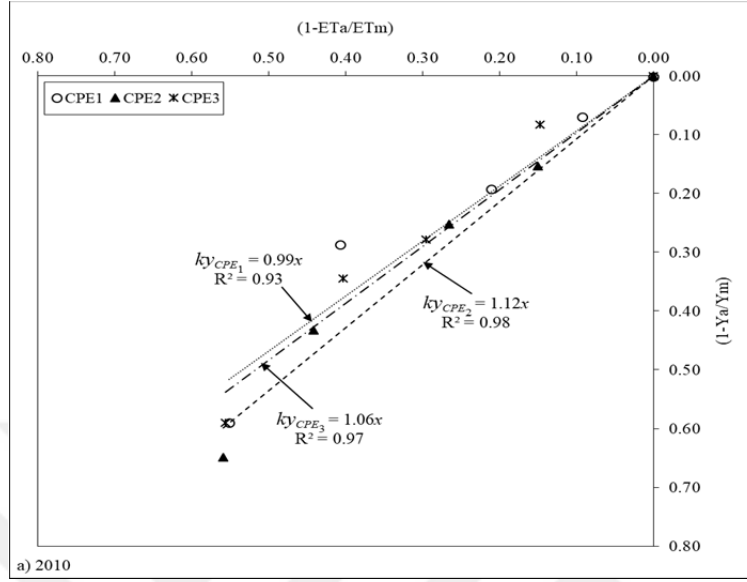
Erdem ve Delibaş (2003), Tekirdağ’da ayçiçeğinde mevsimlik ky değerini 0.98 ve 0.77 hesaplanmışlardır.

Akçay ve Dağdelen (2016) Aydın-Söke’de iki yıl yürütülen çalışmada verim tepki etmeni (ky) değerini tüm büyüme mevsim için 4 günlük sulama aralığında 0.70, 8 günlük sulama aralığında ise 0.69 olarak belirlenmiştir.

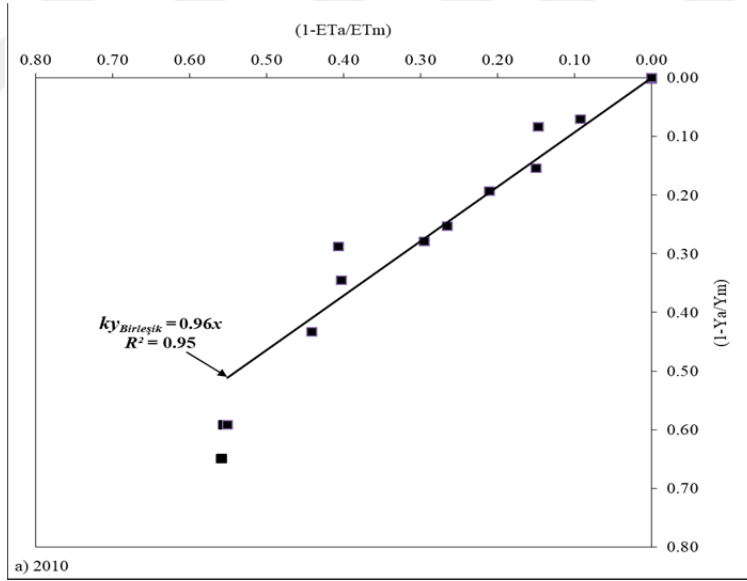
Gündüz ve ark., (2018) Konya koşullarında ayçiçeğinde verim tepki etmeni (ky) değerini tüm büyüme mevsim için 1.02 olarak hesaplamışlardır.

Yavuz ve ark., (2019) Konya’da ayçiçeğinde ayçiçeğinde verim tepki etmeni (ky) değerini tüm büyüme mevsim için ilk yıl 1.12, ikinci yıl ise 1.15 olarak hesaplamışlardır.

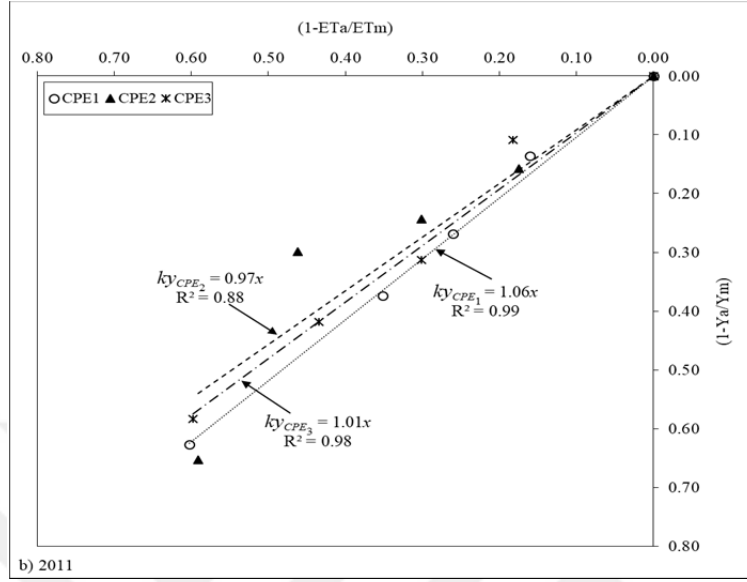
Salbaş ve Erdem (2020) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinde verim tepki etmeni (ky) değerini tüm büyüme mevsim için her iki deneme yılında da 0.93 olarak belirlemişlerdir.



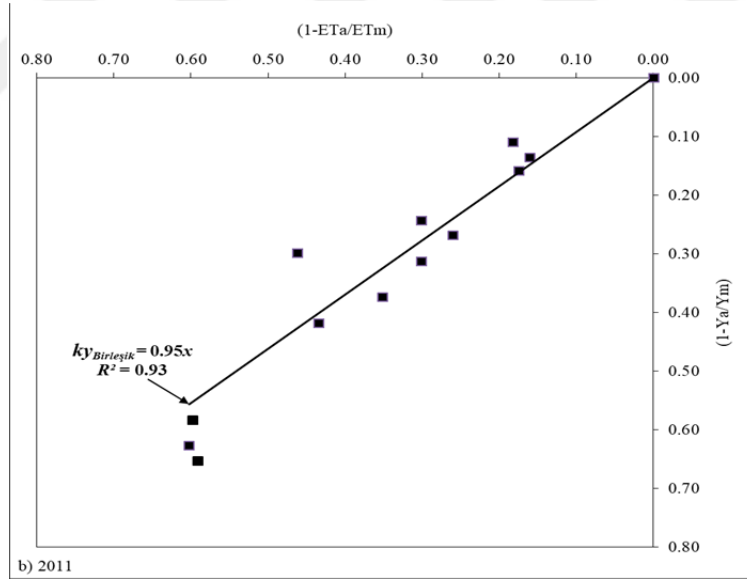
Şekil 4.13. Herbir sulama aralığına ilişkin verim tepki etmenleri (2010)



Şekil 4.14. Birleştirilmiş verim tepki etmeni (2010)



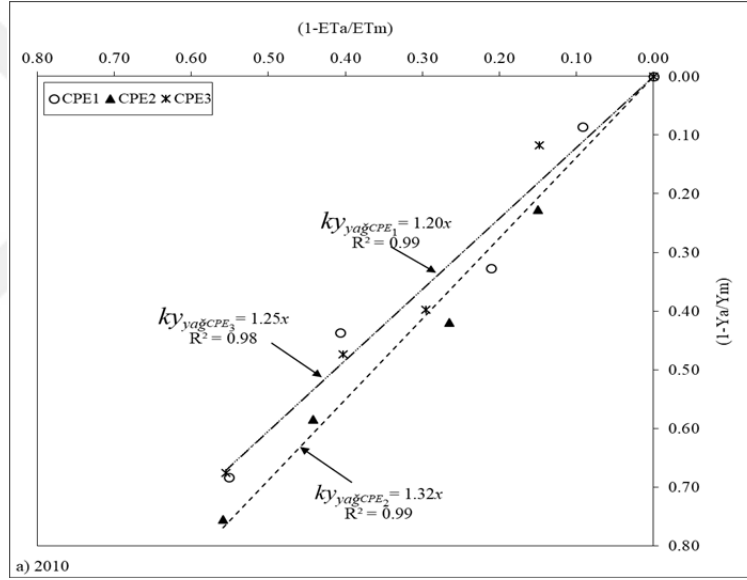
Şekil 4.15. Herbir sulama aralığına ilişkin verim tepki etmenleri (2011)



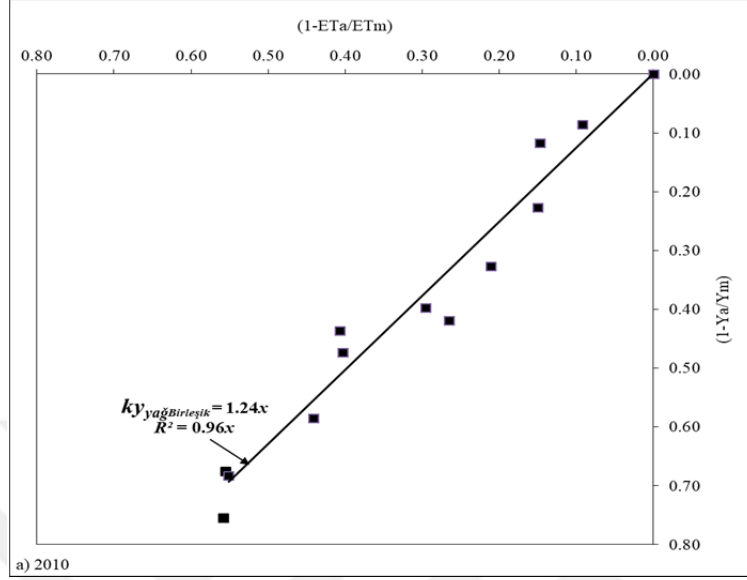
Şekil 4.16. Birleştirilmiş verim tepki etmeni (2011)

Konulardan elde edilen ortalama verim değerleri ve % yağ değerleri dikkate alınarak her bir konuya ilişkin yağ verimleri hesaplanmıştır. Bu değerler Stewart eşitliğini kullanılarak herbir sulama aralığı ve tüm verilere dayanarak yağ verim tepki etmeni ($ky_{yağ}$) her iki yıl için hesaplanmış (Stewart ve ark., 1976), Çizelge 4.39 ve Şekil 4.17-20’de gösterilmiştir.

İlk deneme yılında en sık sulama aralığında (CPE_1) ve en geniş sulama aralığında (CPE_3) $ky_{yağ}$ değeri 1.04 olarak hesaplanırken, CPE_2 sulama aralığında ise 1.20 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.17). 2010 yılında bütün konular dikkate alınarak yapılan hesaplamada ky değeri 1.09 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18).

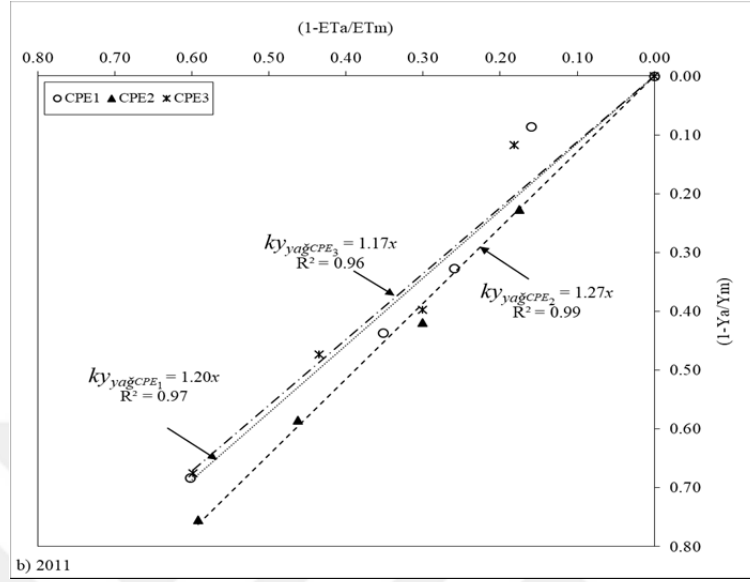
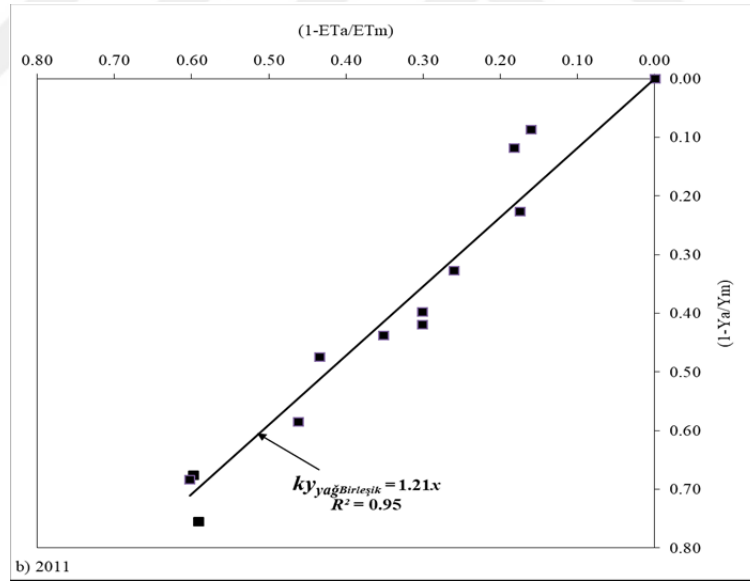


Şekil 4.17. Herbir sulama aralığına ilişkin yağ verim tepki etmenleri ($ky_{yağ}$) (2010)



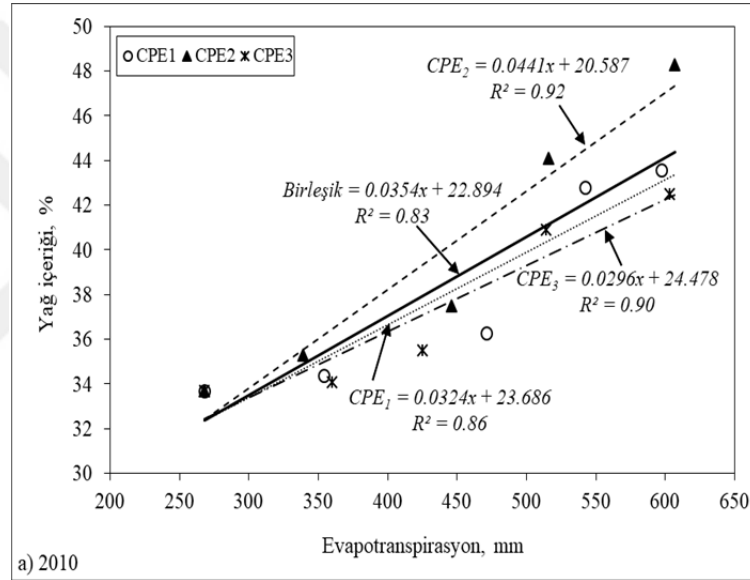
Şekil 4. 18. Birleştirilmiş yağ verim tepki etmeni($ky_{yağ}$) (2010)

İkinci deneme yılında $ky_{yağ}$ değeri CPE_1 sulama aralığında 1.09, CPE_2 sulama aralığında 1.05, CPE_3 sulama aralığında ise 0.96 olarak hesaplanırken (Şekil 4.19), bütün veriler dikkate alınarak yapılan hesaplamada ky değeri 1.03 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.20).

Şekil 4.19. Herbir sulama aralığına ilişkin yağ verim tepki etmenleri ($ky_{yağ}$) (2011)Şekil 4.20. Birleştirilmiş yağ verim tepki etmeni ($ky_{yağ}$) (2011)

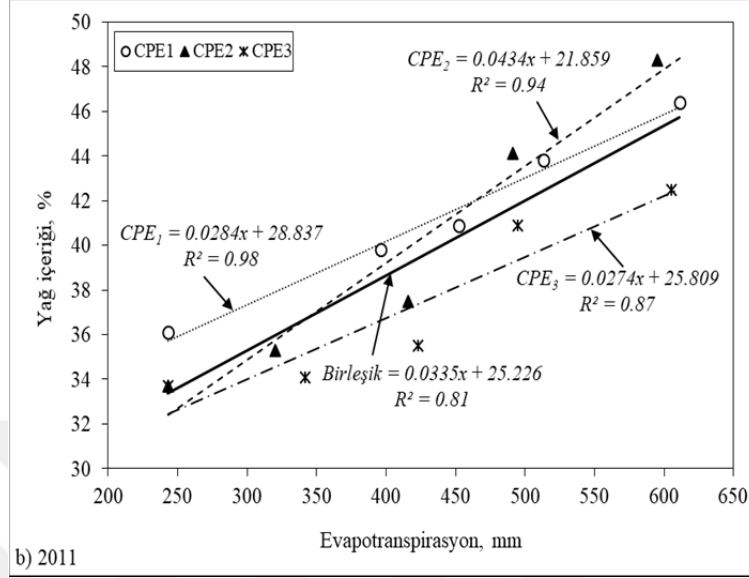
4.13. Ayçiçeğinde Bitki Su Tüketimi (ET)-Yağ %'si İlişkileri

İlk yıl her bir sulama aralığında (CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3) yer alan konulara ait ayçiçeği bitki su tüketimi (ET) ile yağ %'si ilişkileri ve bütün konulara ait verilere dayanarak hesaplanan denklem Şekil 4.21'de verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde hem her bir sulama aralığı için, hem de tüm konuların dahil edildiği bitki su tüketimi ile yağ %'si arasında doğrusal önemli ilişkiler belirlenmiştir. (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. ET-Yağ %'si ilişkisi (2010)

İkinci deneme yılında da her bir sulama aralığında (CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3) yeralan konulara ait ayçiçeği bitki su tüketimi (ET) ile yağ %'si ilişkileri ve bütün konulara ait verilere dayanarak hesaplanan denklem Şekil 4.22'de verilmiştir.



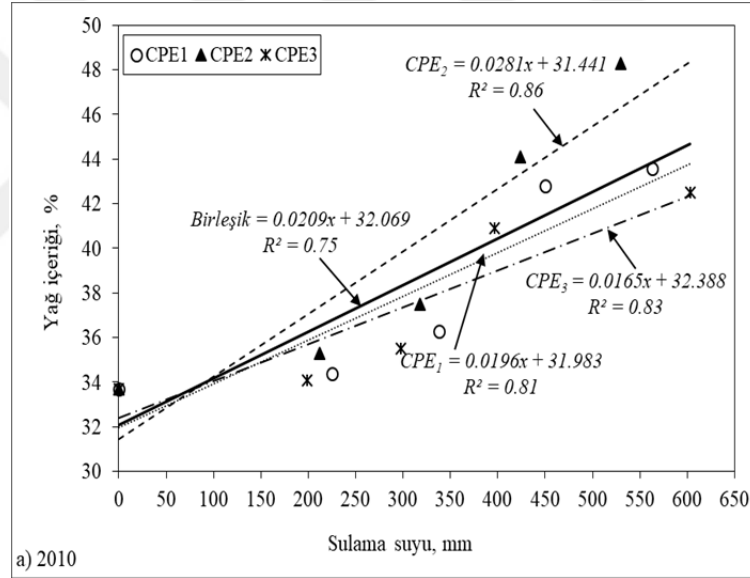
Şekil 4.22. ET-Yağ %'si ilişkisi (2011)

Anılan şekli incelediğimizde hem herbir sulama aralığı için, hem de tüm konuların dahil edildiği bitki su tüketimi ile yağ %'si arasında ilk yıla benzer olarak doğrusal önemli ilişkiler belirlenmiştir. Sulama suyu ile yağ %'si arasında da benzer doğrusal önemli ilişkiler saptanmıştır (Şekil 4.22).

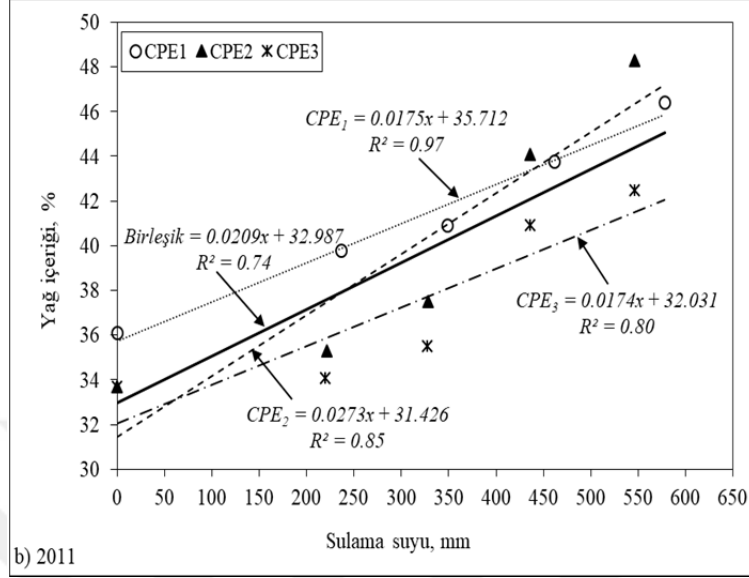
Literatürlerde kimi araştırmacılarca uygulanan sulama suyu ile yağ %'si arasında bir ilişki belirlenemezken, bu durumu sıcaklık ve yağış kimi iklim parametrelerine, yetiştiriciliğin yapıldığı lokasyonun yüksekliğine ve toprak yapısına bağlı olarak ayçiçeği yağ %'sinin değiştiğini belirtmişlerdir (Singh ve ark., 1997; Razi ve Assad, 1999; Erdemoğlu ve ark., 2003). Ancak, kimi araştırmacılar ise uygulanan sulama suyunun artmasıyla ayçiçeği yağ %'sinin arttığını, susuz koşullarda daha düşük yağ %'si elde edildiğini belirtmişlerdir (Unger, 1983; Kumar ve ark., 1991; Kadayıfçı ve Yıldırım, 2000; Kazi ve ark., 2002; Sezen ve ark., 2011a-b).

4.14. Ayçiçeğinde Sulama Suyu (I)-Yağ %'si İlişkileri

İlk deneme yılında her bir sulama aralığında (CPE_1 , CPE_2 ve CPE_3) yer alan konularda belirlenen ayçiçeği sulama suyu miktarı ile yağ %'si arasındaki ilişkiler ve tüm verilere dayanarak hesaplanan denklem Şekil 4.23'te verilmiştir. Anılan şekli incelediğimizde hem her bir sulama aralığı için, hem de bütün deneme konularını dikkate alınarak sulama suyu ile yağ %'si arasında doğrusal önemli ilişkiler hesaplanmıştır (Şekil 4.23). Benzer sonuçlar 2011 deneme yılı içinde geçerli olup, gerek her bir sulama aralığında gerekse birleşik sulama suyu-yağ içeriği arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.23. Ayçiçeği sulama suyu miktarı ile yağ %'si arasındaki ilişkiler (2010)



Şekil 4.24. Ayçiçeği sulama suyu miktarı ile yağ %'si arasındaki ilişkiler (2011)

4.15. CROPGRO-Ayçiçeği Modeli Benzetim Sonuçları

4.15.1. Ayçiçeği Oleko çeşidine ilişkin kalibrasyon ve genetik katsayıların belirlenmesi

CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde bulunan genotip dosyasında herbir ayçiçeği çeşidinin büyüme ve gelişim parameterlerini açıklayan genetik katsayılar mevcuttur. Ancak, herbir çeşit için tanımlanmış genetik katsayıların modelde kullanılabilmesi ve bitkinin gelişme ve büyümesinin doğru bir şekilde kestirilebilmesi için çalışmanın yapıldığı koşullarda kalibrasyonun yapılması gerekmektedir. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde herbir ayçiçeği çeşidi için 18 genetik katsayı kullanılmaktadır (Gürkan ve ark., 2021) (Çizelge 4.40).

CROPGRO-Ayçiçeği modelinde kalibrasyon aşamasında 2010 deneme yılına ait iklim, toprak, bitki, ve yetiştirme tekniğine ait parametreler modele girdi kaydedilerek kullanılmıştır. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde ayçiçeği çeşit, ekotip ve türe ait olmak üzere üç farklı kategoride genetik katsayılar mevcuttur. Projede kullanılan Oleko ayçiçeği CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile önceden kalibrasyon

yapılmadığından öncelikle uygulama alanına ait veriler ile kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon işleminde DSSAT modelinde yer alan GLUE isimli genetik katsayıları hesaplama alt modelinden yararlanılmıştır (Hunt ve ark., 1993).

Kalibrasyon aşamasında ilk olarak Oleko ayçiçeği çeşidine ait 18 genetik katsayı oluşturularak, genetik katsayılar belirlenmeye çalışılmıştır. Modelde yer alan toplam 18 genetik katsayının 14'ü genetik katsayı bitki büyüme ve gelişme evreleri, 4'ü ise ayçiçeği fenolojik dönemleri ile ilgilidir. Kalibrasyon aşamasında ilk olarak ayçiçeği bitki gelişim dönemlerinin ölçülen gerçek değerlere yakın olarak doğru bir şekilde modelce kestirilmesi gereklidir. Bu amaçla öncelikle gelişme dönemlerine ilişkin genetik katsayılar kabul edilebilir sonuç elde edilinceye dek kalibrasyon sürdürülmüştür. Bu amaçla kestirilen ve ölçülen gelişme dönemleri ve ayçiçeği verimi arasında istatistiksel olarak kabul edilebilir yakın bir eşleşme bulununcaya dek “deneme-yanılma” yöntemi yapılmıştır. Ölçülen ve kestirilen değerler $\pm\% 10$ benzeştiğinde kullanılan mevcut genetik katsayılar denemenin yürütüldüğü bölge için geçerli kabul edilmiştir. Kalibrasyon aşamasında ayçiçeğinde çiçeklenmeye varış süresi, olgunlaşmaya varış süresi gibi kimi gelişme dönemlerine ait bilgiler ve ayçiçeği verimi, ayçiçeği yaprak alan indeksi (LAI) değerleri gibi parametreler kullanılmıştır.

İzleyen aşamada ise ayçiçeği büyüme ve gelişme devreleri ile ilgili genetik katsayıları kalibrasyon yapılmıştır. Sonuçta, Oleko ayçiçeği çeşidine ait 18 genetik katsayı kalibrasyon işlemi sonrası belirlenmiştir (Çizelge 4.40).

Çizelge 4.40. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde Oleko çeşidine ait genetik katsayılar

Genetik Katsayı	Değeri	Genetik Katsayı	Değeri
CSDL	16.00	SIZLF	150.0
PPSEN	0.190	XFRT	0.49
EM-FL	23.0	WTPSD	0.11
FL-SH	6.5	SFDUR	24.0
FL-SD	18.2	SDPDV	2.00
SD-PM	34.00	PODUR	4.5
FL-LF	14.00	THRSH	70.7
LFMAX	2.00	SDPRO	0.140
SLAVR	120.0	SDLIP	0.450

Oleko ayçiçeği çeşidine ilişkin genetik katsayı belirleme sırasında CROPGRO-Ayçiçeği modelinden daha iyi sonuçlar elde etmek amacıyla hem çeşit özelinde deneme şartlarını daha iyi temsil etmesi için ekotipe ait genetik katsayılar ve hem de tür özelliğine bağlı olan genetik katsayılar için kalibrasyon yapılmıştır. Ekotipe bağlı kalibrasyon sırasında elde edilen genetik katsayılar Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Kalibrasyon aşamasında CROPGRO-Ayçiçeği modelinden elde edilebilecek en iyi ve kabul edilebilir sonuçlar için ayçiçeği tür özelliğine bağlı genetik katsayılarda bazı düzenlemeler yapılmıştır.

Çizelge 4.41. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde Oleko ekotipi ait genetik katsayılar

Genetik Katsayı	Değeri	Genetik Katsayı	Değeri
THVAR	0	R7-R8	4.0
PL-EM	4.8	FL-VS	9.5
EM-V1	1.0	TRIFL	0.8
V1-JU	0.0	RWDTH	0.6
JU-R0	5.0	RHGHT	1.2
PM09	0.35	R1PPO	0
LNGSH	8.0		

4.15.2. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış süresi (ÇVS)

2010 yılı için ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.42’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi için ölçülen günlerin 62 ile 74 gün

arasında değiştiği, kestirilen değerlerin ise 68 ve 69 gün olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve kestirilen çiçeklenme günleri arasında %hata değeri -9.68 ile +8.11 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2010 yılı için sırasıyla 3.87 gün ve %5.71 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). Rinaldi ve ark., (2003), RMSE değerinin ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki bağıl farkı ifade ederken, ölçülen ve kestirilen veriler arasındaki uyumun belirleneceğini ve düşük RMSE değerinin her zaman arzu edildiğini belirtmiştir. Simülasyon sonucunda RMSE değeri % 10'dan az ise mükemmel, 10-20 arasında ise iyi ve 20-30 arasında ise uygun olduğunu belirtmiştir (Jamieson ve ark., 1991; Soler ve ark., 2008; Nasim ve ark., 2016). Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında ayçiçeği çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir. Benzer sonuçlar Ahmad ve ark., (2017) ve Awais ve ark., (2017) tarafından belirlenmiştir.

Çizelge 4.43. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2010)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen ÇVS	Kestirilen ÇVS	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	65	68	-4.62
	IL _{0.75}	67	68	-1.49
	IL _{1.00}	71	68	4.23
	IL _{1.25}	74	68	8.11
CPE ₂	IL _{0.50}	64	68	-6.25
	IL _{0.75}	66	68	-3.03
	IL _{1.00}	71	68	4.23
	IL _{1.25}	73	68	6.85
CPE ₃	IL _{0.50}	62	68	-9.68
	IL _{0.75}	65	68	-4.62
	IL _{1.00}	68	68	-0.00
	IL _{1.25}	72	68	5.56
Susuz (Kontrol)		64	69	-7.81
RMSE: 3.87 gün		RMSE _n : %5.71		

2011 yılı için ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.43'te sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi için ölçülen günlerin 48 ile 61 gün arasında değiştiği, kestirilen değerin ise tüm konularda 54 ve 55 gün olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve simüle edilen çiçeklenme günleri arasında %hata değeri -14.58 ile +11.48 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2011 yılı için 4.08 gün ve %7.50 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında ayçiçeği çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede uygun olduğunu söylenebilir.

Kaur ve ark. (2013), Pakistan'da OILCROP-SUN modelini kullanarak ayçiçeği çeşitlerinde çiçeklenmeye varış sürelerinin ayçiçeği çeşitlerine göre model tarafından -11 ile +8 gün farklılık gösterdiğini saptanmışlardır.

Ashfaq ve ark., (2013), Pakistan'da OILCROP-SUN ayçiçeği modeli ile çiçeklenmeye varış süresine ait RMSE değerini 6.9 gün ve $RMSE_n$ değeri ise %1.32 olarak hesaplanmıştır.

Awais ve ark., (2017), Pakistan'da, OILCROP-SUN modeli ile çiçeklenmeye varış sürelerine ait RMSE değerlerini 1.55-2.1 gün ve $RMSE_n$ değerlerini ise %2.05-2.69 olarak hesaplanmıştır.

Malik ve Farida (2019), İspanya'da CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile en uygun sulama programını belirlemeye çalıştıkları araştırmada çiçeklenmeye varış süresine ait RMSE değerini 6 gün ve $RMSE_n$ değeri ise %9 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.44. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2011)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen ÇVS	Kestirilen ÇVS	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	51	54	-5.88
	IL _{0.75}	53	54	-1.89
	IL _{1.00}	58	54	6.90
	IL _{1.25}	61	54	11.48
CPE ₂	IL _{0.50}	51	54	-5.88
	IL _{0.75}	53	54	-1.89
	IL _{1.00}	57	54	5.26
	IL _{1.25}	60	54	10.00
CPE ₃	IL _{0.50}	50	54	-8.00
	IL _{0.75}	52	54	-3.85
	IL _{1.00}	55	54	1.82
	IL _{1.25}	58	54	6.90
Susuz (Kontrol)		48	55	-14.58
RMSE: 4.08 gün		RMSE _n : %7.50		

4.15.3. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış süresi (OVS)

2010 yılı için ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.44'te sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde olgunluğa varış zamanları için ölçülen günlerin 112 ila 125 gün arasında değiştiği, kestirilen değerin ise 124 ve 125 gün olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış zamanları arasında % hata değeri -11.61 ile 0.00 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değeri 2010 yılı için 5.29 gün ve %4.39 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında ayçiçeği olgunluğa varış süresini simüle etmede mükemmel performans göstermiştir. Sonuçlar Malik ve Dechmi, (2019), ile uyum içerisindedir.

Ali ve ark., (2014) Pakistan'da yarı kurak iklim koşullarında sulanan ayçiçeğinin olgunluğa varış süresi belirlemek için OILCROP-SUN modelini kullanmışlardır. Sonuçta model, olgunluğa varış süresi için RMSE değerleri 1.74 ve 3.45 gün arasında tahmin etmiştir.

Çizelge 4.45. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2010)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen OVS	Kestirilen OVS	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	119	124	-4.20
	IL _{0.75}	121	125	-3.31
	IL _{1.00}	122	125	-2.46
	IL _{1.25}	125	124	0.00
CPE ₂	IL _{0.50}	119	125	-4.20
	IL _{0.75}	121	125	-3.31
	IL _{1.00}	122	125	-2.46
	IL _{1.25}	124	125	-0.81
CPE ₃	IL _{0.50}	117	124	-5.98
	IL _{0.75}	120	125	-4.17
	IL _{1.00}	121	125	-3.31
	IL _{1.25}	123	125	-1.63
Susuz (Kontrol)		112	125	-11.61
RMSE: 5.29 gün		RMSE _n : %4.39		

Ashfaq ve ark., (2013), Pakistan’da OILCROP-SUN ayçiçeği modeli ile olgunluğa varış süresine ait RMSE değerini 7.7 gün ve RMSE_n değeri ise %5.63 olarak hesaplanmıştır.

Awais ve ark., (2017), Pakistan’da, OILCROP-SUN modeli ile olgunluğa varış sürelerine ait RMSE değerlerini 1.55-2.1 gün ve RMSE_n değerlerini ise %1.29-1.73 olarak hesaplanmıştır

Malik ve Farida (2019), İspanya’da CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile en uygun sulama programını belirlemeye çalıştıkları araştırmada olgunluğa varış süresine ait RMSE değeri 7 gün ve RMSE_n değeri ise %7 olarak hesaplanmıştır.

2011 yılı için ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.45’de sunulmuştur.

Çizelge 4.46. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2011)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen OVS	Kestirilen OVS	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	108	110	-1.85
	IL _{0.75}	117	110	5.98
	IL _{1.00}	123	110	10.57
	IL _{1.25}	125	110	12.00
CPE ₂	IL _{0.50}	113	110	2.65
	IL _{0.75}	116	110	5.17
	IL _{1.00}	126	110	12.70
	IL _{1.25}	126	110	12.70
CPE ₃	IL _{0.50}	103	110	-6.80
	IL _{0.75}	108	110	-1.85
	IL _{1.00}	118	110	6.78
	IL _{1.25}	118	110	6.78
Susuz (Kontrol)		93	111	-19.35
RMSE: 10.77 gün		RMSE _n : %9.37		

Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde olgunluğa varış zamanları için ölçülen günlerin 93 ila 126 gün arasında değiştiği, kestirilen değerin ise tüm konularda 110 ve 111 gün olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış zamanları günleri arasında % hata değeri -19.35 ile +12.70 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değeri 2011 yılı için 10.77 gün ve %9.37 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında ayçiçeği olgunluğa varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir.

4.15.4. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen verim değerleri

2014 yılı için ölçülen ve kestirilen ayçiçeği verim değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.46’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde verim değerleri için ölçülen verimlerin 1670 ila 4758 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, kestirilen değerin ise 2317 ile 3620 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir.

Ölçülen ve kestirilen verim değerleri arasında % hata değeri -38.74 ile +24.84 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2010 yılı için 582.7 kg ha^{-1} ve %17.1 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında ayçiçeği verimini simüle etmede uygun performans göstermiştir.

Moriondo ve ark., (2003), ayçiçeği bitkisinde verimini OILCROP SUN modeli ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuçta verim değerlerinin %7 daha düşük olarak saptanmıştır.

El-Marsafawy, (2006). Mısır'da, farklı ekim tarihi ve sulama düzeylerinde iklim değişikliğinin ayçiçeği bitkisinde verim ve bitki su gereksinimi üzerine etkisini OILCROP-SUN modeli ile araştırmıştır. Sonuçta ölçülen ve kestirilen verim değerlerini oldukça benzer olduğu saptanmıştır.

Leite ve ark., (2014), Brezilya'da ayçiçeği verim belirlemede OILCROP-SUN modelin performansı değerlendirilmiştir. OILCROP-SUN modeli, ayçiçeği verimini oldukça benzer kestirimde bulunurken, modelin bölge koşullarında kullanılmasını önermiştir.

Çizelge 4.47. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2010)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen Verim	Kestirilen Verim	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	2908	3270	-12.45
	IL _{0.75}	3295	3631	-10.20
	IL _{1.00}	3793	3634	4.19
	IL _{1.25}	4075	3574	12.29
CPE ₂	IL _{0.50}	2703	3423	-26.64
	IL _{0.75}	3558	3597	-1.10
	IL _{1.00}	4030	3620	10.17
	IL _{1.25}	4758	3576	24.84
CPE ₃	IL _{0.50}	2675	3486	-30.32
	IL _{0.75}	2943	3603	-22.43
	IL _{1.00}	3740	3613	3.40
	IL _{1.25}	4080	3550	12.99
Susuz (Kontrol)		1670	2317	-38.74
RMSE: 582.7 kg ha^{-1}		RMSE _n : %17.1		

2011 yılı için ölçülen ve kestirilen ayçiçeği verim değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.47’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde verim değerleri için ölçülen verimlerin 1700 ila 4890 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, kestirilen değerlerin ise 1277 ile 3591 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve simüle edilen verim değerleri arasında % hata değeri -48.21 ile +28.38 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değeri 2011 yılı için 685.7 kg ha⁻¹ ve %19.6 olarak belirlenmiştir.

Ali ve ark., (2014) Pakistan’da yarı kurak iklim koşullarında sulanan iki farklı ayçiçeği çeşidinin verimlerini OILCROP-SUN modeli ile test etmişlerdir. Sonuçta verim için RMSE değerleri 194.30 ve 214.10 kg ha⁻¹ saptanmıştır.

Malik ve Farida (2019), İspanya’da CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile en uygun sulama programını belirlemeye çalıştıkları araştırmada ayçiçeği dane verimlerine ait RMSE değerleri 463-565 kg ha⁻¹ ve RMSE_n değerlerini ise %12-15 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.48. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2011)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	Ölçülen Verim	Kestirilen Verim	Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	2855	3274	-14.68
	IL _{0.75}	3335	3556	-6.68
	IL _{1.00}	3940	3591	8.86
	IL _{1.25}	4560	3503	23.18
CPE ₂	IL _{0.50}	3430	3498	-1.98
	IL _{0.75}	3700	3484	3.14
	IL _{1.00}	4118	3575	13.19
	IL _{1.25}	4890	3502	28.38
CPE ₃	IL _{0.50}	2375	3520	-48.21
	IL _{0.75}	2805	3546	-26.42
	IL _{1.00}	3635	3536	-2.72
	IL _{1.25}	4080	3479	14.73
Susuz (Kontrol)		1700	1277	24.88
RMSE: 685.7 kg ha ⁻¹		RMSE _n : %19.6		

4.15.5. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen hasat indeksleri (HI)

2010 yılı için ölçülen ve kestirilen ayçiçeği hasat indeksi değerleri arasındaki hata %'leri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.48'de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde hasat indeks değerleri için ölçülen hasat indekslerin 0.19 ile 0.29 arasında değiştiği, kestirilen değer ise 0.24 ve 0.25 olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve kestirilen HI değerleri arasında % hata değeri -30.53 ile +14.83 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değeri 2010 yılı için 0.029 ve %12.553 olarak belirlenmiştir.

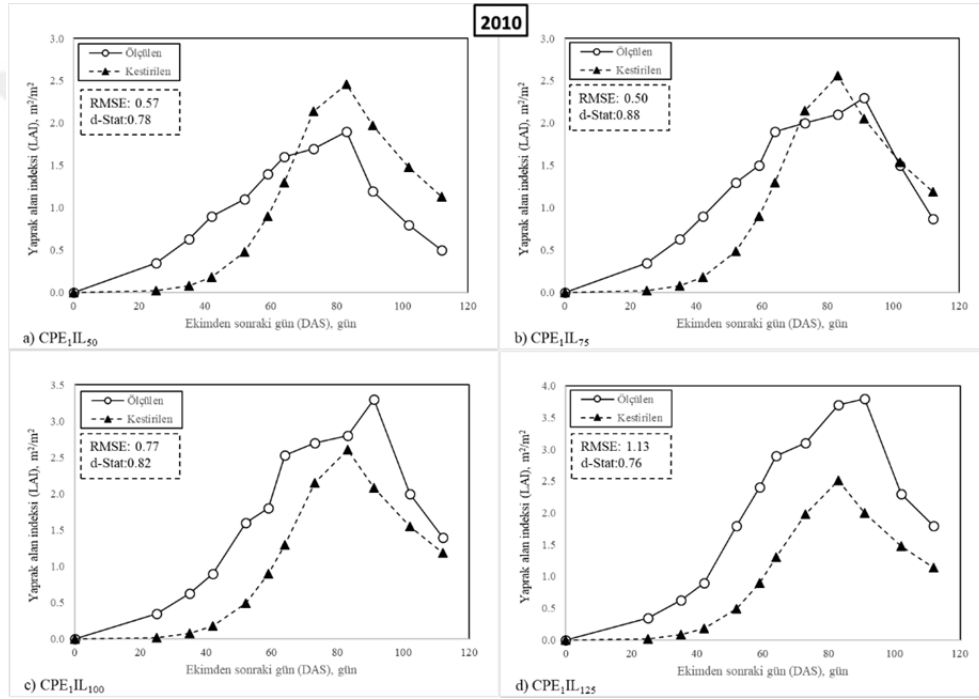
2011 yılı için ölçülen ve kestirilen ayçiçeği hasat indeksi değerleri arasındaki hata %'leri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.49'de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde hasat indeks değerleri için ölçülen hasat indekslerin 0.19 ile 0.30 arasında değiştiği, kestirilen değer ise 0.30 ve 0.31 olduğu belirlenmiştir. Ölçülen ve kestirilen HI değerleri arasında % hata değeri -62.63 ile -2.00 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değeri 2011 yılı için 0.069 ve %28.076 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. 49. Ayçiçeğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde hasat indeksi (HI) hata yüzdesi (2010 ve 2011)

Sulama Aralığı (CPE)	Sulama Düzeyi (IL)	2010 HI Hata (%)	2011 HI Hata (%)
CPE ₁	IL _{0.50}	-14.69	-37.27
	IL _{0.75}	-12.27	-33.91
	IL _{1.00}	1.20	-18.85
	IL _{1.25}	5.38	-5.52
CPE ₂	IL _{0.50}	-17.14	-29.17
	IL _{0.75}	3.33	-23.60
	IL _{1.00}	0.80	-18.85
	IL _{1.25}	14.83	-2.00
CPE ₃	IL _{0.50}	-30.53	-62.63
	IL _{0.75}	-24.00	-47.14
	IL _{1.00}	-7.83	-23.20
	IL _{1.25}	1.20	-13.70
Susuz (Kontrol)		-3.91	-3.91
RMSE		0.029	0.069
RMSE _n		%12.55	%28.08

4.15.6. Ayçiçeğinde ölçülen ve kestirilen yaprak alan indeksleri

2010 yılı için ölçülen ve kestirilen ayçiçeği yaprak alan indeksi (LAI) değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Şekil 4.25-4.27’de sunulmuştur. CPE₁ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.50 ile 1.13 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.76-0.88 arasındadır. CPE₁ sulama aralığında genel olarak ölçülen değerler kestirilen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir.



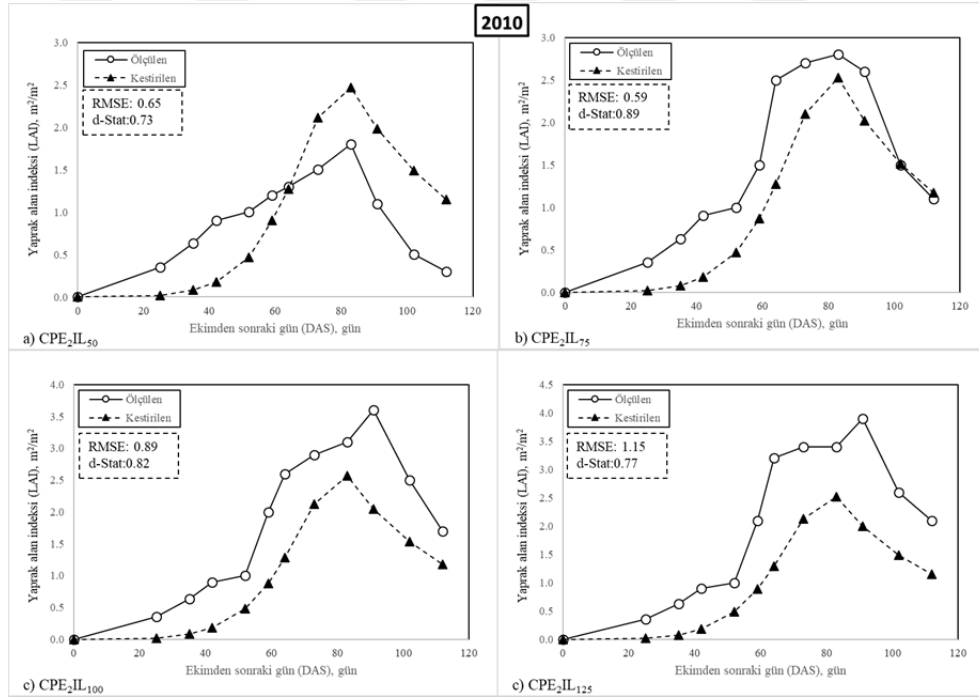
Şekil 4.25. CPE₁ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2010)

Villalobos ve ark, (1996), İspanya’da farklı ekim yoğunluklarında sulu ve susuz koşullarda ayçiçeği LAI değerlerini test etmişlerdir. Genel olarak ölçülen ve kestirilen LAI değerleri uyum içerisinde iken, çiçeklenme döneminden sonra sulu koşullarda her bitki yoğunluğunda LAI değerleri model tarafından daha yüksek kestirilmiştir.

Ahmad ve ark., (2013), Pakistan’da yarı kurak iklim koşullarında farklı azot ve sulama düzeylerinde iki ayçiçek çeşidinde OILCROP-SUN modelinin tahmindeki başarımını değerlendirilmiştir. Sonuçta model, LAI için RMSE değerleri 0.67 ve 0.47 hesaplanmıştır.

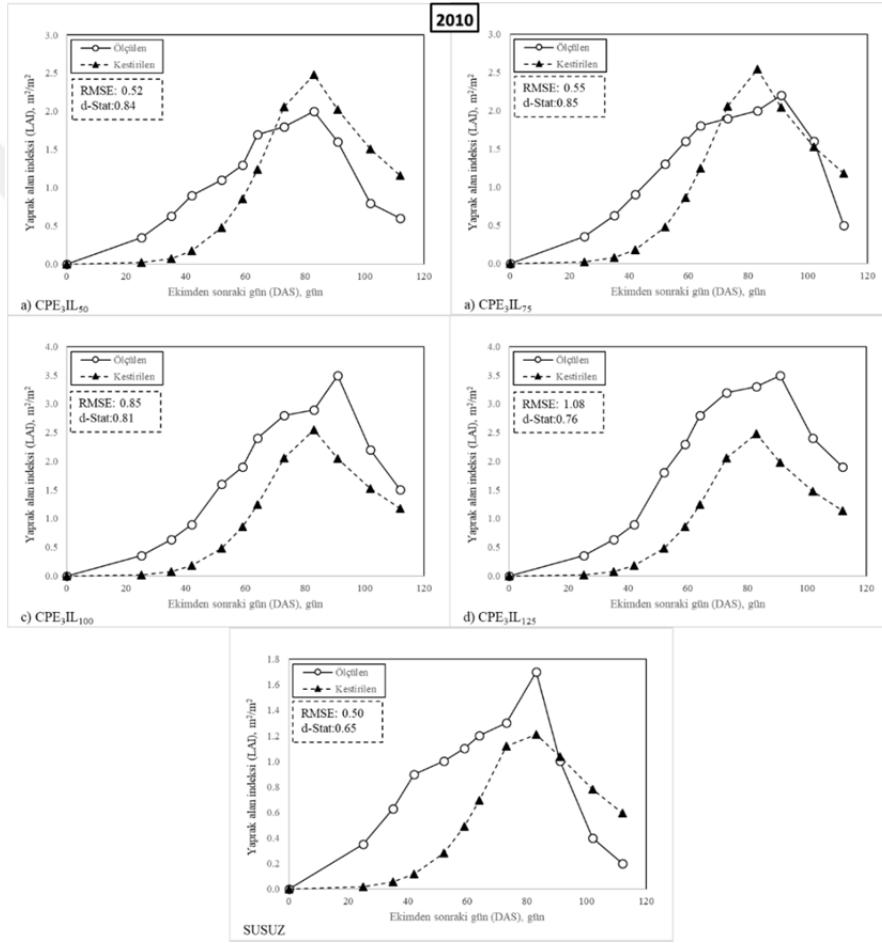
Awais ve ark. (2017), Pakistan’da, OILCROP-SUN modeli ile LAI için RMSE’nin 0.38 ile 0.64 arasında değiştiği hesaplanmıştır.

2010 yılına ait CPE_2 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.59 ile 1.15 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.73-0.89 arasındadır (Şekil 4.26).



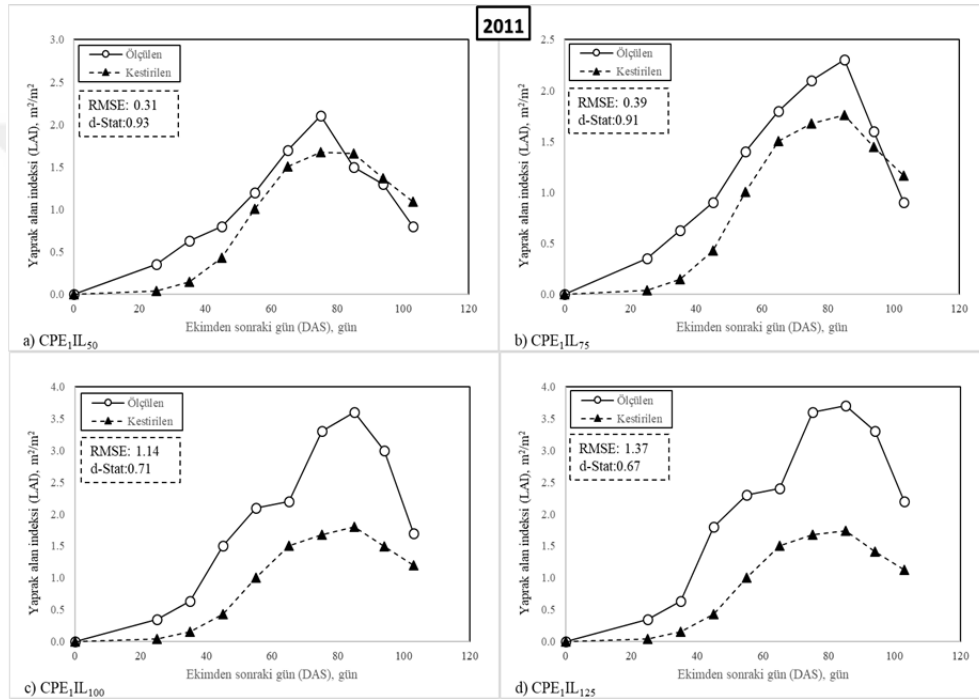
Şekil 4.26. CPE_2 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2010)

2010 yılına ait CPE_3 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.52 ile 1.08 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.76-1.08 arasındadır. Susuz konuda RMSE değeri 0.50 ve standart sapma (d-Stat) 0.65 olarak belirlenmiştir. CPE_3 sulama aralığında genel olarak ölçülen değerler kestirilen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir (Şekil 4.27).



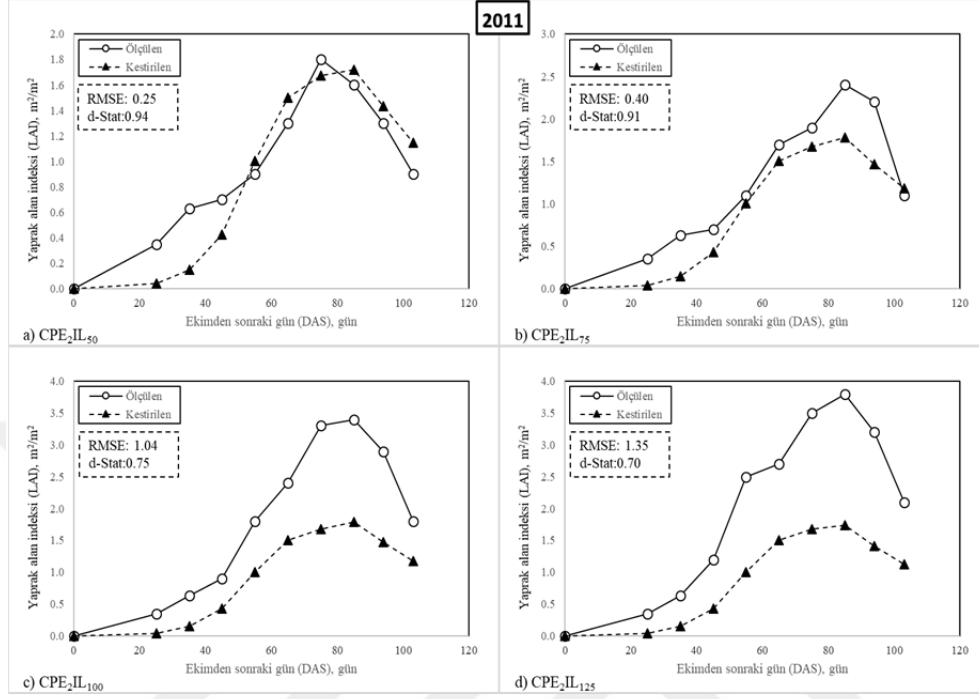
Şekil 4.27. CPE_3 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ve susuz konu ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2010)

2011 yılı için ölçülen ve simüle edilen ayçiçeği yaprak alan indeksi (LAI) değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Şekil 4.28-4.29'da sunulmuştur. CPE₁ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.31 ile 1.37 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.67-0.93 arasındadır (Şekil 4.28).



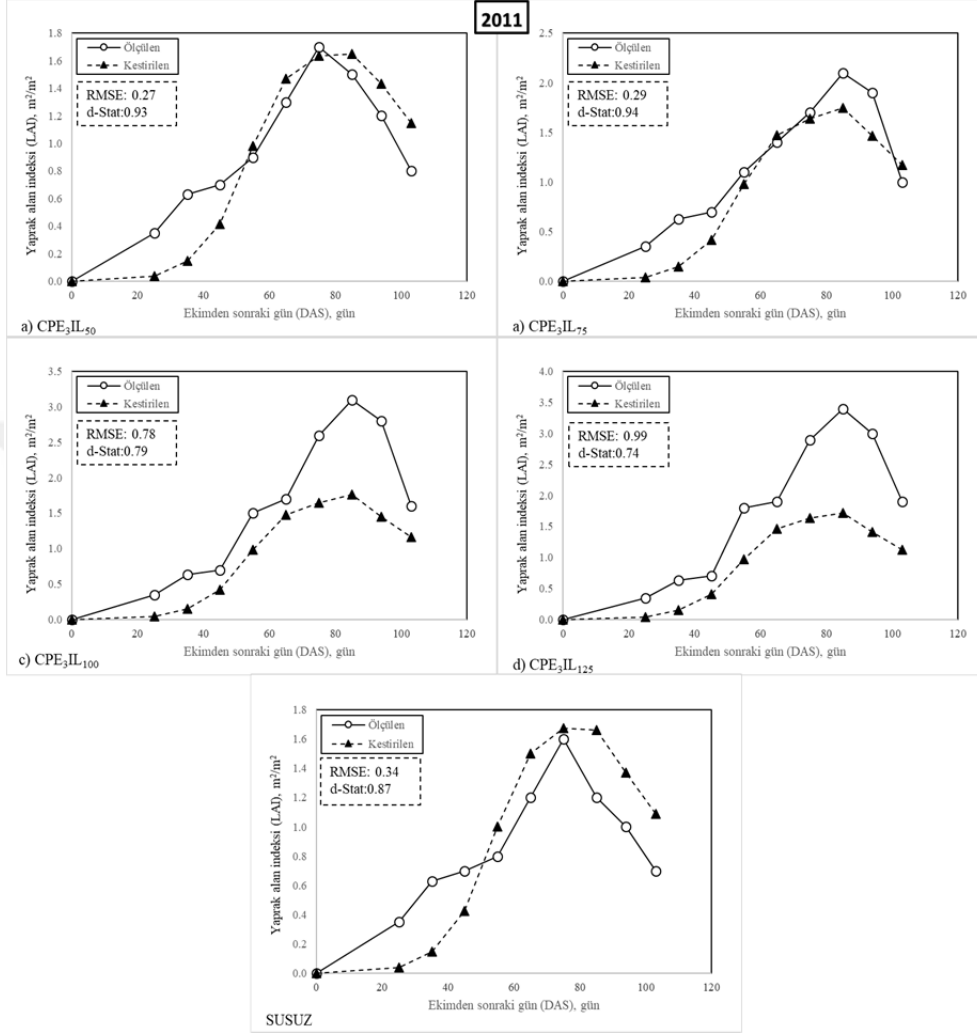
Şekil 4.28. CPE₁ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2011)

2011 yılında CPE₂ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.25 ile 1.35 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.70-0.94 arasında değişmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. CPE₂ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2011)

2011 yılında CPE₃ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.64 ile 0.89 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.87-0.92 arasında saptanmıştır. Susuz konuda RMSE değeri 0.50 ve standart sapma (d-Stat) 0.65 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. CPE₃ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ve susuz konu ölçülen ve kestirilen ayçiçeği LAI değerlerinin zamansal değişimi (2011)

4.15.7 DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modelinde verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları

İklim değişikliğinin ayçiçeği verimine olası etkilerinin tahmin edilebilmesi amacıyla 2 iklim senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) temelindeki 3 Küresel İklim Modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M) ait 20 km çözünürlüklü iklim projeksiyonları kullanılmıştır. Ayçiçeği dane verimi değişiminin analiz edilebilmesi için gelecek dönemler kısa:2023-2040, orta:2041-2070 ve uzun vade:2071-2098 olmak üzere 3 farklı periyot dikkate alınmıştır.

İklim değişikliğinin olası etkilerinin incelenmesine yönelik ayçiçeği dane verimi ve bitki gelişim dönemindeki farklılıklar tam sulama koşulları ve su kıtlığı koşullarında öngörülen kısıntılı sulama olmak üzere iki ayrı kategoride yapılmıştır.

4.15.7.1 DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile tam sulama koşullarında verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları

Tam sulama koşulları altındaki iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerine olası etkileri CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Sonuçta, hem RCP4.5 hem de RCP8.5 iklim senaryolarına göre 3 küresel iklim modeli (HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR) verim tahmin projeksiyonlarında da verimde azalışların olacağı saptanmıştır (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.49. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde farklı iklim modelleri ve iklim senaryolarında tam sulama koşulunda dane verimi değişimi

Parametre	Ayçiçeği dane verimi değişimi (%)					
Konu	Tam sulama (CPE ₂ IL _{1,25})					
Senaryo	RCP4.5			RCP8.5		
İklim modeli	2023-2040	2041-2070	2071-2098	2023-2040	2041-2070	2071-2098
HADGEM2-ES	0.6	-6.4	-10.2	-6.2	-10.1	-29.6
GFDL-ESM2M	9.5	7.0	-2.3	11.0	4.8	-7.0
MPI-ESM-MR	12.7	24.0	3.9	14.2	-1.7	-30.0
Dönemlik ort.	7.6	8.2	-2.9	6.3	-2.3	-22.2

Tam sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönem olan 2023-2040 yıllarında % 0.6-12.7 ve ortalama % 7.6 artış olacağı, orta dönem olan 2041-2070 yıllarında verim değişiminin %-6.4-24.0 ve ortalama % 8.2 artış, uzun dönem olan 2071-2098 yıllarında ise %-10.2-3.9 ve ortalama % -2.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.50).

Tam sulama koşullarında RCP8.5 iklim senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönem olan 2023-2040 yıllarında %-6.2-14.2 ve ortalama % 6.3 artış, orta dönem olan 2041-2070 yıllarında %-10.1-4.8 ve ortalama % -2.3 oranında azalış, uzun dönem olan 2071-2098 yıllarında ise %- 7.0 - -30.0 ve ortalama % -22.2 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir.

Araştırma sonucunda, iklim değişikliğinin özellikle uzun vade de tam ve kısıntılı sulama koşullardaki tarımsal üretim üzerine önemli olumsuz etkilere sebep olacağı ortaya konmuştur. Benzer sonuçlar Deveci (2015) tarafından Aquacrop modeli kullanılarak Trakya koşullarında yapılan ayçiçeği verim değişim öngörülerinde de görülmektedir. Ayrıca, Gürkan (2019), Konya'da susuz koşullardaki ayçiçeği veriminde azalışların RCP4.5 senaryosunda gelecek dönemlerde %20-30, RCP8.5 senaryosunda ise %25-40 azalma olacağını belirtmiştir. Ayçiçeğinde tam sulama koşullarında ise RCP4.5 senaryosuna göre verimde %12-21, RCP8.5 senaryosuna göre ise %11-34 artış olabileceği öngörülmüştür.

İklim değişikliğinin ayçiçeği gelişme dönemi uzunluğu üzerine olası etkileri incelendiğinde tam sulama koşullarında RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-4.8 ve uzun dönemde ise %-4.9 oranında gelişme dönemlerinde azalışların olması tahmin edilmektedir (Çizelge 4.51). Tam sulama koşullarında RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-5.4 ve uzun dönemde ise %-7.3 düzeyinde bitki gelişim döneminde kısılmanın olması öngörülmektedir.

Çizelge 4.50. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde farklı iklim modelleri ve iklim senaryolarında tam sulama koşulunda bitki gelişme dönemi değişimi

Parametre	Ayçiçeği bitki gelişme dönemi değişimi (%)					
Konu	Tam sulama (CPE ₂ IL _{1,25})					
Senaryo	RCP4.5			RCP8.5		
İklim modeli	2023-2040	2041-2070	2071-2098	2023-2040	2041-2070	2071-2098
HADGEM2-ES	-6.6	-5.3	-6.0	-6.3	-6.6	-8.0
GFDL-ESM2M	-5.8	-4.5	-4.5	-6.5	-5.9	-8.4
MPI-ESM-MR	-4.1	-4.5	-4.3	-3.8	-3.7	-5.6
Dönemlik ort.	-5.5	-4.8	-4.9	-5.5	-5.4	-7.3

4.15.7.2 DSSAT CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile kısıntılı sulamada verim ve bitki gelişme dönemi projeksiyonları

Kısıntılı sulama koşulunda iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerine olası etkileri CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Kısıntılı sulama konusunda tam sulama konusuna uygulanan her bir sulama suyu miktarının %25'i eksik olarak uygulanmıştır. Kısıntılı sulama koşulları altında iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerine olası etkileri CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile incelendiğinde hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryolarına göre verimde önemli değişimler öngörülmektedir (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.51. CROPGRO-Ayçiçeği modelinde farklı iklim modelleri ve iklim senaryolarında kısıntılı sulama koşulunda dane verimi değişimi

Parametre	Ayçiçeği dane verimi değişimi (%)					
Konu	Kısıntılı sulama (CPE ₂ IL _{1,00})					
Senaryo	RCP4.5			RCP8.5		
İklim modeli	2023-2040	2041-2070	2071-2098	2023-2040	2041-2070	2071-2098
HADGEM2-ES	-0.3	-13.7	-12.6	-11.4	-15.7	-35.3
GFDL-ESM2M	12.2	7.3	-6.7	16.4	7.7	-11.3
MPI-ESM-MR	8.4	21.4	-5.1	16.2	-5.4	-40.1
Dönemlik ort.	6.8	5.0	-8.1	7.1	-13.4	-28.9

Kısıntılı sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönemde % -0.3-12.2 ve ortalama % 6.8 artış olacağı, orta dönemde % -13.7-21.4 ve ortalama % 5.0 artış, uzun dönemde ise % -12.6 - -5.1 ve ortalama % -8.1 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.52).

Kısıntılı sulama koşullarında RCP8.5 iklim senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönemde %-11.4-16.2 ve ortalama % 7.1 artış, orta dönemde %-15.7-7.7 ve ortalama % -13.4 oranında azalış, uzun dönemde ise %-11.3 - -40.1 ve ortalama % -28.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. CROPGRO-ayçiçeği bitki benzetim modeli temelinde iklim değişikliğinin ayçiçeği bitki gelişim dönemi üzerine olası etkileri incelendiğinde bitki gelişim dönemi süresinin sıcaklıklarda artışa paralel olarak giderek azalacağı saptanmıştır(Çizelge 4.53).

İklim değişikliğinin ayçiçeği gelişme dönemi uzunluğu üzerine olası etkileri incelendiğinde tam sulama koşullarında RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-4.0 ve uzun dönemde %-4.3 oranında gelişme dönemlerinde azalışların olması tahmin edilmektedir (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.52. CROPGRO-Ayçiçeği kısıntılı sulamada bitki gelişme dönemi değişimi

Parametre	Ayçiçeği bitki gelişme dönemi değişimi (%)					
Konu	Kısıntılı sulama (CPE ₂ IL _{1.00})					
Senaryo	RCP4.5			RCP8.5		
İklim modeli	2023-2040	2041-2070	2071-2098	2023-2040	2041-2070	2071-2098
HADGEM2-ES	-6.8	-5.5	-6.3	-6.6	-6.9	-8.3
GFDL-ESM2M	-5.7	-4.3	-4.5	-6.4	-5.7	-8.4
MPI-ESM-MR	-3.9	-2.1	-2.0	-3.8	-3.6	-5.2
Dönemlik ort.	-5.5	-4.0	-4.3	-5.6	-5.4	-7.3

Kısıntılı sulama koşullarında RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak; kısa dönemde %-5.6, orta dönemde %-5.4 ve uzun dönemde ise %-7.3 düzeyinde bitki gelişim döneminde kısalmanın olması öngörülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: Tarımsal Teknoloji Transferinde Karar Destek Sistemleri) bitki benzetim model sistemi içerisinde yer alan CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 bitki büyüme modelinin Akdeniz iklim koşullarında farklı sulama aralığı ve sulama düzeyleri koşulunda yetiştirilen ayçiçeği bitkisi için verim, verim bileşenleri ve toprak su içeriğini tahmin etmede kullanım olanakları araştırılmıştır. Ayrıca, gelecekteki iklim senaryoları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir ayçiçek üretimine yönelik önemli tehditler öngördüğünden dolayı Akdeniz bölgesinde Tarsus'da geleceğe yönelik ayçiçeği dane verimi kestirimi yapmak ve iklim değişiminin kısa (2023-2040), orta (2041-2070) ve uzun dönem (2071-2098) de ayçiçeği üzerindeki etkilerini ve belirsizlikleri değerlendirerek ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu nedenle şu anda yoğun olarak kullanılan 2 farklı iklim senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) ile Meteoroloji Genel Müdürlüğünce geliştirilmiş 3 farklı küresel iklim modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL_ESM2M) ait projeksiyonlar kullanılmıştır. İklim değişikliğinin olası etkilerini kapsamlı değerlendirebilmek ve geleceğe yönelik karar vericilere destek sağlayabilmek amacıyla analizler önerilen tam sulama ($CPE_2I_{1.25}$) koşulları ve su kıtlığı koşullarında önerilen kısıntılı sulama ($CPE_2I_{1.00}$) olmak üzere iki ayrı kategoride yapılmıştır.

Bu amaçla TAGEM Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Topçu Lokasyonunda 2010 ve 2011 yıllarında yürütölen “Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Uygulanan Geleneksel ve Kısmi Kök Kuruluğu (PRD) Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Ayçiçeği Verimi ve Yağ Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli proje sonuç raporu verileri ve çıktıları CROPGRO-Ayçiçeği V4.7.5 modelinde veri seti olarak kullanılmıştır. Tarsus'ta damla sulama sistemiyle sulanan ayçiçeği (Oleko) çeşidinde yürütölen çalışmadan elde edilen proje sonuçlarına ait çıktılar mevcut koşullarda CROPGRO-Ayçiçeği

V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Doğu Akdeniz iklim koşullarında ayçiçeği verimi, fenolojisi, büyüme ve veriminin mevcut koşullarında benzetimi sağlanarak, ölçülen arazi verileri ile model çıktıları karşılaştırılmıştır. CROPGRO-Ayçiçeği (V.4.7.5) modelinin kalibrasyonu ve değerlendirmesi yapılmış ve olası iklim değişikliğine duyarlılığı kısa, orta ve uzun dönemde olmak üzere saptamıştır. Ayrıca, damla sulama yöntemiyle sulanan yağlık ayçiçeğinde tam sulama ve farklı kısıntılı sulama düzeylerinde verim, verim bileşenleri (bin dane, tabla çapı, tabla'da çekirdek sayısı, bitki boyu vb.), uygulanan sulama suyu ve evapotranspirasyon, yağ verimi, su-verim ilişkileri, verim tepki etmeni, en uygun sulama programı, su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) değerleri saptanmıştır.

Çalışma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 yinelemeli olarak planlanmıştır. Ayçiçeği bitkisinde üç farklı sulama aralığı ana konuları, dört sulama düzeyinde alt konuları oluşturmuştur. 3 farklı sulama aralığı ($CPE_1: \Sigma E_o = 25 \text{ mm}$; $CPE_2: \Sigma E_o = 50 \text{ mm}$; $CPE_3: \Sigma E_o = 75 \text{ mm}$) yığışımlı buharlaşma değerlerine göre oluşturulurken, alt konular olan 4 farklı sulama düzeyi (IL) ($IL_{0.50} = 0.50$; $IL_{0.75} = 0.75$; $IL_{1.00} = 1.00$; $IL_{1.25} = 1.25$) ise yığışımlı buharlaşma değerlerinin farklı %'leri olarak oluşturulmuştur.

Tarsus'da 2010 ve 2011 yıllarında 3 farklı sulama aralığı ve 4 farklı sulama düzeyinde yürütülen denemeye ait ayçiçeği bitkisinin kimi gelişme dönemleri, konulara uygulanan sulama suyu miktarları, konulara ilişkin toprak su içeriklerinin ekimden hasada dek değişimi, bitki su tüketimi değerleri, ayçiçeği bitkisinden elde edilen toplam verim, verim bileşenleri (tablada çekirdek sayısı ve çekirdek ağırlığı), bitki boyu, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ait bulgular değerlendirilmiştir.

En yüksek ayçiçeği dane verimi her iki deneme yılında da $CPE_2IL_{1.25}$ konusundan elde edilirken, yıllara göre 4758 ve 4890 kg ha⁻¹'dir. En düşük ayçiçeği dane verim değerleri ise susuz konudan alınıp 1670 ve 1700 kg ha⁻¹ olarak

ölçülmüştür. Ayçiçeğinde verim bileşenlerine ilişkin parametreler incelendiğinde toplam verimde olduğu gibi tabla çapı, tablada çekirdek sayısı, çekirdek ağırlığı, bitki boyu ve sap çapı değerleri $CPE_{2IL_{1.25}}$ konusunda istatistiksel olarak gruplandırıldığında ilk sırayı almıştır. Sulama düzeyleri yönünden incelendiğinde ise gerek toplam verim gerekse verim bileşenleri artan sulama düzeyi ile artış göstermiştir.

Ayçiçeğinde 2010 ve 2011 deneme yıllarına ilişkin WUE ve IWUE değerleri aynı sulama düzeylerinde karşılaştırıldığında CPE_1 ve CPE_3 konularında CPE_2 konularına oranla daha küçük WUE ve IWUE değerleri hesaplanmıştır. Bu durumda CPE_1 ve CPE_3 sulama aralıkları ayçiçeği üretiminde uygun değildir.

Önerilen $CPE_{2IL_{1.25}}$ konusuna toplam uygulanan sulama suyu miktarı deneme yıllarına göre 530 ile 546 mm, mevsimlik su tüketimi ise 595 ile 607 mm arasında değişmiştir. CPE_1 sulama aralığında yıllara göre toplam 17 ve 19 sulama yapılırken, sulama aralığı deneme yıllarında 5-6 gün ve 4-6 gün arasındadır. CPE_2 sulama aralığında toplam 8 ve 9 sulama yapılırken, sulama aralığı deneme yıllarına göre 9-11 ve 8-10 gün arasındadır. CPE_3 sulama aralığında ise yıllara göre toplam 5 ve 6 sulama yapılırken, sulama aralığı 13-16 gün değişmiştir.

Sonuçta Akdeniz bölgesi koşullarında damla yöntemi ile sulanan ayçiçek üretiminde daha yüksek ve kaliteli dane verimi sağlamak amacıyla $CPE_{2IL_{1.25}}$ konusuna ait sulama programı uygulanabilir. Önerilen konunun toplam sulama suyu ihtiyacı iki yıllık deneme süresince 530 mm ve 546 mm; mevsimlik su tüketimi (ET) ise 607 mm ve 595 mm olmuştur. $CPE_{2IL_{1.25}}$ daha yüksek sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri vegetatif parametrelerde olduğu gibi kimi generatif parametreleri de (tabla çapı, tablada çekirdek sayısı, çekirdek ağırlığı, bitki boyu) öne çıkarmıştır. Ancak, sulama suyunun yetersiz olduğu koşullarda ayçiçeğinin ilk gelişme dönemleri ve hasat öncesi periyodunda su tüketimleri Class A Pan buharlaşma miktarlarından daha az olacağından ve çalışmadaki WUE ve

IWUE değerleri dikkate alındığında bu dönemlerde CPE₂-IL_{1.00} sulama programı uygulanabilir.

Ayçiçeğinde bitki su tüketimi-dane verim ile sulama suyu-dane verimi ilişkilerinde her iki deneme yılında hem herbir sulama aralığı için, hem de bütün konuların dikkate alındığını koşullarda önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır. Verim tepki etmeni (ky) her bir sulama aralığı değerlerine göre değişirken, ilk yıl 0.78-0.89, ikinci deneme yılında ise 0.72-0.89 arasında değişmiştir. Yağ verimi değerlerine göre hesaplanan $ky_{yağ}$ değerleri ise ilk yıl 1.04-1.20, ikinci deneme yılında ise 0.96-1.09 arasında hesaplanmıştır.

Yaprak alan indeks (LAI) değerleri sulama programından önemli ölçüde etkilenmiştir. En yüksek LAI değerleri 2010 ve 2011 yılında CPE₂IL_{1.25} konusunda ölçülürken, en düşük LAI ise susuz konuda ölçülmüştür.

Çalışmada CROPGRO-Ayçiçeği modelinde öncelikle Oleko ayçiçeği çeşidine ait olan genetik katsayıların belirlenmesinde diğer bir deyişle kalibrasyon aşamasında “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır. Kestirilen ve ölçülen gelişme dönemleri (çiçeklenmeye varış ve olgunlaşma varış süresi), ayçiçeği dane verimi, yaprak alan indeksi (LAI) arasındaki benzer bir uyum ($\pm\% 10$) olup olmadığı test edilmiş, yeterli uyumun sağlandığı durumdaki genetik katsayılar ayçiçeği bitkisinde Tarsus koşulları için kabul edilmiştir. Kalibrasyon için 2010 yılına ait ayçiçeği bitkisinde çiçeklenme ve olgunlaşmaya varış süresi gibi ayçiçeği gelişme dönemleri, ayçiçeği dane verimi, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI) gibi ölçülen veriler kullanılmıştır. Değerlendirme aşamasında ise 2011 yılına ait aynı parametreler kullanılmıştır.

CROPGRO-Ayçiçeği modelinin performansının değerlendirmesinde istatistiksel anlamda hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), normalleştirilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE_n) ve uyum indeksi (d) parametreleri kullanılmıştır.

Ölçülen ve kestirilen çiçeklenmeye varış süresi (ÇVS) günleri arasında % hata 2010 yılı için % -9.68 ile +8.11, 2011 yılında ise % -14.58 ile +11.48 arasında

hesaplanmıştır. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2010 yılı için 3.87 gün ve %5.71, 2011 yılı için 4.08 gün ve %7.50 olarak saptanmıştır. CROPGRO-Ayçiçeği modelinin ayçiçeğinde çiçeklenmeye varış süresini kestirimde mükemmel bir performans gösterdiği söylenebilir.

Ölçülen ve kestirilen olgunluğa varış süresi (OVS) arasında % hata değeri 2010 yılında % -11.61 ile 0.00, 2011 yılında ise % -19.35 ile +12.70 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2010 yılı için 5.29 gün ve %4.39, 2011 yılında ise 10.77 gün ve %9.37 olarak belirlenmiştir. CROPGRO-Ayçiçeği modelinin ayçiçeği OVS simüle etmede iyi performans sergilemiştir.

Ölçülen ve kestirilen ayçiçeği dane verim değerleri arasında 2010 yılında % hata değeri %-38.74 ile +24.84, 2011 yılında ise %-48.21 ile +28.38 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2010 yılı için 582.7 kg ha⁻¹ ve %17.1, 2011 yılı için ise 685.7 kg ha⁻¹ ve %19.6 olarak belirlenmiştir.

Ölçülen ve kestirilen ayçiçeği hasat indeksi (HI) değerleri arasında 2010 yılında % hata değeri %0.80 ile -30.5, 2011 yılında ise %-2.0 ile -62.6 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değeri 2010 yılı için 0.029 ve %12.55, 2011 yılı için ise 0.065 ve %26.59 olarak saptanmıştır.

Ayçiçeği yaprak alan indeksi (LAI) değerlerine ilişkin 2010 yılı RMSE değerleri CPE₁ sulama aralığında 0.50 ile 1.13 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.76-0.88 arasında, CPE₂ sulama aralığında RMSE değerleri 0.59 ile 1.15, d-Stat değerleri ise 0.73-0.89 arasında, CPE₃ sulama aralığında ise RMSE değerleri 0.52 ile 1.08, d-Stat değerleri ise 0.76-1.08 arasındadır. Susuz konuda RMSE değeri 0.50 ve standart sapma (d-Stat) 0.65 olarak belirlenmiştir. Her üç sulama aralığında da kestirilen ve ölçülen değerler iyi düzeyde birbirine benzer tahmin edilmiştir.

Ayçiçeği LAI değerlerine ilişkin 2011 yılı RMSE değerleri CPE₁ sulama aralığında RMSE değerleri 0.31 ile 1.37, d-Stat değerleri 0.67-0.93, arasında, CPE₂ sulama aralığında RMSE değerleri 0.25 ile 1.35, d-Stat değerleri ise 0.70-0.94, CPE₃ sulama aralığında ise RMSE değerleri 0.64 ile 0.89, d-Stat değerleri ise 0.87-

0.92 arasındadır. Susuz konuda ise RMSE değeri 0.50 ve d-Stat 0.65 olarak belirlenmiştir.

Tarsus'da 3 küresel iklim modeli ve iki iklim senaryosu temelinde elde edilen projeksiyon sonuçlarına göre yıllık ortalama sıcaklıkların 2023-2098 dönemi genelinde sıcaklıklarda artış saptanırken, yağışlarda ise azalma eğilimi belirlenmiştir. Elde edilen sıcaklık projeksiyonlarına göre; RCP4.5 senaryosuna ortalama olarak 2°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak 2.5°C artması öngörülmektedir.

Tarsus'da 3 küresel iklim modeli ve iki iklim senaryosundan oluşturulan projeksiyon sonuçlarına göre 2023-2098 döneminde yıllık toplam yağışların; RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak % 1.9 oranında, RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak % 9.5 oranında azalması öngörülmektedir. Yağış projeksiyonları RCP4.5 senaryosunda karşılaştırıldığında HadGEM2-ES modeli tüm dönem olan 2023-2098 döneminde yağışta herhangi bir değişim öngörmezken, MPI-ESM-MR modeli %-7.6 azalma, GFDL_ESM2M modeli projeksiyonlarına göre ise %2'lik bir artış beklentisi öngörülmektedir. Yağış projeksiyonları RCP4.8 senaryosunda karşılaştırıldığında HadGEM2-ES modeli tüm dönem olan 2023-2098 döneminde yağışta %1.5 artış, MPI-ESM-MR modeli %-25.6 azalma, GFDL_ESM2M modeli projeksiyonlarına göre ise %-4.3'lük bir azalma beklentisi öngörülmektedir. Bu durumda kısıntılı sulama koşullarında ayçiçeği verim değişimlerinin yağış projeksiyonlarına göre önemli oranda değişiklik göstereceğini ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğinin olası etkilerinin incelenmesine yönelik ayçiçeği dane verimi ve bitki gelişim dönemindeki farklılıklar tam sulama ($CPE_{2IL_{1.25}}$) koşulları ve su kıtlığı koşullarında önerilen kısıntılı sulama ($CPE_{2IL_{1.00}}$) koşullarında küresel iklim modeline göre önemli farklılıklar göstermiştir. Tam sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönem olan 2023-2040 yıllarında ortalama % 7.6 artış olacağı, orta dönem olan 2041-2070 yıllarında

verim değişiminin ortalama % 8.2 artış, uzun dönem olan 2071-2098 yıllarında ise ortalama % -2.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. Tam sulama koşullarında RCP8.5 iklim senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönemde ortalama % 6.3 artış, orta dönemde ortalama % -2.3 oranında azalış, uzun dönemde ise ortalama % -22.2 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. İklim projeksiyonları küresel iklim modeli değerlendirildiğinde ise kısa, orta ve uzun dönemde incelendiğinde gerek RCP4.5, gerekse RCP8.5 iklim senaryolarında HADGEM2-ES modelinin en olumsuz öngörüler oluşturduğu görülmüştür.

İklim değişikliğinin ayçiçeği gelişme dönemi uzunluğu üzerine olası etkileri incelendiğinde tam sulama koşullarında RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-4.8 ve uzun dönemde ise %-4.9 oranında gelişme dönemlerinde azalışların olması tahmin edilmektedir. Tam sulama koşullarında RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-5.4 ve uzun dönemde ise %-7.3 düzeyinde bitki gelişim döneminde kısalmanın olması öngörülmektedir.

Kısıntılı sulama koşullarında RCP4.5 iklim senaryosunda verim değişimlerinin kısa dönemde ortalama % 6.8 artış olacağı, orta dönemde verim değişiminin ortalama % 5.0 artış, uzun dönemde ise ortalama % -8.1 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. Kısıntılı sulama koşullarında RCP8.5 iklim senaryosunda verim değişimleri incelendiğinde kısa dönemde ortalama % 7.1 artış, orta dönemde ortalama % -13.4 oranında azalış, uzun dönemde ise ortalama % -28.9 oranında azalış olacağı tahmin edilmektedir. İklim projeksiyonları küresel iklim modeli ele alınarak kısıntılı sulama koşullarında değerlendirildiğinde ise MPI-ESM-MR ve HADGEM2-ES modelinin ayçiçeği veriminin tahmininde daha kötümser bir kestirim oluşturduğu dikkat çekmektedir.

CROPGRO-Ayçiçeği bitki benzetim modeli temelinde iklim değişikliğinin ayçiçeği bitki gelişim dönemi üzerine olası etkileri incelendiğinde bitki gelişim dönemi süresinin sıcaklıklarda artışa paralel olarak giderek azalacağı ve daha kısa

sürede hasat olgunluğuna geleceği ortaya konmuştur. Ayçiçeği gelişme dönemi süresinde yüzyılının sonunda RCP4.5 senaryosu projeksiyonlarına göre ortalama olarak %5.1, RCP8.5 senaryosuna göre ise %6.1 oranında gelişme dönemi uzunluğunda azalışların olması tahmin edilmiştir.

İklim değişikliğinin ayçiçeği gelişme dönemi uzunluğu üzerine olası etkileri incelendiğinde tam sulama koşullarında RCP4.5 senaryosuna göre ortalama olarak; kısa dönemde %-5.5, orta dönemde %-4.0 ve uzun dönemde ise %-4.3 oranında gelişme dönemlerinde azalışların olması tahmin edilmektedir. Kısıntılı sulama koşullarında RCP8.5 senaryosuna göre ise ortalama olarak; kısa dönemde %-5.6, orta dönemde %-5.4 ve uzun dönemde ise %-7.3 düzeyinde bitki gelişim döneminde kısılmanın olması öngörülmektedir.

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporuna göre RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryosunda atmosferdeki sera gazları yoğunluklarının artacağı ve mevcut durumda atmosferde 410 ppm düzeyinde olan CO₂ konsantrasyonunun RCP4.5 senaryosuna göre 650 ppm'e, RCP8.5 senaryosuna göre ise 850 ppm'e çıkacağı tahmin edilmiştir (IPCC, 2013). Bu durumda artan sıcaklıklar ve CO₂ konsantrasyonlarındaki artışların C₃ bitkisi olan ayçiçeği veriminde RCP4.5 iklim senaryosunda uygun sulama programı uygulanması halinde kısa vadede %7.6 artış, RCP8.5 iklim senaryosunda aynı şekilde uygun sulama programı uygulanması halinde kısa vadede %6.3 artış olacağı beklenmektedir. Ancak, gerek RCP4.5, gerekse RCP8.5 iklim senaryosu koşullarında uzun dönemde ayçiçeğinde verim azalmaları sırasıyla %-2.9 ve -%22.2 azalış olacağı tahmin edilmektedir.

Sonuçta, ülkemizde mevcut koşullarda büyük oranlarda kuru koşullarda üretimi yapılan yağlık ayçiçeği gelecekte oluşabilecek iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecektir. Ayçiçeği veriminde RCP4.5 iklim senaryosunda kısıntılı sulama programı uygulanması halinde kısa dönemde %6.8 artış, RCP8.5 iklim senaryosunda aynı şekilde uygun sulama programı uygulanması halinde kısa dönemde %7.1 artış olacağı beklenmektedir. Ancak, tam sulama koşullarında olduğu gibi kısıntılı sulama koşullarında gerek RCP4.5 gerekse RCP8.5 iklim

senaryosu koşullarında uzun dönemde ayçiçeğinde verim azalmaları sırasıyla %-8.1 ve %-28.9 azalış olacağı tahmin edilmektedir.

Araştırma sonucunda, iklim değişikliğinin özellikle uzun vade de tam ve kısıntılı sulama koşullardaki tarımsal üretim üzerine önemli olumsuz etkilere sebep olacağı ortaya konmuştur.

Tarsus koşullarına göre kalibre edilen CROPGRO-Ayçiçeği modeli ile bitki gelişme dönemlerini (çiçeklenmeye ve olgunluğa varış süresi, LAI'nin zamansal değişimi) kestirimde mükemmel, ayçiçeği dane verimi, HI, maksimum LAI kestirilennde iyi ve uygun performans göstermiştir. Ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki fark genel anlamda kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır. Sonuçta, CROPGRO-Ayçiçeği modeli Akdeniz koşullarında Oleko yağlık ayçiçeği fenolojisini ve dane verimini kestirimde güvenle kullanılabilir. İklim değişikliğinin ayçiçeği bitkisi üzerindeki olası etkilerinin kestirilmesi ve ayrıntılı olarak raporlanması ileride bu konuda çalışacak karar vericilerin planlamalarına katkı sağlaması açısından oldukça önem taşımaktadır.

Türkiye'de ayçiçeği üretiminin farklı iklim koşullarında artırılması kapsamında yeni arazi denemeleri kurmak, verileri değerlendirmek, çeşitlerin verim potansiyelini bilmek ve ayçiçeği verimini sınırlayan her bir yetiştirme tekniğine ilişkin faktörleri belirlemek ve tanımlamak oldukça zaman alıcı, fazla işgücü gerektirmekte ve maliyetli olacaktır. Bu durumda alternatif bir yaklaşım ise geçerliliği test edilmiş olan DSSAT gibi bitki büyüme modellerini kullanarak farklı yetiştirme tekniklerini değerlendirmek olasıdır. Ayrıca, uzun yıllık iklim verileri kullanılarak farklı iklim senaryoları altında geleceğe yönelik konum veya bölge bazında verim kestirimleri yapılabilmekte ve uzun vadeli stratejiler oluşturulabilmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdel-Gawad, A.A., Ashoub, M.A., Saleh, S.A. and El-gazzar, M.M., 1987. Yield Response of Some Sunflower Cultivars to Irrigation Intervals. *Annals of Agricultural Science, Ain Shams University*, 32(2):1229-1242.
- Adana İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2012. Tarımsal Veriler. 36s.
- Agüera, F. & Villalobos, F. J., Orgaz, F., 1997. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus*, L.) genotypes differing in early vigour using a simulation model. *Developments in Crop Science*. 7. 145-154. 10.1016/S0378-519X(97)80016-5.
- Ahmad, A., Ali, A., Khaliq, T., Wajid, S., Iqbal, Z., Ibrahim, M., Javeed, H.M.R., 2013. OILCROP-SUN Model Relevance for Evaluation of Nitrogen Management of Sunflower Hybrids in Sargodha, Punjab. *American Journal of Plant Sciences*. 04. 1731-1735. 10.4236/ajps.2013.49212.
- Ahmad, I., Rahman, M.H., Ullah, A., Ahmad, B., Abbas, G., Fatima, Z., Wajid, S.A., Ahmad, A., Ahmad, S., 2019. "Climate Change Impacts and Adaptation Strategies for Agronomic Crops", Chapters, in: Saddam Hussain (ed.), *Climate Change and Agriculture*, Intech Open. Handle: DOI: 10.5772/intechopen.82697.
- Ahmad, M., Ali, A., Khan, A., Jamro, S., Sher, A., Rahman, S., Rashid, A., 2017. OILCROP-SUN Model for Nitrogen Management of Diverse Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids Production under Agro-Climatic Conditions of Sargodha, Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*. 08. 412-427. 10.4236/ajps.2017.83028.
- Ahmad, M., Ali, A., Khan, A., Sher, A., Rashid, A., Jamro, S., Ur-Rahman, S., Ahmad, S., 2017. Nitrogen Management of Diverse Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids Production under Agro-Climatic Conditions of Sargodha, Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 8, 1357-1367

- Ahmed M, Stockle C.O., 2016. Quantification of climate variability, adaptation and mitigation for agricultural sustainability. Springer Nature Singapore Pvt. Ltd., Singapore, 437 pp.
- Ahmed, I., Rahman, M. H., Ahmed, S., Hussain J., Ullah A, Judge J., 2018. Assessing the impact of climate variability on maize using simulation modeling under semi-arid environment of Punjab, Pakistan. *Environ Sci Pollut Res Int.* (28):28413-28430.
- Akçay S., Dağdelen N., 2016. Water use efficiency, yield and yield components of second crop sunflower under deficit irrigation. *Turkish Journal of Field Crops.* 21. 190-199. 10.17557/tjfc.05690.
- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F., 2015. Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. 149 s., Ankara.
- Alap, D., Küçükakar, N., 1983. Ankara Koşullarında Tansiyometrelerin Ayçiçeği, Mısır, Patates ve Şekerpancarı Sulama Zamanları Tayininde Kullanılması. Topraksu Merkez Araş. Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 97, Rapor Serisi No: 37, Ankara.
- Alexopoulos, C.J., 1966. Einführung in die Mykologie. Gustav Fischer Verlag, Stutgard, 495pp.
- Al-ghamdi, A.S., Hussain, G., Al-noam, A.A., 1991. Effect of irrigation intervals on yield and water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Al-Ahsa, Saudi Arabia, *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 5(4):289-296.
- Ali, A., Ahmad, A., & Khaliq, T., 2014. OILCROP-SUN model application for agronomic strategies of sunflower crop. *Scientific papers. Series A. Agronomy*, Vol. LVII, 2014.

- Ali, A., Noorka, I., 2013. Differential Growth and Development Response of Sunflower Hybrid in Contrasting Irrigation Regimes. *American Journal of Plant Sciences*. 04. 1060-1065. 10.4236/ajps.2013.45131.
- Anconelli, S., Gallina, D., 1989. Comparison of Cultivars of Different Maturity Group in Different Environments with and without Limited Irrigation. *Emilia-Romagna. Informatore Agrario*, 45(13):31-33.
- Andhale, R.K., Kalbhlor, P.N., 1980. Pattern of dry Matter Accumulation of Sunflower as influenced by Irrigational Schedules Under Various Levels of Nitrogen Fertilization. *Coll. of Agric. Dapoli Agricultural Univ.* 5 (1): 9-14.
- Andhale, R.K., Kalbhlor, P.N., 1978. Effect of Irrigation Schedules Under Varying levels of Nitrogen on Growth, Yield, Quality and Water Use of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Mahatma Phule Krishi Vidya peeth, Rahuri. India. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 3 (3): 200-203.
- Anonim, 2003. Pioneer Ayçiçeği tohum kataloğu. Pioneer Tohum. Tarım A.Ş. 2s, İstanbul.
- Anonymous, 2022. Food security and climate change in 2021. <https://unfoundation.org/blog/post/climate-issues-to-watch-in-2022-a-year-for-more-action-and-bigger-ambition>
- Arshad, A., Ghani, M., Hassan, M., Qamar, H., Zubair, M., 2020. Sunflower Modelling: A Review. 10.1007/978-981-15-4728-7_11.
- Aslam, M.A., Ahmed, M., Stöckle C.O., Higgins, S.S., Hassan, F.U., Hayat R., 2017. Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? *Front Environ Sci* 5:57

- Asseng, S., Martre, P., Maiorano, A., Rötter, R.P., O'Leary, G.J., Fitzgerald, G.J., Girusse, C., Motzo, R., Giunta, F., Babar, M.A., Reynolds, M.P., Kheir, A.M.S., Thorburn, P.J., Waha, K., Ruane, A.C., Aggarwal, P.K., Ahmed, M., Balkovič, J., Basso, B., Biernath, C., Bindi, M., Cammarano, D., Challinor, A.J., De Sanctis, G., Dumont, B., Eyshi Rezaei, E., Fereres, E., Ferrise, R., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Gao, Y., Horan, H., Hoogenboom, G., Izaurrealde, R.C., Jabloun, M., Jones, C.D., Kassie, B.T., Kersebaum, K.C., Klein, C., Koehler, A.K., Liu, B., Minoli, S., Montesino San Martin M., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., Olesen, J.E., Palosuo, T., Porter, J.R., Priesack, E., Ripoche, D., Semenov, M.A., Stöckle, C., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Van der Velde, M., Wallach, D., Wang, E., Webber, H., Wolf, J., Xiao, L., Zhang, Z., Zhao, Z., Zhu, Y., Ewert, F., 2019. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Glob Chang Biol* 25(1):155–173.
- Astiz, V., Hernández, L.F., 2013. Pollen production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) is affected by air temperature and relative humidity during early reproductive growth. *Phyton* (Buenos Aires) 82: 297–302.
- Atakişi, İ., 1991. Yağ bitkileri yetiştirme ve ıslahı. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No:148, 181s, Tekirdağ.
- Attane, G., Marras, G.F., 1989. Comparison of Cultivars of Different Maturity Group in Different Environments with and without Limited Irrigation. *Sardinia. Informatore Agrario*, 45:13, Suplemento, 49-50.
- Awais M., Wajid A., Saleem M.F., Nasim W., Ahmad A., Raza M.A.S., Bashir M.U., Mubeen M., Hammad H.M., Habib Ur Rahman M., Saeed U., Arshad M.N., Hussain J., 2018. Potential impacts of climate change and adaptation strategies for sunflower in Pakistan. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (2018), 10.1007/s11356-018-1587-0 Google Scholar.

- Awais, M., Wajid, A., Jatoi, W., Ahmad, A., Saleem, M., Raza, M., Bashir, M., Rahman, M., Saeed, U., Hussain, J., Arshad, M. N., 2017. Modeling the water and nitrogen productivity of sunflower using OILCROP-SUN model in Pakistan. *Field Crops Research*. 205. 67-77. 10.1016/j.fcr.2017.01.013.
- Awais, M., Wajid, A., Saleem, M., Jatoi, W., Ahmad, A., Raza, M., Bashir, M., Mubeen, M., Hammad, H., Rahman, M., Saeed, U., Arshad, M. N., Hussain, J., 2018. Potential impacts of climate change and adaptation strategies for sunflower in Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*. 25. 10.1007/s11356-018-1587-0.
- Ayla, Ç., 1984. Ankara Koşullarında Ayçiçeği, Patates, Yonca ve Mısır Bitkilerinde Tartılı Lizimetre ile Saptanan Gerçek Su Tüketiminin Potansiyel Evapotranspirasyon Değerleri ile Karşılaştırılması, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:126, Ankara 69 s.
- Badr El Din, A.M.A., 2003. Effect of watering intervals and planting density on the performance of sunflower (*Helianthus annuus L.*). M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Khartoum.
- Bahttachayra, B., Sarkar, R., 1978. Relationship Between Growth Parameters, Assimilation Rate and Seed Yield in Sunflower Under Varying Irrigation Levels. *Univ.Coll: of Agric. Calcutta, Indian Agriculturist*, 22 (4): 237-241.
- Bakht, J., Shafi, M., Yousaf, M., Khan, M., 2010. Effect of irrigation on physiology and yield of sunflower hybrids. *Pakistan Journal of Botany*. 42.
- Barnett, H.L., Hunter, B.B., 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burges Publishing Company, Third ed., 241pp.
- Bayrak, F., 1978. Bafra Ovası Koşullarında Ayçiçeği Su Tüketimi. Samsun Bölge Topraksu Araşt. Enstitüsü Yayınları. Genel yayın No: 7, Rapor Seri No: 5, Samsun.

- Bellocchi, G., Rivington, M., Donatelli, M., & Matthews, K., 2010. Validation of biophysical models: issues and methodologies. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(1), 109–130. doi:10.1051/agro/2009001
- Beyazgül, M., 1983. Söke Ovasında İkinci Ürün Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel yayın No: 190, Rapor Serisi No: 124, Menemen-İzmir.
- Bogachev, A.A., 1973. The Composition of Seed and Oil of Sunflower Irrigated with Sewage Water. *Sel'skokhoz Institut Kharkov, Ukrainian SSR. Trudy*, 166:71-73.
- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussière, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudillère, J.P., Hénault, C., Maraux, F., Seguin, B., Sinoquet, H., (2003). An overview of the crop model STICS. *European Journal of Agronomy*. 18. 309-332. 10.1016/S1161-0301(02)00110-7.
- Browne, C.L., 1977. Effect of Date of Final Irrigation on Yield and yield Components of Sunflowers in a Semiarid Environment. *Dep. of Agric., Leeton, N.S.V. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 17 (6): 482-488.
- Buriro, M., Sanjrani, A., Chachar, Q., Ahmed, N., Chachar, S., Buriro, B., Gandahi, A. W., Mangan, T., 2015. Effect of water stress on growth and yield of sunflower. *journal of agricultural technology*. 11. 1547-1563.
- Cabelguenne, M., Debaeke, P., Bouniols, A., 1999. EPIC phase, a version of the EPIC model simulating the effects of water and nitrogen stress on biomass and yield, taking account of developmental stages: validation on maize, sunflower, sorghum, soybean and winter wheat. *Agric Syst* 60: 175–196.
- Casadebaig, P., Guilioni, L., Lecoeur, J., Christophe, A., Champolivier, L., Debaeke, P., 2011. SUNFLO, a model to simulate genotype specific performance of sunflower crop in contrasting environments. *Agric For Meteorol* 151: 163–178.

- Casadebaig, P., Mestries, E., Debaeke, P., 2016. A model-based approach to assist variety evaluation in sunflower crop, *Eur J Agron*, vol.81, pp.92-105.
- Chapman, S.C., Hammer, G.L., Meinke, H., 1993. A sunflower simulation model: 1. Model development. *Agron J* 85: 725–735.
- Cohen, Y., Sackston, W. E., 1973. Factors affecting infection of sunflower by *Plasmopara halstedii*. *Canadian Journal of Botany*, 51, 15–22.
- Connor, D.J., Jones, T.R., 1985. Response of Sunflower to Strategies of Irrigation II.Morphological and Physiological Responses to Water Stress. *Field Crops Research* 12: 281-293.
- Connor, D.J., Jones, T.R., Palta, J.A., 1985. Response of Sunflower to Strategies of Irrigation I.Growth, Yield and the efficiency of Water-Use. *Field Crops Research*. 10(1): 15-36.
- Constantin, J., Willaume, M., Murgue, C., Lacroix, B., Therond, O., 2015. The soil-crop models STICS and AqYield predict yield and soil water content for irrigated crops equally well with limited data. *Agric For Meteorol* 206: 55–68.
- Cosentino, S., Sortino, O., Litrico, P.G., 1992. Yield response, canopy temperature and water status of a second crop of sunflowers with different irrigation regimes. *Rivisira-diAgronomia*, 26:4:633-640.
- Craciun, I., Cracuin, M., 1994. Irrigated sunflower response under limited water supply. *Romanian Agricultural Research*, 1:93-97.
- Çağlar, K.Ö., (1949). *Toprak Bilgisi*. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları No:10, 230s, Ankara.
- D'amato, A., Giardona, I., Philippis, G., 1990. Evaluation of sunflower cultivars in different environments and at different moisture availabilities. *Informatore-Agrario*, 46(12):33-34.
- D'amato, A., Giordano, I., 1989. Comparison of Cultivars of Different Maturity Group in Different Environments with and without Limited Irrigation. *Campania Informatore Agrario*, 45(12):37-38.

- Dal Belo Leite, J. G., Silva, J., Justino, F., Ittersum, M. K., 2014. A crop model-based approach for sunflower yields. *Scientia Agricola*. 71. 345. 10.1590/0103-9016-2013-0356.
- Davies, W.J., Hartung, W., 2004. Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under Water Scarcity? In: *Proceedings of the Fourth International Crop Sci. Congress*, Sept. 26-Oct. 01, Brisbane, Australia.
- Debaeke, P.; Casadebaig, P.; Flenet, F.; Langlade, N., **2017a**. Sunflower crop and climate change: Vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *Oilseeds Fats Crop. Lipids*, 24, D102.
- Debaeke, P., Bedoussac, L., Bonnet, C., Bret-Mestries, E., Seassau, C., Gavaland, A., Raffailac, D., Tribouillois, H., Véricel, G., Justes, E., **2017b**. Sunflower crop: environmental friendly and agro-ecological. *Oilseed Fats Crops Lipids* 23, 1–12.
- Decau, J., All, A., 1973. The Effect of Climatic Conditions And Irrigation on the Oil and Protein Production of Three Oil Seed Crops. (rape, sunflower, soybean) in S.W. France. *Comptes Rendus des Seances de l'Acad.d'Agric.de France*. 59(18):1464-1474.
- Dellal, I., McCarl, B.A., Butt, T., 2011. The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 12(1), 376-385.
- Demir, A.O., Göksoy, A.T., Büyükcangaz, H., Turan, Z.M., Köksal, E.S., 2006. Deficit irrigation of sunflower in a sub-humid climate. *Irrigation Sci.* Vol.:24(4):279-289.
- Demircan M, Arabacı H, Akçakaya A, ğensoy S, Bölük E, Çoğkun M, 2017. Ėklim ve ĖehirleĖme: Minimum Sıcaklık Trendleri. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 5- 7 Temmuz 2017, İstanbul.

- Demirel, A., 2014. Kırşehir ekolojik koşullarında bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97s.
- Demirören, T., 1978. Tokat'ta Ayçiçeği Su Tüketiminin Saptanması. Tokat Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:25, Tokat, 27 s.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Respons to Water. United Nations FAO. Pub. 33, ROME, 193 p.
- Dorsan., F., Sezgin, F., Ul, M.A., 1993. Ayçiçeğinde değişik ıslatma derinliklerinde kısıtlı su uygulamasının su-verim ilişkileri üzerine etkisi. Ege Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 30(3):121-128, İzmir.
- Echarte, L., Echarte, M. M., Cerrudo, D., Gonzalez, V. H., Alfonso, C., Cambareri, M., ... Maggiora, A. D., 2020. Sunflower evapotranspiration and water use efficiency in response to plant density. Crop Science.
- Elfaki, E. M., Hisham M.M., Farah A., 2020. Effect of Deficit Irrigation at Different Growth Stages on Yield and Water Productivity of Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Gezira State, Sudan.
- El-Hafez, S.A.A., El-sabbagh, A.A., El-bably, A.Z., Abou-El, A., 2002. Evaluation of sprinkler irrigated sunflower in North Delta, Egypt. Alexandria Journal of Agricultural Research. 47(1):147-152.
- El-Marsafawy Samia, M., 2006. Impact of climate change on sunflower crop production in Egypt. 2nd international conference on Water Resources & Arid Environment proceedings.
- El-Naim, A.M., 1992. Watering intervals and plant population effect on growth and yield of two sunflower hybrids. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Khartoum.

- Elsheikh, E., & Schultz, B., Adam, A., 2012. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on Gezira clay soil, Sudan. Proceeding of the International conference on sustainable Irrigation 2012 Australia. 10. 10.2495/SI120321.
- El-wakil, A.M., Gaafar, S.A., 1988. Studies on Water Requirements on Sunflower. Aust. Journal of Agricultural Sciences. 19(1):375-389.
- English, M.J., Raja, S.N., 1996. Perspectives on Deficit Irrigation. Agric. Water Manage. 32:1-14.
- Erdem, T., 2000. Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinin su-verim ilişkileri. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enst. Tar. Yap. ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, 135s., Tekirdağ.
- Erdem, T., Delibaş, A.H., Orta, H., 2001. Water-use characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under deficit irrigation. Pak. J. Biol. Sci., 4(7):766-769.
- Erdem, T., Delibaş, L., 2003. Yield response of sunflower to water stress under Tekirdag conditions. Helia. 26(38): 149–158.
- Erdemoğlu, N., Kusmenoğlu, S., Yenice, N., 2003. Effect of Irrigation on the Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Sunflower Seeds. Chemistry of Natural Compounds 39(1): 1-4.
- FAO. 2020. FAO Statistical Programme of Work 2020–2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9734en>.
- FAOSTAT, 2022. Statistical year book world food and Agriculture 2021. <https://www.fao.org/3/cb4477en/cb4477en.pdf>
- Feng, L., Li, W., Shi, Q., Zhao, S., Hao, Y., Liu, H., Shi, H., 2020. Effects of Irrigation and Nitrogen Application Rates on Protein and Amino Acid Content of Sunflower Seed Kernels. Water. 13. 78. 10.3390/w13010078.

- Ferri, D., Losavio, N., 1982. The Effect of Increasing Irrigation Volume and of Periods of Water Shortage On Sunflower Yield and Quality in A Southern Environment. Istituto Sperimentale Agronomico, Bari Italy. *Annali dell'Istituto Sperimentale Agronomico* 13 (1): 67-87.
- Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Caterina, R., Caro, A., Di Caterina, R., Di Caterina, A., De-caro, A., 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy* 17(3):221-230.
- Flenet, F., Debaeke, P., Casadebaig, P., 2008. Could a crop model be useful for improving sunflower crop management? *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. 15. 10.1051/ocl.2008.0199.
- Gadehi, Mumtaz., Kaleri, A., Kalro, M., Mirjat, M., Bhatti, I., & Tunio, S., Khan, M., & Kaleri, S., 2017. Nitrogen management efficiency against sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different irrigation frequencies. 6. 576-584.
- Gajri, P.R., Gill, K.S., Chaudhary, M.R., Singh, R., 1997. Irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in relation to tillage and mulching. *Agricultural Water Management* 34:149-160.
- García-Lopez J., Lorite, I., García-Ruiz R., Ordoñez R., Dominguez J., 2016. Yield response of sunflower to irrigation and fertilization under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*. 76. 151-162. 10.1016/j.agwat.2016.05.020.
- Garrity, P. D., Watts, D. G., Sullivan, C. Y., Gilley, J. R., 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance. Evapotranspiration yield relationships. *Agron. J.* 74: 815-820.
- Göçmen, E., 2021. The Effect of Different Irrigation Treatment on Yield and Yield Parameters of Sunflowers in Semi-Arid Conditions.

- Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M and Dagustu, N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*. 87: 167-178.
- Graves, A.R., Hess, T., Matthews, R., Stephens, W., Middleton, T., 2003. Crop Simulation Models as Tools in Computer Laboratory and Classroom-Based Education. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*. 54. 10.2134/jnrlse.2002.0048.
- Guilioni L., Brisson N., Levrault F., 2010. Eléments sur le changement climatique et la culture de tournesol. *Livre Vert du projet Climator (2007–2010)*. Angers (France): ADEME Editions, pp. 201–212
- Gündüz, A., Gündüz, O., Dünder, M.A., Çağırkan, O., Çay, Ş., 2018. Konya Koşullarında Ayçiçeğinde Farklı Sulama Seviyeleri İle Su Stresinin Verim Ve Kaliteye Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı:249-258.
- Gündüz, M., Kara, C., 1996. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında İkinci Ürün Ayçiçeğinin Su Tüketimi. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Yayınları*. Genel Yayın No: 101, Rapor Seri No: 72, Şanlıurfa.
- Gürbüz, B., Kaya, M.D., Demirtola, A., 2003. Ayçiçeği Tarımı. *Hasad Yay.* 100s.
- Gürkan, H., 2019. Konya Havzasında İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi*, 118s.
- Gürkan, H., Bayraktar, N., & Bulut, H., 2017. İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20, 216-221.

- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H., Koçak, N., Eskioğlu, O., Demircan, M., 2016. The effect of climate factors on the yield of sunflower and sunflower yield prediction based on climate change projections: Example of Marmara region. 19th International Sunflower Conference, Edirne, Turkey.
- Gürkan, H., Ozgen, Y., Bayraktar, N., Bulut, H., Yildiz, M., 2020. Possible Impacts of Climate Change on Sunflower Yield in Turkey. Available at: <https://www.intechopen.com/online-first/possible-impacts-of-climate-change-on-sunflower-yield-in-turkey> (Accessed 22 June 2021).
- Gürkan, H., Shelia, V., Bayraktar, N., Yildirim, Y. E., Yesilekin, N., Gunduz, A., Boote, K., Porter, C., Hoogenboom, G., 2021. Estimating the potential impact of climate change on sunflower yield in the Konya province of Turkey. The Journal of Agricultural Science. 1-13. 10.1017/S0021859621000101.
- Gyldengren, J.G., Abrahamsen, P., Olesen, J.E., Styczen, M., Hansen, S., Gislum, R., 2020. Effects of winter wheat N status on assimilate and N partitioning in the mechanistic agroecosystem model DAISY. J Agro Crop Sci 1–22.
- Hang, A.N., Evans, D.W., 1985. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower, Agronomy Journal, 77, 588-592.
- Harman, W.L., Unger, P.W., Jones, O.R., 1982. Sunflower Yield Response to Furrow Irrigation on Fine Textured Soils in the Texas High Plains. Texas Agricultural Experiment Station. Miscellaneous Publication, No.MP 1521, 35 p.
- Harris, H.C., McWilliams, J.R., Mason, W.K., 1978. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. Aust J Agric Res 29: 1203–1212.

- Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L., Ogoshi, R., Lizaso, J.L., Koo, J., Asseng, S., Singels, A., Moreno, L.P., Jones, J.W., 2019. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
- Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L.A., Ogoshi, R., Lizaso, J.I., Koo, J., Asseng, S., Singels, A., Moreno, L.P., Jones, J.W., 2017. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7. DSSAT Foundation, Gainesville, Florida. www.DSSAT.net.
- Howell, T.A., Cuenca, R.H., Solomon, K.H., 1990. Crop Yield Response, In: Management of Farm Irrigation Systems. (Eds.: Hoffman GJ, Howell TA, Solomon KH). An ASAE Monog. St. Joseph, MI pp. 93-124.
- Hunt, L.A., Boote K.J., 1998. Data for model operation, calibration, and evaluation. In: Impact of climate change on the rice–wheat cropping system of Pakistan. In: Rosenzweig, C., Hillel, D. (Eds.), Handbook of climate change and agroecosystems: the agricultural model inter-comparison and improvement project (AgMIP). ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation. Imperial College Press London. 219-258.
- Hunt, L.A., Pararajasingham, S., Jones, J.W., Hoogenboom, G., Imamura, D.T., Ogoshi, R.M., 1993. GENCALC: Software to facilitate the use of crop models to analyse field experiment. *Agronomy Journal*, 85:1090-1094.
- Ijaz, W., Ahmed, M., Asim, M., Aslam, M., 2017. Models to study phosphorous dynamics under changing climate. In: Ahmed M, Stockle CO (eds) Quantification of climate variability, adaptation and mitigation for agricultural Sustainability. Springer International Publishing, Cham, pp 371–386.

- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2021. Summary for policymakers. In: Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors, S.L. et. al. (2021) (eds.)]. Cambridge University Press.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Iqbal, N., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Azam, F., 2005. Effect of exogenous application of glycinebetaine on capitulum size and achene number of sunflower under water stress. *Int. J. Biol. Biotechnol.* 2(3): 765-771.
- İlbaş, A.İ., Yıldırım, B., Arslan, B., Günel, E., 1996. Sulama sayısının bazı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinde verim ve önemli bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(4):9-22.
- Jabeen, M., Gabriel, H.F., Ahmed, M., Mahboob, M.A., Iqbal, J., 2017. Studying impact of climate change on wheat yield by using DSSAT and GIS: a case study of Pothwar region. In: Ahmed M, Stockle CO (eds) Quantification of climate variability, adaptation and mitigation for agricultural sustainability. Springer International Publishing, Cham, pp 387–411.

- Jame, Y. W., Cutforth, H. W., 1996. Crop growth-models for decision-support systems. *Canadian Journal of Plant Science*, 76(1): 9-19.
- Jame, Y., Cutforth, H., 1996. Crop growth models for decision support systems. *Canadian Journal of Plant Science*. 76. 10.4141/cjps96-003.
- Jamieson, P.D., Porter, J.R., Wilson, D.R., 1991. A test of the computer simulation model ARC-WHEAT on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Res.* 27, 337–350
- Jana, P.K., Misra, B., Kar., P.K., 1982. Effect of Irrigation at Different Physiological Stages of Growth on Yield Attributes. Yield, Comsumptive Use, and Water Use Efficiency on Sunflower. Dep. of Agron., B.C. Krishi Viswa Vidyalaya, Kalyani, India. *Indian Agriculturist. INDIA*. 26 (1): 39-42.
- Jatoi, W., Ahmad, A., Belhouchette, H., Fahad, S., 2016. Evaluation of the OILCROP-SUN model for sunflower hybrids under different agrometeorological conditions of Punjab—Pakistan. *Field Crops Research*. 188. 10.1016/j.fcr.2016.01.011.
- Jones, J.W., Ritchie J.T., (1990). Crop growth models. In: Hoffman GJ, Howel TA, Solomon KH (Ed.). *Management of Farm Irrigation Systems*, The American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 9:63–89.
- Jones, J.W., Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Thornton, P.K., Wilkens, P.W., Imamura, D.T., Bowen, W.T., Singh, U., 1998. Decision support system for agrotechnology transfer; DSSAT v3. In: Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 157/177.
- Jovanovic, N.Z., Annandale J.G., Nel, A.A., 2000 .Calibration and validation of the SWB model for sunflower (*Helianthus annuus* L.), *South African Journal of Plant and Soil*, 17:3, 117-123, DOI: 10.1080/02571862.2000.10634881.

- Kadasiddappa, M.M., Praveen Rao, V., Yella Reddy, K., Ramulu, V., Uma Devi, M., Naredar Reddy, S., 2015. Drip irrigation: An efficient tool to improve yield and water use efficiency in sunflower (*Helianthus annuus*. L). *Annals of Plant and Soil Research*.17(Sp):394-397.
- Kadayıfçı, A., Yıldırım, O., 2000. Ayçiçeğinin Su-Verim İlişkileri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24 :137-145, Ankara.
- Kadiyala, M.D.M., Nedumaran, S., Padmanabhan, J., Gumma, M.K., Gummadi, S., Srigiri, S.R., Robertson, R., Whitbread, A., 2021. Modeling the potential impacts of climate change and adaptation strategies on groundnut production in India. *Sci Total Environ*. 776:145996.
- Kadiyala, M.D.M., Nedumaran, S., Singh, P., Chukka, S., Irshad, M.A., Bantilan, M.C.S., 2015. An integrated crop model and GIS decision support system for assisting agronomic decision making under climate change. *Sci. Total Environ*. 521:123–134.
- Kang, S.Z., Zhang, J., 2004. Controlled Alternate Partial Root-Zone Irrigation: Its Physiological Consequences and Impact on Water Use Efficiency. *Journal of Experimental Botany* 55(407):2437-2446.
- Kapur, B., 2010. Artan Co2 Ve Küresel İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesinde Buğday Verimliliği Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi.*, 197s.
- Karaata, H., 1991. Kırklareli Koşullarında Ayçiçeği Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonları. (Doktora Tezi), T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri ATATÜRK Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 28/24, s 92, Kırklareli.
- Karaata, H., Aran, A., 1998. Ankara-Kesikköprü koşullarında ayçiçeğinin su-verim ilişkileri. *Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı* (1999), no.108: 129–143, Ankara.

- Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C., Rouphael, Y., 2007. Evapotranspiration, Seed Yield and Water Use Efficiency of Drip Irrigated Sunflower Under Full and Deficit Irrigation Conditions. *Agric.*
- Karami, E., 1977. Effect of irrigation and plant population on yield and yield components of sunflower. *Indian J Agric Sci* 47:15-17
- Kassam, A.H., Molden, D., Fereres, E., Doorenbos, J., 2007. Water Productivity: Science and Practice-Introduction. *Irr. Sci.* 25:185-188.
- Kaur, P., Singh, H., Kingra, P.K., Mukherjee, J., 2013. OILCROP-SUN Model as a grower's tool for sunflower cultivation in irrigated plains of Punjab.. *Journal of Agricultural Physics.* 13. 166-174.
- Kaviya, V., Sathyamoorthy, N.K., Rajeswari, M., Chinnamuthu, C., 2018. Effect of deficit drip irrigation on water use efficiency, water productivity and yield of hybrid Sunflower. 9. 1119-1122.
- Kaya, M.D., 2006. Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulamaların ayçiçeğinde (*Helianthus annuus L.*) verim ve verim öğelerine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 95s.
- Kaya, M.D., Kolsarıcı, O., 2011. Seed yield and oil content of some sunflower (*Helianthus annuus L.*) hybrids irrigated at different growth stages. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(22): 4591-4595.
- Kazemeini, S.A., Mohsen, E., Avat, S. (2009). Interaction effects of deficit irrigation and row spacing on sunflower (*Helianthus annuus L.*) growth, seed yield and oil yield. *African Journal of Agricultural Research.* 4(11): 1165-1170
- Kazi, B.R., Oad, F.C., Jamro, G.H., Jamali, L.A., Oad, N.L., 2002. Effect of water stress on growth, yield and oil content of sunflower. *Pakistan J. Appl. Sci.* 2 (5): 550–552.

- Kephe, P., Ayisi, K., Petja, B., 2021. Challenges and opportunities in crop simulation modelling under seasonal and projected climate change scenarios for crop production in South Africa. *Agriculture & Food Security*. 10. 10.1186/s40066-020-00283-5.
- Khaliq, A., Cheema, Z.A., 2005. Effect of irrigation regimes on some agronomic traits and yield of different sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *International Journal of Agriculture and Biology*. 7(6): 920-924.
- Khan, M.J., Muhawar, H., 1996. Effect of four different moisture stress levels on sunflower in Peshawar, Pakistan. *Proceedings of 6th drainage workshop on drainage and environment*, Ljubljana, Slovenia, 21-29 April, pp:569-576.
- Kırda, C., Topçu, S., Kaman, H., Ulger, A.C., Yazıcı, A., Çetin, M., Derici, M.R., 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research* 93:132-141.
- Kiniry, J.R., Blanchet, R., Williams, J.R., Texier, V., Jones, C.A., Cabelguenne, M., 1992. Sunflower simulation using the EPIC and Almanac models. *Field Crops Res* 30: 402–423.
- Kolte, S.J., 1985. *Diseases of Annual Edible Oilseed Crops*, Vol. III. Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, 1985, pp. 9–17.
- Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2012. 2011 yılı Ayçiçeği Raporu. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 23s.
- Krizmanic, M., Liovic, I., Mijic, A., Bilandzic, M., Krizmanic, G., 2003. Genetic potential of sunflower hybrids in different agroecologyl conditions. *Sjemenarstvo* 20(5/6): 237–245.
- Krukivska, A., Hrechana, N., Snizhko, S., Shevchenko, O., Matviienko, M., 2021. Geoinformation components of sunflower yield simulation in arid climate using the model aqua crop. *Conference Proceedings, Geoinformatics*, May 2021, Volume 2021, p.1 - 6
- Kumar, B.V., Rao, V.P., 2001. Sunflower growth and yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits. *Crop Research Hisar*, 22(2): 167-174.

- Kumar, S., Dixit, R.S., Tripathi, H.P., 1991. Effect of nitrogen on nutrient uptake and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under different moisture regimes. *Indian J. Agric. Sci.* 61: 766-768.
- Lakshmi N. J., Vanaja M., Yadav S.K., Maheswari M., Archana G., Patil A., Rao C. H. S., 2017. Effect of CO₂ on growth, seed yield and nitrogen uptake in sunflower. *Journal of Agrometeorology* 19 (3), 195-199
- Laniado, E., Vaghi, S., Amodeo, E., Capriolo, A., Mascolo, R., 2013. Model to evaluate the effectiveness of environmental projects. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 179:755-765.
- Li, Y., Huang, H., Ju, H., Lin, E., Xiong, W., Han, X., Wang, H., Peng, Z., Wang, Y., Xu, J., Cao, Y., Hu, W., 2015. Assessing vulnerability and adaptive capacity to potential drought for winter-wheat under the RCP 8.5 scenario in the Huang-Huai-Hai Plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 209, 125–131.
- Liu, B., Martre, P., Ewert, F., Porter, J.R., Challinor, A.J., Müller, C., Ruane, A.C., Waha, K., Thorburn, P.J., Aggarwal, P.K., Ahmed, M., Balkovič, J., Basso, B., Biernath, C., Bindi, M., Cammarano, D., De Sanctis, G., Dumont, B., Espadafor, M., Eyshi Rezaei, E., Ferrise, R., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Gao, Y., Horan, H., Hoogenboom, G., Izaurralde, R.C., Jones, C.D., Kassie, B.T., Kersebaum, K.C., Klein, C., Koehler, A.K., Maiorano, A., Minoli, S., Montesino San Martin, M., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O’Leary, G.J., Palosuo, T., Priesack, E., Ripoche, D., Rötter, R.P., Semenov, M.A., Stöckle, C., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Van der Velde, M., Wallach, D., Wang, E., Webber, H., Wolf, J., Xiao, L., Zhang, Z., Zhao, Z., Zhu, Y., Asseng, S., 2019. Global wheat production with 1.5 and 2.0°C above pre-industrial warming. *Glob Chang Biol* 25(4):1428–1444.
- Liu, F., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2003. Hydraulic and Chemical Signals in the Control of Leaf Expansion and Stomatal Conductance in Soybean Exposed to Drought Stress. *Functional Plant Biology* 30(1):65-73.

- Longo, G., Restuccia, G., 1975. On Plant Density of Sunflower (*Helianthus annus* L.) In Relation To Application of Phosphorus-Nitrogen Fertilizer and Irrigation. Instituto di Agronomia Generale a Cdtivazioni Erbacee. Rivista di Agronomia 9(2/3): 187-192.
- López-Cedrón, X.F., Boote, K. J., J. Piñeiro, 2008. Improving the CERES-Maize Model Ability to Simulate Water deficit Impact on Maize Production and Yield Components. Agronomy Journal, 100: 296–307.
- Mahmood, H., 2019. The Sensitivity of different Growth Stages of Sunflower (*Helianthus Annus* L.) Under Deficit Irrigation. Applied Ecology and Environmental Research. 17. 10.15666/aeer/1704_76057623.
- Mailhol, J.C., Olufayo, A.A., Ruelle, P., 1997. Sorghum and sunflower evapotranspiration and yield from simulated leaf area index. Agricultural Water Management 35: 167-182.
- Malik, W., Dechmi, F., 2019. DSSAT modelling for best irrigation management practices assessment under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management. 216. 27-43. 10.1016/j.agwat.2019.01.017.
- Matev, A., Petrova, R., Kirchev, H., 2012. Evapotranspiration of sunflower crops depends on irrigation. Agric. Sci. Technol. 2012, 4, 1313–8820.
- Matthews, R.B., Stephens W., Hess T., Mason T., Graves A.R., 2000. Applications of crop/soil simulation models in developing countries. Final Rep. PD 82. Cranfield Univ. at Silsoe, Silsoe, UK. maturity. Agron. J. 88:698–703.
- Mete, C., 1988. Tarsus koşullarında universal denklemin K, R, C ve P faktörleri (Ara Rapor). Köy Hiz. Araş. Enst. Müd. Yay. Gen. Yay. No:145, Rap. Ser. No:84, Tarsus.
- Moraru, G., Nicole, H., Vasinc, I., 1986. Irrigation Regime of the Principal Crops in Southeast Baragan. Productia Vegetala, Cereale si Plante Tehnice, 38(7): 34-43.

- Moriondo, M., Orlandini, S., Villalobos, F., 2003. Modelling compensatory effects of defoliation on leaf area growth and biomass of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European journal of agronomy*. 19. 161-171. 10.1016/S1161-0301(02)00022-9.
- Moriondo, M., Giannakopoulos, C., Bindi, M., 2011. Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Clim Change* 104: 679–701.
- Mukhesh, G., Kumar, G., Avil, K. K., Mani, A., 2015. Yield and yield attributes of Rabi sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by sowing dates and irrigation levels.
- Murriel, J.L., 1975. Yield of Sunflower in Field Plots in Response to Various Watering Regimes and to Irrigation during Critical Phases of Growth. *Proceedings of the 6th International Sunflower Conference*. Int. Sunflower Assoc. Romania, pp:577-582.
- Nasim, W., 2012. Climate change impact on sunflower productivity under agroenvironmental conditions of Pakistan: simulation & field study. *International Conference on Agriculture, Science and Engineering (ICASE2012)* Port Harcourt, Nigeria, September 3–7, pp. 192–206. Google Scholar
- Nasim, W., Ahmad, A., Belhouchette, H., Fahad, S., 2016. Evaluation of the OILCROP-SUN model for sunflower hybrids under different agro-meteorological conditions of Punjab—Pakistan. *Field Crops Research*. 188. 10.1016/j.fcr.2016.01.011.
- Nasim, W., Belhouchette, H., Ahmad, A., Habib-ur-Rahman, M., Jabran, K., Ullah, K., Fahad, S., Shakeel, M., Hoogenboom, G., 2016. Modelling climate change impacts and adaptation strategies for sunflower in Pakistan *Outlook Agric.*, 45 pp. 39-45.

- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: A.L. Page, R.H. Miller (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 403-430.
- Omay, E., 1972. Aşağı Gediz Ovası Bitki Su Tüketimleri ve Su Kullanma Katsayıları Testleri Sonuç Raporu. Menemen Bölge TOPRAKSU Araşt. Enst. Yay. No: 30, İzmir.
- Orta, H., Şişman, C., 1996. Trakya koşullarında ayçiçeği sulaması. Hasad Tarım ve Hayvancılık Dergisi, 136: 34-39, İstanbul.
- Osman, F., Talha, M., 1975. The Effect of Irrigation Regime On Yield and Consumption of Sunflower Seed Oil. Natn. Res. Cant. Dokki, Cairo. Egyptian Journal of Soil Science. Egypt. 15(2): 211-218.
- Oylukan, Ş., 1974. Ayçiçeğinin Su İhtiyacının Tespiti. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 115, Rapor Serisi No: 78, Eskişehir.
- Oz, M., Karasu, A., Kuşcu, H., Mehmet, Sincik M., Turan., Z.M., Goksoy, A.T., 2013. Effect of rainfed and irrigated conditions on yield and quality traits of new-improved sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in a sub-humid climate. Indian Journal of Agricultural Sciences. 83(1): 41-50.
- Pal, M., 1981. Effect of Soil Moisture Regimes and Fertility Levels on Yield and Quality of Sunflower Varieties. Ind. J. of Agric. Res., 15: 74-78.
- Pal, M., Yadav, S.O., 1974. Response of Sunflower Varieties to Soil Moisture Regimes and Nitrogen Levels. Uttar Pradesh Inst. of Agric. Scie. Indian J. of Agric. Research. 8(3): 157-161.
- Patanè, C., Cosentino, S., Anastasi, U., 2017. 'Sowing time and irrigation scheduling effects on seed yield and fatty acids profile of sunflower in semi-arid climate', International Journal of Plant Production, 11(1), pp. 17-32. doi: 10.22069/ijpp.2017.3307.

- Patel, J.C., Singh, R.M., 1979. Water Use and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as Influenced By Irrigation, Mulch and Cycocel Application. Udaipur Univ. Madras Agricultural Journal. India. 66(12): 777-782.
- Patil, B.P., Gangavane, S.B., 1990. Effect of water stress imposed at various growth stages on yield of groundnut and sunflower. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 15(3): 322-324.
- Patil, M.A., Mayee, C.D., Phad, H.B., Ramtirthkar, M.S., 1992. Influence of seedling age, sowing dates and rainfall on the incidence of sunflower downy mildew. Ind. Phytopathol. 45: 370-371.
- Pekcan, V., Evci, G., Yilmaz, M.I., Nalcaiyi, A.S.B., Erdal, Ş.Ç., Cicek, N., Ekmekci, Y., Kaya, Y., 2015. Drought effects on yield traits of some sunflower inbred lines. Agri. For. 61 (4), 101–107.
- Peng, B., Guan, K., Tang, J., Ainsworth, E.A., Asseng, S., Bernacchi, C.J., Cooper, M., Delucia, E.H., Elliott, J.W., Ewert, F., Grant, R.F., Gustafson, D.I., Hammer, G.L., Jin, Z., Jones, J.W., Kimm, H., Lawrence, D.M., Li, Y., Lombardozzi, D.L., Marshall-Colon, A., Messina, C.D., Ort, D.R., Schnable, J.C., Vallejos, C.E., Wu, A., Yin, X., Zhou, W., 2020. Towards a multiscale crop modelling framework for climate change adaptation assessment. Nat Plants 6(4):338–348.
- Pereira, A.R., 1987. Simulação do crescimento e da produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Anais. Campinas: Fundação Cargill, 226p.
- Perniola, M., Amaducci, M.T., De caro, A., 1989. Comparison of cultivars of different maturity group in different environments with and without limited irrigation. Basilicata Informatore Agrario, 45(13): 41-43.
- Petcu, E., Arsintescu, A., Stanciu, D., 2001. The Effect of Drought Stress on Fatty Acids Composition in some Romanian Sunflower Hybrids. Romanian Agric. Res. 15: 39-43.

- Phiri, E., Zimba, S., 2018. Root-Zone Soil Water Balance and Sunflower Yield under Deficit Irrigated in Zambia. *Open Journal of Soil Science*. 08. 61-73. 10.4236/ojss.2018.81005.
- Quattar, S., El-asri, M., Lhatoute, B., Lahlou, O., El-asri, M., 1992. Effect of water regime on the productivity and oil content of sunflower. *Cahiers Agricultures*, 1(3):173-179.
- Rabert, G.A., Rajasekar, M., Manivannan, P., 2016. Triazole-induced drought stress amelioration on growth yield, and pigments composition of *Helianthus annuus* L. (sunflower). *Int. Multidiscip. Res. J.* 5, 6–15.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., 2009. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agron J* 101: 438–447.
- Rahman, M.H., Ahmad, A., Wang, X., Wajid, A., Nasim, W., Hussain, M., Ahmad, B., Ahmad, I., Ali, Z., Ishaque, W., 2018. Multi-model projections of future climate and climate change impacts uncertainty assessment for cotton production in Pakistan. *Agric. For. Meteorol.* 253:94 -113.
- Rauf, A., Maqsood, M., Ahmad, A., Gondal, A. S., 2012. Yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by spacing and reduced irrigation condition. *ESci Journal of Crop Production*. 01. 41-45.
- Rauff, K., Bello, R., 2015. A Review of Crop Growth Simulation Models as Tools for Agricultural Meteorology. *Agricultural Sciences*. 06. 1098-1105. 10.4236/as.2015.69105.
- Rawson, H.M., Turner, N.C., 1983. Irrigation Timing And Relationships Between Leaf Area Field In Sunflower. Div. of Pl. Industry, CSIRO, Canberra. *Irrigation Science*. 4(5): 167-175.
- Razi, H., Assad, M.T., 1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. *Euphytica*, 105: 83-90.

- Reddy, G.K.M., Dangi, K.S., Kumar, S.S., Reddy, A.V., 2003. Effect of moisture stress on seed yield and quality in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Oilseeds Res.* 20(2): 282–283.
- Reddy, G.S., Maruthi, V., Vanaja, M., Rao, D.G., 1998. Effect of moisture stress and management practices on productivity of rainfed sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Journal of Agronomy* 43(1):149-153.
- Reddy, Y., Shaanker, R.U., Virupakshappa, K., 1995. Studies on the sunflower genotypes under moisture stress conditions. *J. of Oilseeds Research*, 12(2):292-294.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook No:60.
- Rinaldi, M., 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. *Agricultural Water Management*. 49. 185-196.
- Rinaldi, M., Losavio, N., Flagella, Z., 2003. Evaluation and application of the OILCROP–SUN model for sunflower in southern Italy. *Agricultural Systems*. 78. 17-30. 10.1016/S0308-521X(03)00030-1.
- Ritchie, J.T., 1985. A user-oriented model of the soil water balance in wheat models in wheat agronomy. *Wheat Growth and Modelling*. Edit. W. Day, R. K. Atkins, Vol. 86(27), pp: 293-305.
- Robinson, R.G., 1971. New Crops for Irrigated Sandy Soils in Minnesota. *Sci.* 27: 10-11.
- Rondanini D., Savin R., Hall A.J., 2003. Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. *Field Crops Res* 83: 79–90.
- Rötter, R. P., Palosuo, T., Kersebaum, K. C., Angulo, C., Bindi, M., Ewert, F., Ferrise, R., Hlavinka, P., Moriondo, M., Nendel, C., Olesen, J. E., Patil, R. H., Ruget, F., Takáč, J., & Trnka, M., 2012. Simulation of spring barley yield in different climatic zones of Northern and Central Europe: A comparison of nine crop models. *Field Crops Research*, 133, 23–36.

- Salbaş, B., Erdem, T., 2020. Damla sulama uygulamalarının ayçiçeğinin su kullanımı, vejetatif gelişme ve verim parametrelerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3): 389-396.
- Salera, E., Baldini, M., 1998. Performance of High and Low Oleic Acid Hybrids of Sunflower under Different Environmental Conditions. Note II. *Helia* 21(28):55-68.
- Salmerón, M., Caverro, J., Isla, R., Porter, C.H., Jones, J.W. and Boote, K.J., 2014. DSSAT Nitrogen Cycle Simulation of Cover Crop–Maize Rotations under Irrigated Mediterranean Conditions. *Agronomy Journal*, 106: 1283-1296.
- Sanchez, J., Gallego, E., 2002. Phytopathogenicity of *Pythium* spp. from the irrigation water of the Poniente Almeriense (south-eastern Spain)] *Rev. Iberoam Micol.* 2002 Sep; 19(3):177-80.
- Schepen, A., Everingham, Y., Wang, Q.J., 2020. An improved workflow for calibration and downscaling of GCM climate forecasts for agricultural applications – A case study on prediction of sugarcane yield in Australia. *Agric For Meteorol* 291:107991.
- Semerci, A., 2019. Yağlık Ayçiçeği Üretiminin Ekonomik Analizi: Kırklareli İli Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4): 616-623.
- Sen, B., Topcu, S., Türkeş, M., Sen, B., Warner, J.F., 2012. Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey: The regional climate model RegCM4. *Climate Research*, 52: 175-191.
- Sevim, Z., 1984. Erzurum Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları. Genel Yayın no:5, Erzurum, 72 s.
- Sezen, S.M., 2000. Çukurova ve Harran Ovası Koşullarında Buğdayda Azot-Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve Ceres-Wheat Modelinin Test Edilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama anabilim Dalı Doktora Tezi, 211s, Adana.

- Sezen, S.M., Ahmad, I., Habib-Ur-Rahman, M., Amiri, E., Tekin, S., Oz, K.C., Maambo, C.M., 2021. Growth and productivity assessments of peanut under different irrigation water management practices using CSM-CROPGRO-Peanut model in Eastern Mediterranean of Turkey. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021 Dec 3. doi: 10.1007/s11356-021-17722-w.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Arıoğlu, H., Şengül, H., Konuşkan, D., Eker, S., Çolak, Y.B., Günaçtı, H., Atağ, G., Kuşvuran, K., 2013. Akdeniz iklim koşullarında damla yöntemiyle uygulanan geleneksel ve kısmi kök kuruluğu (prd) kısıntılı sulama stratejilerinin ayçiçeği verimi ve yağ kalitesine etkilerinin belirlenmesi. TAGEM-BB-090201C3 no'lu proje sonuç raporu, 152s.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Tekin, S., 2011a. Effects of partial root zone drying and deficit irrigation on yield and oil quality of sunflower in a Mediterranean environment. *Irrigation and Drainage* 60(4): 499-508.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B., Tekin, S., 2011b. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. *Agric. Water Management.* 98(7):1153-1161.
- Sezgin, F., Dorsan, F., Ul, M.A., 1993. Ayçiçeğinde değişik ıslatma derinliklerinde kısıtlı su uygulamasının su-verim ilişkileri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 30(3): 21-128.
- Shafi, M., Bakht, J., Yousaf, M., Khan, M., 2013. Effects of irrigation regime on growth and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany.* 45. 1995-2000.
- Sinclair, T.R., and N.G. Seligman. 1996. Crop modelling: From infancy to maturity.
- Singh, V., Yadav, B.S., Bhunia, S.R., Singh, V., 1997. Effect of planting date and irrigation management on growth and yield of spring sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian J. Agric. Sci.* 6: 48-50.

- Soler, C.M.T., Maman, N., Zhang, X., Mason, S.C., Hoogenboom, G., 2008. Determining optimum planting dates for pearl millet for two contrasting environments using a modeling approach. *J. Agric. Sci.* 146, 445–459.
- Soriano, A. M., Orgaz, F., Villalobos, F., Fereres, E., 2004. Efficiency of water use of early planting of sunflower. *European Journal of Agronomy*. 21. 465-476. 10.1016/j.eja.2004.07.001.
- Stewart, J.I., Hagan, R.M., Hail, W.A., 1976. Water Production Functions and Predicted Irrigation Programs for Principal Crops as Required for Water Resources Planning and Increased Water use Efficiency. Tech. Bureau Recl. No:14-06-D. 7329, USA, 80p.
- Stone, L.R., Schlegel, A. J., Gwin, R.E., Khan, A.H., 1996. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. *Agricultural Water Management* 30: 251-259.
- Stöckle, C.O., Donatelli, M., Nelson, R., 2003. CropSyst, a croppingsystems simulation model. *Eur J Agron* 18: 289–307.
- Stöckle, C.O., Kemanian, A.R., 2020. Can crop models identify critical gaps in genetics, environment, and management interactions? *Front Plant Sci* 11(737).
- Stricevic, R., Cosic, M., Djurovic, N., Pejic, B., Maksimovic, L., 2011. Assessment of the FAO AquaCrop model in the simulation of rainfed and supplementally irrigated maize, sugar beet and sunflower. *Agricultural Water Management*. 98. 1615-1621. 10.1016/j.agwat.2011.05.011.
- Süllü, A., Dağdelen, N., 2013. Söke ovası koşullarında II. ürün ayçiçeğinde damla sulamanın verim ve kalite üzerine etkilerinin irdelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(2): 45-54.
- Şen, B., 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. *Doktora Tezi*, 307s.

- Tabatabaei, S.A., Rafiee, V., Shakeri, E., Salmani, M., 2012. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to deficit Irrigation at different growth stages. *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2(5), 624 – 629.
- Talha, M., Osman, F., 1975. Effect of Soil Water Stress on Water Economy and Oil Composition in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J. Agric. Sci.* 84: 49-56.
- Tan, Ş., 2007. Ayçiçeği Tarımı. Çiftçi Broşürü. No 136, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı TAGEM Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir.
- Tan, Ş., Beyazgül, M., Avcieri, Z., Kayam, Y., Kaya, H.G., 2000. Farklı Gelişme Devrelerinde Uygulanan Sulamanın Ana Ürün Ayçiçeğinde Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Ege Tar. Araşt. Enst. Der. Anadolu* 2000-2.Sayısı, Menemen-İzmir.
- Tariq, M., Ahmad, S., Fahad, S., Abbas, G., Hussain, S., Fatima, Z., Wajid, N., Mubeen, M., Habib ur Rehman, M., Khan, M.A., Adnan, M., Wilkerson, C.J., Hoogenboom, G., 2018. The impact of climate warming and crop management on phenology of sunflower-based cropping systems in Punjab, Pakistan. *Agric. For. Meteorol.*, 256–257 (2018), pp. 270-282
- Teama., E.A., Mahmoud, A.M., 1994. Response of sunflower to watering regimes and nitrogen fertilization, I. Growth characteristics. *Aust. J. of Agricultural Sciences*, 25(5):29-37.
- Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J., Kyle, G.P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M.A., Clarke, L.E., Edmonds, J.A., 2011. RCP4.5: a pathway for stanolization of radiative forcing by 2100. *Climate change*, 109,77-94.
- Ticaret Bakanlığı, 2020. 2019 yılı Ayçiçeği üretimi. <https://esnafkoop.ticaret.gov.tr>

- Todorovic, M., Albrizio, R., Zivotic, L., Abi Saab, M.T., Stöckle, C., Steduto, P., 2009. Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agron J* 101: 509–521.
- Topçu, S., Kırdı, C., Daşgan, Y., Kaman, H., Çetin, M., Yazıcı, A., Bacon, M.A., 2007. Yield response and N-fertilizer recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Europ. J. Agronomy* 26: 64-70.
- Tubiello, F.N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., Stockle, C.O., 2000. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *Eur J Agron* 13: 179–189.
- Turan, Z.M., Göksoy, A.T., Demir A.O., Öğretir, K., Dağüstü, N., Büyükcangaz, H., 2001. Bursa koşullarında ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) su-verim ilişkilerinin belirlenmesi. Proje No: TOGTAG/TARP-202, Bursa, s:61.
- Turhan, H., Baser, I., 2004. In vitro and In vivo water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 27(40): 227-236.
- Turhan, H., Citak, N., Pehlivanoğlu, H., Mengul, Z., 2010. Effects of ecological and topographic conditions on oil content and fatty acid composition in sunflower. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 16:553-558.
- Turner, N. C., Burch, G.J., 1983. The role of water in plants. In D. Teare and M. M. Peet (eds.) *Crop water relations*. p.:73-126, John Wiley and Sons, New York.
- TÜİK, 2021. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi: 16/04/2022)
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara.
- Tyagi, N.K., Sharma, D.K., Luthpa, S.K., 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. *Agricultural Water Management* 45: 41-54.

- Ullah, A., Ahmad, I., Ahmad, A., Khaliq, T., 2019. Assessing climate change impacts on pearl millet under arid and semi-arid environments using CSM-CERES-Millet model. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26:6745–6757.
- Unger, P.W., 1982. Time And Frequency of Irrigation Effects On Sunflower Production and Water Use. USDA Conservation and Production Research Laboratory. *Soil Science Society of America Journal*. 46 (5): 1072-1076.
- Unger, P.W., 1983. Irrigation Effect on Sunflower Growth Development and Water Use. *Fields Crops Research* 7(3):181-194
- Unger, P.W., 1990. Sunflower Irrigation of Agricultural crops, Argon.Mon. No:30, USA.
- USDA, 2020. Oilseeds Year Book: World market and trade reports. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. USA. <https://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook/oil-cropsyearbook/>
- USSL., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, Agriculture Handbook. No:60, p160.
- Vanaja, M., Yadav, S.K., Archana, G., Jyothi Lakshmi, N., Ram Reddy, P.R., Vagheera, P., Abdul Razak, S.K., Maheswari, M., Venkateswarlu, B., 2011. Response of C4 (maize) and C3 (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. *Plant Soil Environ* 57: 207–215.
- Vasiliu, M., 1986. Contributions to the Establishment of Irrigation Regimes for Intensive Crops on the Braila Plain. *Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice, Fundulea*, 53: 333-348.
- Venkanna, K., Rao, P., Reddy, B.B., Sarma, P.S., 1994. Irrigation Schedule for sunflower (*Helianthus annuus* L.) based on pan evaporation. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 64 (5): 333-335.

- Villalobos, F.J., Hall, A.J., Ritchie, J.T., Orgaz, F., 1996. OILCROP-SUN A development, growth, and yield model of the sunflower crop. *Agron. J.* 88, 403–415.
- Wallach, D., Martre, P., Liu, B., Asseng, S., Ewert, F., Thorburn, P.J., van Ittersum, M., Aggarwal, P.K., Ahmed, M., Basso, B., Biernath, C., Cammarano, D., Challinor, A.J., De Sanctis, G., Dumont, B., Eyshi Rezaei, E., Fereres, E., Fitzgerald, G.J., Gao, Y., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Girusse, C., Hoogenboom, G., Horan, H., Izaurralde, R.C., Jones, C.D., Kassie, B.T., Kersebaum, K.C., Klein, C., Koehler, A.K., Maiorano, A., Minoli, S., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O'Leary, G.J., Palosuo, T., Priesack, E., Ripoche, D., Rötter, R.P., Semenov, M.A., Stöckle, C., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Wolf, J., Zhang, Z., 2018. Multimodel ensembles improve predictions of crop–environment–management interactions. *Glob Chang Biol* 24(11):5072–5083.
- White, S., 2003. Regulated deficit irrigation and partial root zone drying. PhD student, National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba.
- Wiebe, K., Robinson, S., Cattaneo, A., 2019. Climate change, agriculture and food security: impacts and the potential for adaptation and mitigation. *Sustain Food Agric.* Elsevier 55-74.
- Wu, H., Childress, W.M., Li, Y., Spence, R., Ren, J., 1996. An integrated simulation model for a semi-arid agroecosystem in the Loess Plateau of North-western China. *Agricultural Systems*. 52. 83-111. 10.1016/0308-521X(95)00073-E.
- Yakan, H., Kanburoğlu, S., 1989. Kırklareli Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. *Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın Genel Yayın No:14, Kırklareli, 45 s.*

- Yakoub, A., Lloveras, J., Biau, A., Lindquist, J.L., Lizaso, J.I., 2017. Testing and improving the maize models in DSSAT: development, growth, yield, and N uptake. *Field Crops Res* 212:95–106.
- Yasin, M., Ahmad, A., Khaliq, T., Rahman M.H., Ghafoor, I., Hassan, H.S., Qasim, M., Hoogenboom, G., 2021. Climate change impact uncertainty assessment and adaptations for sustainable maize production using multi-crop and climate models. *Environ. Sci. Pollut. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17050-z>.
- Yavuz, N., 2016. Farklı sulama aralığı ve kısıtlı sulamanın, ayçiçeği verim ve kalitesi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yavuz, N., Çiftçi, N., Yavuz, D., 2019. Effects of different irrigation interval and plant-pan coefficient applications on yield and quality parameters of oil sunflower grown in semi-arid climatic conditions. *Arabian Journal of Geosciences* 12:672.
- Yavuz, N., Yavuz, D., Çiftçi, N., Acar, B., 2018. Deficit Irrigation Affect on Yield Performance of Sunflower Plant in Semi-Arid Konya Region, Turkey. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2):165-168.
- Yılmaz, F.F., Boyraz Erdem, D., 2020. Effects of different soil types and varieties on oil quality of sunflower in the Thrace region. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse-Vol XCVII*. pp: 51-59.
- Yılmaz, F.F., Erdem, D.B., 2021. Farklı Toprak Ordolarında Yetiştirilen Ayçiçeği Çeşitlerinin Verim ve Bazı Bitki Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 25*, S. 688-696.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar. (Mülga) Köy Hizm. Gen. Müd. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Müd. Yay. No: 121, Teknik Yay. No: 56, Ankara.
- Zizzerini, A., 1978. Diffusion of *Plasmopara helianthi* in relation to the soil slopes. *Phytopathologia Mediterranea*, 17: 153-156.

- Zeng, W., Wu, J., Hoffmann, M.P., Xu, C., Ma, T., Huang, J., 2016. Testing the APSIM sunflower model on saline soils of Inner Mongolia, China *Field Crops Res.*, 192 (2016), pp. 42-54.
- Zeng, W., XU, C., Zhao, G., WU, J., Huang, J., 2017. Estimation of Sunflower Seed Yield Using Partial Least Squares Regression and Artificial Neural Network Models. *Pedosphere*. 28. 10.1016/S1002-0160(17)60336-9.
- Zhang, J., Zhang, H., Sima, M., Trout, T., Malone, R., Wang, L., 2021. Simulated deficit irrigation and climate change effects on sunflower production in Eastern Colorado with CSM-CROPGRO-Sunflower in RZWQM2. *Agricultural Water Management*. 246. 106672. 10.1016/j.agwat.2020.106672.
- Zimmer, D. E. 1972. Field evaluation of sunflower for downy mildew resistance. *Plant Dis. Rep.* 56:428-437.
- Zimmer, D.E., 1973. Basal gall of sunflower initiated by *plasmopara halstedii*. *Plant Dis. Rep.* 57: 647-649.
- Zimmer, D.E., 1975. Some abiotic and climatic factors influencing sporadic occurrence of sunflower downy mildew. *Phytopathology*, 65: 751-754.
- Zimmer, D.E., Hoes, J.A., 1978. Diseases. In: *Sunflower science and technology* (Ed. by Carter, J.F.), pp. 225-262. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Zimmer, D.E., Hoes, J.A., 1978. In: Carter JE (ed.), *Sunflower science and technology*, (Chapter 7) Diseases, Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, 1978, pp. 225–262.
- Zivotic, L., 2005. Deficit Irrigation of Sunflower under Mediterranean Environmental Conditions: on-Field Experiment and Modeling Application (MSc. Thesis), Mediterranean Agronomic Institute, IAM-Bari, Italy.



ÖZGEÇMİŞ

Clever Mwika MAAMBO, İlk, orta ve lise eğitimini tamamladıktan sonra, 2014'te Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesinde Türkçe hazırlık yaptı ve 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde yükseköğrenimine başladı. 2019 yılında lisans eğitimini tamamladı ve Çukurova Üniversitesinde Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama yüksek lisans programına başladı. Halen yüksek lisans eğitimlerine devam etmektedir.