

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kadir Can ÖZ

**DOĞU AKDENİZ KOŞULLARINDA YERFİSTİĞİ VERİMİNİ
TAHMİN ETMEDE CROPGRO V4.7.5. BİTKİ BÜYÜME
MODELİNİN PERFORMANSININ VE DUYARLILIĞININ
BELİRLENMESİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU AKDENİZ KOŞULLARINDA YERFİSTİĞİ VERİMİNİ TAHMİN ETMEDE CROPGRO V4.7.5 BİTKİ BÜYÜME MODELİNİN PERFORMANSININ VE DUYARLILIĞININ BELİRLENMESİ

Kadir Can ÖZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
Yıl: 2020, Sayfa: 135
Jüri : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
: Doç. Dr. Servet TEKİN
: Doç. Dr. Burçak KAPUR

Bu araştırma, Doğu Akdeniz koşullarında damla sulama sistemiyle sulanan yerbıstığında NC-7 çeşidinde farklı sulama programlarının verim ve su kullanımını üzerine etkilerini belirlemek ve yerbıstığı verimini tahmin etmede CROPGRO V4.7.5 modelinin performansının ve duyarlılığının belirlenmesi amacıyla 2014 ve 2015 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada ana konuları sulama aralıkları (SA), alt konuları ise sulama düzeyleri (I) oluşturmıştır. Sulama programında 3 farklı sulama aralığı, yığışımli buharlaşma değerlerinden (SA₁: $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm; SA₂: $\Sigma E_o = 50 \pm 5$ mm; SA₃: $\Sigma E_o = 75 \pm 5$ mm olduğunda sulama) oluşurken, 4 farklı sulama düzeyi (I₁= 0.50; I₂=0.75; I₃=1.00; I₄=1.25) oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu toplam yerbıstığı dane verimini istatistiksel olarak %1 hata seviyesinde önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Her iki deneme yılında da en yüksek verim SA₂-125, en düşük verim ise SA₃-50 konusundan alınmıştır. Sulama aralığı ve sulama düzeyi; yerbıstığında verimi, kuru madde miktarını, yaprak alanını, hasat indeksini, su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerlerini önemli derecede etkilemiştir. Sonuçta; SA₂-125 sulama programı yörede yüksek yerbıstığı ürünü almak için önerilebilir. CROPGRO-yerbıstığı modeli simulasyon sonuçlarında elde edilmiş yerbıstığı verimi ve bitki büyüme parametrelerinin tahmini değerlerinin ölçülen değerlere yakın olduğunu göstermiştir. Simüle edilen ve gözlemlenen yerbıstığı verim değerleri arasında determinasyon katsayısı (R²) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.52-0.88, 2015 yılında 0.50-0.96 arasında değişmiştir. Bu nedenle, CROPGRO-yerbıstığı modeli farklı sulama yönetimi koşulları altında yerbıstığıının verimini doğru olarak tahmin etmek için kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Yerbıstığı, Kısıntılı Sulama, Sulama Programı, CROPGRO-yerbıstığı modeli, duyarlılık analizi

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINING THE PERFORMANCE AND SENSITIVITY OF THE CROPGRO V4.7.5 PLANT GROWTH MODEL IN EASTERN MEDITERRANEAN CONDITIONS

Kadir Can ÖZ

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

Supervisor : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
Year: 2020, Pages: 135
Jury : Prof. Dr. Semih Metin SEZEN
: Assoc. Prof. Dr. Servet TEKİN
: Assoc. Prof. Dr. Burçak KAPUR

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 peanut (NC-7) irrigated with drip irrigation system in Eastern Mediterranean conditions in 2014 and 2015. In the irrigation program, 3 different irrigation intervals (SA) are formed from accumulated evaporation values (SA₁: $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm; SA₂: $\Sigma E_o = 50 \pm 5$ mm; SA₃: $\Sigma E_o = 75 \pm 5$ mm), 4 different irrigation levels (I₁ = 0.50; I₂ = 0.75; I₃ = 1.00; I₄ = 1.25). According to the results obtained; irrigation interval and irrigation level interaction was found to significantly affect total peanut grain yield at 1% error level statistically. In both experimental years, the highest yield was taken from SA₂-125 and the lowest yield was taken from SA₃-50. The total amount of irrigation water applied to the subjects varied between 406-1059 mm and plant water consumption values between 516-1034 mm by years. Irrigation interval and irrigation level; The yield of peanuts significantly affected dry matter amount, leaf area, harvest index, water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE) values. After all; SA₂-125 irrigation program can be recommended for high yields in the region. The output of CROPGRO-Peanut model showed that the simulated values of growth parameters, phenology and seed yield of peanut were close to the corresponding measured values. Determination coefficient (R²) values between simulated and observed peanut yield values changed between 0.52-0.88 in 2014 and 0.50-0.96 in 2015 depending on the irrigation interval. Thus, the model could be used to predict the seed yield of peanut accurately under different irrigation management conditions.

Key words: Peanut, deficit irrigation, irrigation scheduling, CROPGRO-yerfistiği model, sensitivity analysis

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Tarsus'ta 2014 ve 2015 yıllarında yürütülen “Doğu Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Yerfıstığına Optimum Sulama Programının Oluşturulması ve Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli TAGEM yerfıstığı proje sonuç raporunun çıktıları mevcut koşullarda CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, Doğu Akdeniz bölgesinde yoğun olarak yetiştirilen yerfıstığı bitkisinde verimi, fenolojisi, büyümenin simulasyonu sağlanarak, ölçülen arazi verileri ile CROPGRO-yerfıstığı (V.4.7.5) model çıktıları karşılaştırmaktır. Ayrıca, diğer amaçlar CROPGRO-yerfıstığı modelinin performansını değerlendirmek ve yapılan duyarlılık analizi ile farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinin bölge için uygun kombinasyonlarını tanımlamaktır.

Çalışma, yerfıstığı bitkisinde üç farklı sulama aralığı altında yer alan dört sulama düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülen çalışmada ana konuları yığılımlı buharlaşma değerlerine göre oluşturulan 3 farklı sulama aralığı ($SA_1: \Sigma E_o = 25 \text{ mm}$; $SA_2: \Sigma E_o = 50 \text{ mm}$; $SA_3: \Sigma E_o = 75 \text{ mm}$), alt konuları ise 4 farklı sulama düzeyi (I) ($I_1 = 0.50$; $I_2 = 0.75$; $I_3 = 1.00$; $I_4 = 1.25$) oluşturmuştur.

Her iki deneme yılına ait yerfıstığı bitkisinin kimi gelişme dönemleri, konulara uygulanan sulama suyu miktarları, konulara ilişkin toprak su içeriklerinin ekimden hasada dek değişimi, bitki su tüketimi değerleri, yerfıstığı bitkisinden elde edilen toplam verim, hasatta toplam kuru madde miktarları, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ait bulgular elde edilmiştir. Anılan gözlemlere ilişkin istatistiksel analizler sonucunda kimi parametrelerde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksiyonu 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.

En yüksek verim her iki deneme yılında da SA₂-125 konusundan alınırken, yıllara göre 5300 ve 4420 kg ha⁻¹'dir. Minimum verim değerleri incelendiğinde; en düşük verim değerleri ise SA₃-50 konusundan alınıp 2700 ve 1960 kg ha⁻¹'dir.

Çalışmada NC-7 yerfıstığı çeşidine ait olan genetik katsayıların belirlenmesinde diğer bir deyişle kalibrasyon aşamasında CROPGRO-yerfıstığı modelinde “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır. Tahmini ve gözlemlenen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme ($\pm\% 10$) elde edilip, benzeşme sağlandığında mevcut genetik katsayılar denemenin yürütüldüğü koşullar için kabul edilmiştir. Kalibrasyon için yerfıstığı bitkisinde çiçeklenme ve olgunlaşmaya ulaşma zamanı gibi bazı fenolojik olaylara ilişkin bilgiler, yerfıstığı verimi, yaprak alan indeksi (LAI) gibi veriler kullanılmıştır.

CROPGRO-yerfıstığı modelin performans değerlendirmesinde istatistiksel ve grafiksel olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Grafiksel yaklaşımda ölçülen ve tahmin edilen veriler zamana karşı grafiklenerek ve görsel olarak karşılaştırması yapılmıştır. İstatistiksel yaklaşımda ise hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), normalleştirilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE_n) ve uyum indeksi (d) değerleri kullanılmıştır. CROPGRO-yerfıstığı modelinin değerlendirmesi aşamasında modelin performansı 2015 yılına ait deneme sonuçlarından elde edilen veri kümesini kullanarak yapılmıştır. Kimi gözlenen verim ve verim bileşenleri ile modelde tahmin edilmiş değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak sunulmuştur

CROPGRO-yerfıstığı modelin performansı simüle edilen ve gözlenen yerfıstığı verimleri, toplam kuru madde verimleri, maksimum LAI ve HI değerleri 2014 ve 2015 yıllarında herbir sulama aralığında karşılaştırılmalı olarak regresyon analizi ile grafiksel olarak sunulmuştur.

Gözlenen ve simüle edilen çiçeklenme günleri arasında % hata değeri 2014 yılında -8.16 ile +7.02, 2015 yılında ise -18.70 ile +1.72 arasında değişmiştir.

RMSE değeri 2014 yılı için 2.58 gün, 2015 yılı için 4.92 gün olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir.

Gözlenen ve simüle edilen yerfistığı verim değerleri arasında 2014 yılında % hata değeri % -14.32 ile +21.25, 2015 yılında ise % -15.60 ile +7.93 arasında değişmiştir. RMSE değeri 2014 yılı için 462.50 kg ha⁻¹, 2015 yılı için ise 323.90 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Gözlenen ve simüle edilen bitki kuru madde değerleri arasında 2014 yılında % hata değeri % -7.49 ile +7.36, 2015 yılında ise % -12.645 ile +33.22 arasında değişmiştir. RMSE değeri 2014 yılı için 533.50 kg ha⁻¹, 2015 yılında 1516.10 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı kuru madde miktarını simüle etmede 2014 yılında iyi, 2015 yılında ise kısmen uygun performans göstermiştir.

Gözlenen ve simüle edilen LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 2014 yılında sulama aralığı ve sulama düzeyine bağlı olarak 0.59-1.35, 2015 yılında ise 0.62-1.05 arasında değişmiştir.

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfistığı verim değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.52-0.88, 2015 yılında 0.50-0.969 arasında değişmiştir.

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfistığı toplam kuru madde miktarları değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014 yılında 0.50-0.84, 2015 yılında 0.12-0.961 arasında değişmiştir.

Duyarlılık analizi sonucunda, sıcaklığın normal koşulların üzerinde 2°C, 2.5°C, 3°C artışıyla birlikte yerfistığı veriminde sırasıyla % -4.51, -7.88 ve -10.33 oranında azalma saptanmıştır. Yağışın % 25 oranında artması yerfistığı veriminde +.25 artış, yağışın % 25 azalması ise yerfistığı verimini % 4.08 arttırırken, yağıştaki azalma ve artma yerfistığı verimini önemli ölçüde etkilememiştir.

CO₂'nin 360 ppm olduğu mevcut koşullar altında verim % -5.07 azalırken, CO₂'nin % 50 ve % 100 artması yerfistığı veriminde sırasıyla % +29.17 ve % +47.96 oranında önemli ölçüde verim artışına neden olmuştur. Bu durum, artan CO₂ konsantrasyonunun yerfistığı verimi üzerinde önemli ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu açıkça göstermektedir.

Bölge koşullarına göre kalibre edilen CROPGRO-yerfistığı modeli ile bitki fenolojisini (çiçeklenmeye ve olgunluğa ulaşma zamanı, LAI'nin zamansal değişimi) simulasyonda oldukça iyi performans göstermiştir. Benzer şekilde yerfistığı verimi, toplam kuru madde, HI, maksimum LAI tahmininde gözlenen ve tahmini değerler arasındaki fark kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Anılan nedenlerle, CROPGRO-yerfistığı modeli Doğu Akdeniz koşullarında yerfistığı (NC-7) fenolojisini ve verimini tahmin etmek için güvenle kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde, çalışmalarımın 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 Doç. Dr. Servet Tekin ve Sayın Doç. Dr. Burçak Kapur'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. TUBİTAK-BİDEP'e proje katkılarından dolayı 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-2019-12401) 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	5
2.1. Su Verim İlişkisi	6
2.2. Bitki Büyüme Modelleriyle Yapılan Çalışmalar	15
2.3. Modelde Kalibrasyon ve Validasyon	22
2.4. Olası İklim Değişiminin Yerfıstığı Verim, Büyüme ve Gelişimine Etkileri	25
2.5. İklim Değişikliği İçin CROPGRO-yerfıstığı Modelinin Duyarlılık Analizi.....	26
3. MATERYAL VE METOD	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Araştırma yeri	29
3.1.2. Araştırmada kullanılan yerfıstığı çeşidi ve özellikleri	29
3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri	29
3.1.4. Araştırma yerinin tarımsal yapısı	32
3.1.5. Araştırma yerinin toprak özellikleri	33
3.1.6. Araştırmada kullanılan su kaynağı	34
3.1.7. Sulama sistemi	34
3.2. Metod.....	34
3.2.1. Deneme metodu	34

3.2.2. Araştırma konuları	35
3.2.3. Toprak ve su analiz yöntemleri	36
3.2.4. Araştırmada izlenen kültürel işlemler, gözlem ve ölçümler.....	36
3.2.4.1. Denemenin kurulması ve tarımsal işlemler	36
3.2.4.2. Toprak hazırlığı ve ekim	36
3.2.4.3. Gübreleme	37
3.2.4.4. Bakım ve tarımsal mücadele	37
3.2.4.5. Sulama	38
3.2.4.6. Gözlemler ve ölçmeler	38
3.2.4.7. Hasat	39
3.2.5. Toprak nemi ölçümleri	39
3.2.6. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE)	40
3.2.7. Kullanılan model hakkında genel bilgiler	40
3.2.7.1. CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 bitki büyüme modeli	43
3.2.7.2. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli veriler	46
3.2.7.2.1. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli iklim verileri	46
3.2.7.2.2. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli toprak profiline ilişkin veriler	47
3.2.7.2.3. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli ürün yetiştiriciliğine ait veriler	47
3.2.7.2.4. CROPGRO-yerfıstığı genetik katsayıları	48
3.2.7.2.5. CROPGRO-yerfıstığı modelinin kalibrasyonu ve değerlendirilmesi	49
3.2.7.2.6. CROPGRO-yerfıstığı modelinde duyarlılık analizi	52
3.2.8. Analiz ve değerlendirme metotları	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	55

4.1. Yerfıstığı Bitkisinin Gelişme Dönemleri	55
4.2. Konulara Ait Sulama Suyu Miktarları, Sulama Zamanları ve Sayıları.....	58
4.3. Toprak Su İçeriği	62
4.4. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketimi Değerleri	66
4.5. Yerfıstığı Dane Verimi	66
4.6. Su Kullanım (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE).....	72
4.7. Yerfıstığında Kimi Morfolojik Özellikler.....	78
4.7.1. Hasat indeksi	78
4.7.2. Yaprak alan indeksi (LAI)	80
4.8. Hastalık gözlemi, patojenlerin izolasyonu ve tanısı	81
4.9. CROPGRO-Yerfıstığı Modeli Simulasyon sonuçları	82
4.9.1. Yerfıstığı NC-7 çeşidine ait genetik katsayılar	82
4.9.2. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini çiçeklenmeye varış süresi	83
4.9.3. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini olgunluğa varış süresi	85
4.9.4. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini verim değerleri.....	87
4.9.5. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini bitki kuru madde değerleri.....	89
4.9.6. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini yaprak alan indeksleri	91
4.9.7.CROPGRO-yerfıstığı modelinin değerlendirilmesi	97
4.9.8. CROPGRO-yerfıstığı modeli su stresinin farklı gelişme dönemlerinde fotosentez ve bitki gelişimine etkisi	102
4.9.9.CROPGRO-yerfıstığı modelinin duyarlılık analizi.....	104
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	135



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Araştırmanın Yürütüldüğü Yıllara İlişkin İklimsel Veriler ve Uzun Yıllık Ortalama Değerleri	31
Çizelge 3.2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	33
Çizelge 4.1. Yerfıstığı Bitkisine İlişkin Kimi Gelişme Dönemleri.....	56
Çizelge 4.2. SA ₁ ve SA ₂ 'e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2014)	60
Çizelge 4.3. SA ₁ ve SA ₂ 'e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2015)	61
Çizelge 4.4. SA ₃ Konusuna Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)(2014, 2015).....	62
Çizelge 4.5. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketim Değerleri (ET) (2014, 2015)	66
Çizelge 4.6. Konulardan Elde Edilen Yerfıstığı Dane Verimleri (kg ha ⁻¹) (2014).....	67
Çizelge 4.7. Konulardan Elde Edilen Yerfıstığı Dane Verimleri (kg ha ⁻¹) (2015).....	67
Çizelge 4.8. Verime İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014)	68
Çizelge 4.9. Verime İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015)	68
Çizelge 4.10. Farklı Sulama Aralığında Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)	69
Çizelge 4.11. Farklı Sulama Düzeylerinde Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)	69
Çizelge 4.12. Yerfıstığında Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2015).....	70
Çizelge 4.13. Konulara Göre Uygulanan Toplam Sulama Suyu, Bitki Su Tüketimi, Verim, Su Kullanma ve Sulama Suyu Kullanma Randımanı Değerleri (2014).....	72

Çizelge 4.14. Konulara Göre Uygulanan Toplam Sulama Suyu, Bitki Su Tüketimi, Verim, Su Kullanma ve Sulama Suyu Kullanma Randımanı Değerleri (2015).....	73
Çizelge 4.15. Su Kullanım Randımanına (WUE)'ye İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014).	73
Çizelge 4.16. Yerfıstığı Su Kullanım Randımanına (WUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015).....	74
Çizelge 4.17. Farklı Sulama Aralığında WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014).....	74
Çizelge 4.18. Farklı Sulama Düzeylerinde WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014).....	75
Çizelge 4.19. Yerfıstığında WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2015).....	75
Çizelge 4.20. Sulama Suyu Kullanım Randımanına (IWUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014).....	76
Çizelge 4.21. Sulama Suyu Kullanım Randımanına (IWUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015).....	76
Çizelge 4.22. Yerfıstığında IWUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014, 2015).....	77
Çizelge 4.23. Yerfıstığı Hasat İndeksine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014).....	79
Çizelge 4.24. Yerfıstığı Hasat İndeksine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015).....	79
Çizelge 4.25. Farklı Sulama Aralığında Hasat İndeksine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014, 2015).....	80
Çizelge 4.26. Farklı Sulama Düzeylerinde Hasat İndeksine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014).....	80
Çizelge 4.27. CROPGRO-yerfıstığı modelinde NC7 çeşidine ait genetik katsayılar.....	82

Çizelge 4.28. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2014).....	84
Çizelge 4.29. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2015).....	85
Çizelge 4.30. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2014).....	86
Çizelge 4.31. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2015).....	86
Çizelge 4.32. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2014)	88
Çizelge 4.33. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2015)	88
Çizelge 4.34. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde bitki kuru madde değerleri (2014)	89
Çizelge 4.35. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde bitki kuru madde değerleri (2015)	90
Çizelge 4.36. Yerfıstığında farklı gelişme dönemlerinde su stresinin fotosentez ve bitki gelişimine etkisi (2014)	102
Çizelge 4.37. Yerfıstığında farklı gelişme dönemlerinde su stresinin fotosentez ve bitki gelişimine etkisi (2015)	103
Çizelge 4.38. Farklı iklim senaryolarının yerfıstığı veriminde etkisi	105



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	DSSAT'ın modüler yapısı ve bileşenleri	43
Şekil 3.2.	CROPGRO yerfistığı bitki büyüme modelinde kullanılan girdi ve çıktı dosyalarına genel bakış	54
Şekil 4.1.	Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2014)	64
Şekil 4.2.	Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2015)	65
Şekil 4.3.	a-f. Konulara ilişkin LAI'lerin zamansal değişimleri (2014, 2015)....	81
Şekil 4.4.	SA1 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)	92
Şekil 4.5.	SA2 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)	93
Şekil 4.6.	SA ₃ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)	94
Şekil 4.7.	SA ₁ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)	95
Şekil 4.8.	SA ₂ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)	96
Şekil 4.9.	SA ₃ sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfistığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)	97
Şekil 4.10.	2014 ve 2015 deneme yılında herbir sulama aralığında ölçülen ve kestirilen yerfistığı verimleri.....	98

Şekil 4.11a-f. Her bir sulama aralığında ölçülen ve kestirilen yerfistığı toplam kuru madde miktarları (2014, 2015)	99
Şekil 4.12a-f. 2014 ve 2015 yılında ölçülen maksimum LAI ile kestirilen maksimum LAI arasındaki ilişki.....	100
Şekil 4.13a-f. 2014 ve 2015 yılında Ölçülen HI ile Kestirilen HI arasındaki ilişki	101



1. GİRİŞ

Ülke nüfusunun sürekli ve hızlı artış göstermesi; insanların beslenmesi, giyinmesi ve yaşamı için gerekli diğer ihtiyaçların artmasına yol açmaktadır. İnsanların ihtiyaçları bir yandan nüfus büyümesi ile sayısal olarak artmakta, diğer yandan teknolojik gelişmenin yükselttiği yaşam standardının getirdiği ilavelerle daha da çoğalmaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı olması ve kullanımı üzerindeki diğer sektörler (evsel, kentsel ve endüstriyel) tarafından oluşan baskıların artması, sulamanın yeryüzündeki su kaynaklarının en büyük tüketicisi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, suyun etkin kullanımının önemi daha da kaçınılmaz olmaktadır. Su ve enerji tasarrufu sağlayan, su kayıplarını minimum düzeye indiren, çevreyi kirletmeyen, ürün miktarında ve kalitede artış sağlayan basınçlı sulama sistemlerinin kullanılması ülke kaynaklarının daha etkin kullanımını beraberinde getirecektir ve yukarıda sözü edilen baskıların azalmasına olanak sağlayacaktır.

İnsan nüfusunun hızla artmasına karşılık tarım alanlarında bir artış söz konusu olmamakta, hatta amaç dışı kullanılması nedeniyle azalmalar görülmektedir. Birim alandan daha yüksek ürün almak için sulamanın yeterince ve zamanında yapılması en önemli kriterlerden birisidir. Ülkemizde yağ sanayinin en önemli hammaddelerinden birisini yerfıstığı tohumu oluşturmaktadır. Son yıllarda, yerfıstığı üretiminin tüketimi karşılamadaki payının gittikçe azaldığı dikkati çekmektedir. Bu üretim yetersizliğinin en önemli nedenlerinden biri, yerfıstığı üretiminde birçok verimlilik sorunlarının çözülmemiş olmasıdır. Her yıl önemli miktarda yağlı tohum ve ham yağ ithal edilen ülkemizde yerfıstığı gibi önemli bir yağ bitkisinde hala büyük bir oranda uygun olmayan sulama programı ile tarım yapılması en önemli verimlilik sorunlarından biri olarak görülmektedir. Yerfıstığında uygun ve düzenli bir sulama programı ile verimi %100, hatta daha fazla oranda arttırmak olasıdır. Bu nedenle, yerfıstığında iyi bir üretim planlaması ile uygun sulama programlaması verimi ve kaliteyi önemli miktarda arttıracak,

yağlı tohum veya ham yağ olarak ithalatı azaltacak ve ülkesel tasarrufu sağlayacaktır.

Sulamanın en önemli amaçlarından birisi de kurak dönemlerde yetiştirilen ürünü korumaktır. Bölgemizde kışlık olarak yetiştirilen ürünlerde genelde susuzluk belirtisi görülmemekle birlikte, erken verim veya zamanla oluşan kuraklıklar su açığından kaynaklanan önemli verim düşmelerine neden olabilmektedir. Böyle durumlarda mutlaka sulama yapma gereği doğmaktadır. Tarımsal sulamalarda su toprağa değişik yöntem ve sistemler ile verilebilmektedir. Günümüzde daha az sulama suyu, daha ekonomik uygulamalar ile toprakta drenaj ve tuzluluk sorunu yaratmayacak, verim ve kaliteyi arttıracak sulama yöntem ve sistemlerinin kullanımı her geçen gün artan düzeyde önem kazanmaktadır. Dünyada yarı kurak ve kurak alanlarda tarımsal üretimi kısıtlayan başlıca faktörler su kıtlığı ve kuraklıktır. Bu nedenle, tarımsal sulama yapılan alanlarda küresel su kıtlığını azaltacak değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Buna ek olarak toplumun artan gıda ihtiyacını karşılamak için tarımsal su yönetiminin su, enerji ve toprağı göz önüne alarak yapılması gerekmektedir (Kassam ve ark., 2007). Belirli koşullarda kısıntılı sulama kaynakları durumunda bitkilerin kısıntılı sulama stratejilerine karşı tepkilerinin bilinmesi özellikle azalan tarımsal su kaynakları koşullarında oldukça önemlidir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda kısıtlı ve kısmi sulama su kıtlığı koşullarında oldukça etkili olduğu söylenebilir. Düzenli kısıtlı sulama ile bitkiler daha az sulama suyu ile kısmi strese girmekte ve sonuçta verimde az miktarda kayıpla sonuçlanmaktadır (English ve Raja, 1996).

Yerfıstığı bitkisinde çiçeklenme dönemi su kısıntısına en hassas dönem olurken, bu dönemi meyve oluşum dönemi izlemektedir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Vegetatif dönemde oluşacak su stresi çiçeklenme ve hasat tarihini geciktirecek, büyümeyi ve sonuçta verimi olumsuz etkileyecektir. Çiçeklenme dönemindeki su kısıntısı ya tozlaşmayı yavaşlatacak ya da çiçeklerin dökülmesine neden olacaktır. Ürün oluşum dönemindeki su kısıntısı ise kapsül ağırlığının azalmasıyla sonuçlanacaktır. Meyve gelişme dönemindeki aşırı sulama veya

yağışlar verim üzerinde zararlı etki yapmaktadır. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) üretiminde büyüme ve verim üzerinde etkili olan en önemli etmenlerden birisi sudur. Su eksikliği bitki büyümesini yavaşlatır, vejetatif ögelerin kuru madde üretimini azaltır. Özellikle 50-85 gün süren kapsül oluşturma döneminde görülen su eksikliği, ginefor penetrasyonu için turgoriteyi, meyve irileşmesini, gelişmekte olan meyvelerin Ca alımını ve daha önemlisi fotosentezi azaltır (Boote, 1983).

Bu çalışmanın yapılmasının en önemli nedeni, damla yöntemiyle su kullanım etkinliğinin geleneksel sulama yöntemlerine göre daha yüksek olmasıdır. Damla sistemiyle sıra bitkilerinin sulanma olanakları ortaya konularak çiftçilerin bu yeni teknikleri kullanmaları özendirilmektedir. İlk yatırım masraflarının yüksek oluşu anılan sistemler için caydırıcı bir unsurdur. Ancak, uygun koşullarda sağlanacak kredi ve sübvansiyon yöre çiftçilerinin çağdaş teknolojilere daha çabuk ulaşmalarını sağlayarak ülke tarımına olumlu ivme kazandırılabilir.

Türkiye’de yerfıstığı üretiminin artırılması kapsamını değerlendirmek, verim potansiyelini bilmek ve yerfıstığı verimini sınırlayan faktörler tanımlamak için ön şarttır. Böyle bir bilgi değerlendirmeyi yapabilmek için yıllar boyunca farklı iklim ve çevre koşullarında arazide araştırma ve proje yürütmek hem büyük işgücü ihtiyacı ve masraf gerektirecektir. Alternatif bir yaklaşım ise geçerliliği kabul edilmiş olan bitki büyüme modellerini kullanmaktır. Bu sayede modeller ile çeşitli bitki yetiştirme tekniklerini değerlendirmek için uzun yıllık iklim verileri kullanılarak konum veya bölge bazında verim tahmini yapılabilen ve uzun vadeli stratejiler oluşturulabilmektedir.

Bu hedeflere ulaşmak için dünyanın farklı ülkelerinde farklı yetiştirme tekniklerinin etkisini belirlemek için yerfıstığı simülasyon modelleri geliştirilmiştir. ABD’de (Young ve ark., 1979; Young ve Rainy, 1986; Boote ve ark., 1986; Boote ve ark., 1987; Boote ve ark., 1989) ve Hindistan’da (Singh ve ark., 1986) çeşitli bitki yetiştirme tekniğine verilen tepkiler model ile belirlenmiştir.

Bitki Similasyon Modellerinden (CSM) biri olan CROPGRO-yerfıstığı modeli süreç odaklı olup, Agroteknoloji Transferi için Karar Destek Sisteminin

(DSSAT) bir parçasıdır. Model ile çoklu çevresel koşulları kapsamlı olarak araştırmak mümkündür. Ayrıca, ürün verimini, çeşit etkisini, yetiştirme tekniğini ve her bir çeşide ait olan genetik katsayıyı belirlemek olasıdır (Boote ve ark., 1986).

Kıt tarım kaynaklarımızı yönetmeyi veya gelecekteki iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini tahmin etmeyi umuyorsak, önce çok çeşitli ortamlarda ve çok çeşitli yetiştirme tekniği koşullarında gözlemlenen bitki büyümesini simule edecek entegre bir araç geliştirmemiz gerekir. Neyse ki, bilgisayardaki gelişmeler teknoloji, toprak-bitki-iklim sistemini nicel olarak temsil etmek için bu tür bilgisayar modellerinin geliştirilmesine olanak sağlayan tekniklerdeki ilerlemeyi temsil etmeyi mümkün kılmıştır.

Bitki simulasyon modelleri üretim kısıtlamaları ve tarım-teknoloji transferine yardımcı olarak gelecekte oluşabilecek iklim değişimi koşullarında tahminde bulunarak iyileştirmeler önerebilir. Ayrıca verilecek kararların mevcut ve beklenen iklim şartlarına uyarlayarak çiftçilerin üretim risklerini azaltmasına ve ürün verimini artırmalarına yardımcı olur. Bitki büyüme modellemede ilke ve bunun karar vermeye uygulanması, doğal süreçlerin anlaşılmasına ve bu anlayışın tarımsal sistem performansını sistem analizi yoluyla tanımlamak için kullanılmasına dayanmaktadır.

Sonuçta geçerliliği kabul edilmiş olan model ile birçok yetiştirme tekniğine (ekim zamanı, gübre uygulama zamanı ve uygulanacak gübre dozu, bitki sıra arası, sulama zamanı ve uygulanacak sulama suyu miktarı) karşılık yerfıstığı bitkisinin tepkisi, gelişimi ve verimi tahmin edilebilir. Bu çalışmanın amacı, Doğu Akdeniz bölgesinde yoğun olarak yetiştirilen yerfıstığı bitkisinde CROPGRO-yerfıstığı modelin performansını değerlendirmek ve duyarlılık analizi ile sulama aralığı ve sulama düzeylerinin bölge için uygun kombinasyonlarını tanımlamaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yerfıstığı bitkisinin dünyada ve ülkemizde su tüketimi, sulama suyu gereksinimi, sulama programı, su verim ilişkileri, bitki büyüme modellerinin kullanımı, kalibrasyonu ve geçerliliği, CROPGRO-yerfıstığı modeli ile ilgili araştırmalar, iklim değişiminin yerfıstığı bitkisinde verim, büyüme ve gelişimine etkileri ile ilgili yayınlar yapılmış olup hali hazırda devam etmektedir. Aşağıda bu çalışmalardan bazıları özet olarak verilmiştir.

Dünya ve Türkiye'deki 1961-2018 yıllarını kapsayan 57 yıllık yerfıstığı üretimindeki (kabuklu meyve) değişimler incelendiğinde genel olarak, dünyada ve Türkiye'de artan nüfusa paralel olarak yerfıstığı üretimi de düzenli olarak artmıştır. Türkiye'de, 1960'lı yılların başlarındaki 20 bin ton civarındaki yerfıstığı üretimi, yaklaşık 5 kat artarak 2010 yılında yaklaşık 97 bin tona yükselmiştir. Türkiye'de aynı dönemde yerfıstığı ekim alanlarında 3 kat artış olmuştur ve son yıllarda ekim alanlarında fazla bir değişim olmamıştır. Türkiye'de ekim alanlarındaki artışa göre üretim artışının daha çok olmasının nedeni, verimin aynı dönemde 200'lerden 350 kg da⁻¹'a çıkmasındandır. Dünyada, 1960'lı yılların başlarındaki 15 milyon ton civarındaki yerfıstığı üretimi, yaklaşık 2.5 kat artarak 2010 yılında yaklaşık 38 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'de olduğu gibi dünyada da verim artışı meydana gelmiştir. Ülkemizdeki yerfıstığı verimi dünya ortalamasının iki katından biraz daha fazladır. Bu durumun nedeni, Ülkemizde yerfıstığının daha çok sulanabilen verimli kıyı ovalarında ekilmesindendir. Ülkemizdeki yerfıstığı verimi, tarım teknolojilerinin en çok geliştiği ABD ile yaklaşık olarak aynıdır (FAO, 2018; FAOSTAT, 2018).

Yerfıstığı, Çukurova'da 1980'li yıllardan sonra önemli bir ürün haline gelmeye başlamış ve özellikle 1990'lı yıllarda bölge halkının bu ürüne olan ilgisi daha da artmıştır. Bunun başlıca nedenleri, yerfıstığının iyi gelir getiren bir ürün olması, ikinci ürün olarak ekiminin yaygınlaşması ve bölgede pamuğun öneminin giderek yitirmesidir. Türkiye'de üretimin yaklaşık 2/3'si Çukurova bölgesinde

gerçekleştirilmektedir. Osmaniye, Türkiye’de en fazla yerfıstığı üretiminin yapıldığı ve bu üretime dayalı ticaret ve sanayinin geliştiği bir ildir. Türkiye’de yerfıstığının ürün fiyatının yüksek ve üretim miktarının yeterli olmaması nedeniyle sadece çerezlik olarak tüketilmekte ve hatta son yıllarda bu ihtiyacın karşılanabilmesi için bir miktar da ithal edilmektedir (Sezen ve ark., 2017).

2016 yılı verilerine göre, kıtalar kapsamında dünya yerfıstığı üretiminin % 64’ü Asya, % 27’si Afrika ve %8’i Amerika kıtasından sağlanmıştır. Dünyada en çok yerfıstığı üreten ülkeler kapsamında, dünya yerfıstığı üretiminin % 37.1’i Çin, % 15.5’i Hindistan, % 8.1’si Nijerya ve % 5.6’sı ABD’den sağlanmıştır. Türkiye, düşük bir oranla dünya üretiminin % 0.3’ünü sağlamıştır (FAOSTAT, 2018).

Türkiye’de 2016 yılında toplam yerfıstığı üretimi 165 130 ton’dur. 2016 yılı verilerine göre, Türkiye’de yerfıstığı üretiminin% 87.5’i Türkiye’nin Doğu Akdeniz bölümünde yer almaktadır (TÜİK, 2018).

Yerfıstığı baklagiller familyasından tek yıllık, yazlık, yağlı tohumlu bir kültür bitkisidir. Dünya bitkisel yağ üretiminde kullanılan yaklaşık 8 yağ bitkisinden ilk 3’ü içerisinde yer alır. Ülkemizde yerfıstığı fiyatlarının yüksek olması nedeniyle bitkisel yağ sanayine giremediğinden, tamamına yakını çerez olarak tüketilmektedir.

2020 yılı istatistik verilerine göre, en çok yerfıstığı ihracatı yapan ülkeler yaklaşık 515 milyon ton ile Arjantin, 468 milyon ton ile Hindistan, 457 milyon ton ile Amerika Birleşik Devletleri, 309 milyon ton ile Çin, 192 milyon ton ile Brezilya, 90 milyon ton ile Nikaragua, 77 milyon ton ile Senegal şeklinde devam etmektedir. Dünyada en çok yerfıstığı ithalatı yapan ülkeler ise, yaklaşık 338 milyon ton ile Hollanda, 326 milyon ton ile Endonezya, 181 milyon ton ile Çin, 152 milyon ton ile Meksika şeklinde devam etmektedir (COMTRADE, 2020)

2.1. Su Verim İlişkisi

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) üretiminde büyüme ve verim üzerinde etkili olan en önemli etmenlerden birisi sudur. Su eksikliği bitki büyümesini

yavaşlatır, vejetatif ögelerin kuru madde üretimini azaltır. Özellikle 50-85 gün süren kapsül oluşturma döneminde görülen su eksikliği, ginefor penetrasyonu için turgoriteyi, meyve irileşmesini, gelişmekte olan meyvelerin Ca alımını ve daha önemlisi fotosentezi azaltır (Boote, 1983).

Yerfıstığı yetişen alanlardan optimum ürün alınabilmesi sulamayı gerektirir. Ülkemizde yerfıstığı sulamasıyla ilgili ilk çalışmalar 1960 yılında yapılmıştır (Tosun, 1960). Bitkinin yetişme döneminde 2 hafta aralıklarla 100 mm sulama suyu uygulanarak 4 kez sulanması önerilmiştir.

Goldberk ve ark. (1967), yerfıstığının kullanılabilir toprak nem düzeylerine duyarlı olduğunu; kök bölgesindeki kullanılabilir nem miktarı % 40 düzeyinin altına düştüğü zaman hem verim, hem de kalitenin önemsiz yönde etkilendiğini saptamışlardır.

Alkan (1974), yerfıstığında sulama zamanı ve sayısının yağışın durumuna, toprağın bünyesine ve ekilen çeşide göre değiştiğini ekimden sonra bir ay kadar bir süre içinde kuraklıktan etkilenmediğini fakat bu devreyi atlattıktan sonra fazla su istediğini belirtmiştir. Sulama sayısını orta bünyeli topraklarda 5-6, hafif topraklarda ise 8-10 olarak bildirmiştir.

Oğuzer ve Tülücü (1977), yerfıstığında en yüksek ürünün bitkinin kullanılabilir nemin % 75'i tüketilince sulandığında alındığını, mevsim içerisinde konulara göre 594-750 mm olduğunu belirtmiştir.

Doorenbos ve Kassam (1986), yaptıkları çalışmada su eksikliği yönünden ikinci önemli periyodun, meyvelenme döneminin ilk yarısı olduğu belirlenmiştir. Anılan dönemin 71-105 veya 105-145 günler arasında olduğu saptanmıştır (Boote, 1983). Meyve gelişme dönemindeki aşırı sulama veya yağışlar verim üzerinde zararlı etki yapmaktadır.

Optimum gelişme, iyi drene olan gevşek topraklarda olmaktadır. Ağır bünyeli topraklar, hasatta ürün topraktan çıkarılması sırasında sorunlara neden olmaktadır Doorenbos ve Kassam, (1986). Üst toprak, gineforların toprağa girmesine izin verecek gevşeklikte olmalıdır.

Büyüme ve verim, atmosfer sıcaklığından da etkilenmektedir. Optimum gelişme 22 °C-28 °C arasında meydana gelmekte, bu sıcaklıkların altında ve üstünde verimde düşme olmaktadır.

Yerfıstığı su tüketimi konusunda yapılan çalışmalardan farklı sonuçlar alınmış olup bunlar yöreye (iklim, toprak) ve uygulanan sulama programına bağlı kalmıştır. Yerfıstığı su tüketimiyle ilgili çok sayıda araştırma sonucunu özetleyen (Boote, 1983), lizimetre ve tarla koşullarında, erkenci çeşitlerle en yüksek ürünün mevsimlik su tüketiminin 600 mm ve daha fazla olduğu durumlarda alındığını açıklamıştır. Ayrıca, en yüksek tüketimin Temmuz- Ağustos aylarında çiçeklenme-ürün bağlama döneminde meydana geldiği belirtilmiştir. Günlük ve mevsimlik su tüketimi önemli ölçüde örtü yüzdesi, yaprak gelişimi ve kültürel uygulamalar tarafından etkilenir Goldberg ve ark. (1967), örtü gelişimi ile Et/Eo oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu; Örtünün tam gelişmediği durumlarda topraktan oluşan buharlaşmanın pan evaporasyonunun % 30-40'nı oluşturduğunu belirtmişlerdir. Örtü gelişimi başlangıçtan % 100'e ulaşırken Et/Eo oranı da 0.3'ten 1.0' e doğru artış göstermiştir.

Desai ve ark. (1986), yaptıkları çalışmada 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 katsayılarını uygulayarak yerfıstığını 6, 7, 9 ve 11 defa sulamışlar ve yaz döneminde 2.03, 2.38, 2.43 ve 2.13 t ha⁻¹ kabuklu verim elde etmişlerdir. Su kullanma randımanı ise en yüksek 0.7 katsayısında 4.58 kg kabuklu ürün/mm olarak bulunmuştur.

Kachot ve ark. (1986) yaptıkları çalışmada 0.8, 1.0, 1.2 pan buharlaşma katsayılarıyla 2.08, 2.25 ve 2.31 t ha⁻¹ kabuklu ürün elde etmişlerdir. Verim; azot miktarının 0'dan 12.5 ve 25 kg ha⁻¹'a, fosfor miktarının 0'dan 25 ve 50 kg ha⁻¹ yükseltilmesiyle çoğalmıştır. Bütün konularla bağlantılı olarak 100 tohum ağırlığında ve su kullanma randımanında yükselme görülmüştür.

Pahalwan ve Tripathi (1986), yerfıstığı ile yaptığı denemelerde büyüme periyodunun farklı büyüme safhalarında ve bu safhaların kombinasyonlarının sulanmasında 0.5, 0.7 ve 0.9 pan buharlaşması katsayılarını kullanmıştır. a)

Ekimden çiçeklenmeye kadar b) Gineforların oluşması ile meyve teşekkülü c) Kabuk gelişmesinden olgunlaşmaya kadar olan devrelerden (c) ve (b) devrelerinde 0.9 katsayı, (a) devresinde 0.7 katsayı en yüksek kabuklu verimi vermiştir. Ürünün sulamaya en çok ihtiyacı olduğu (c) ve Özellikle (b) devresinde 0.5 katsayı pazara uygun ürün miktarını oldukça azaltmıştır. Su kullanma randımanı ise 0.7, 0.9 katsayıları ile (a) ve (b) de, 0.9 katsayı ile (c) de en yüksek olmuştur.

Babalad ve Kulkarni (1989) Hindistan'da 1985 yılının yaz mevsiminde yaptıkları denemede yerfistığında, elverişli kapasite % 50'ye düşünce yapılan sulama ile haftada bir suladıkları konulardan 4.98 ve 4.83 t ha⁻¹ kabuklu verim almışlardır. Buna karşılık 50, 75, 100 mm birikmiş pan buharlaşması ile suladıkları konulardan ise 4.65, 4.13, 3.40 t ha⁻¹ ürün elde edilmiştir.

Chavan ve ark. (1989), Hindistan'da yaptıkları araştırmada yerfistığı sulamasında 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 pan buharlaşması katsayılarını ve değişik fosfat seviyelerini kullanmışlardır. Deneme sonunda 1.32, 1.62, 1.88 ve 1.74 t ha⁻¹ kabuklu ürün elde edilmiştir. 0.40 ve 80 kg/ha P₂O₅ verdikleri parsellerden 1.34, 1.72 ve 1.88 t ha⁻¹ ürün almışlardır. Su kullanma randımanı sık sulanan konularda azalmış, yüksek fosfor dozlarında ise artmıştır.

Katre ve ark. (1988), değişik sulama ve fosfor seviyelerinin kabuklu fıstık verimine etkilerini araştırdıkları yaz döneminde yaptıkları denemede 0.6, 0.9 ve 1.2 pan buharlaşma katsayılarını kullanarak 2.29, 2.73 ve 3.26 t ha⁻¹ verim elde etmişlerdir. Etkili yağış miktarıda su tüketime ilave edildiği diğer 3 sulama konusunda ise 56.7, 67.2 ve 88.2 cm su uygulaması sonucunda ise her cm suya karşılık 4.04, 4.07 ve 3.70 kg verim elde edilmiştir. 40-80 kg ha⁻¹ fosfor (P₂O₅) uygulanması ise verimde etkili olmamıştır.

Thorat ve ark. (1989) yaptıkları araştırmada farklı sulama programlarının yerfistığı çeşitlerine etkilerini incelemişlerdir. Sulama konuları olarak 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 katsayıları (125, 83, 63 ve 50 mm birikmiş pan buharlaşmasına karşılık. 50 mm sulama suyu) seçilmiştir. En yüksek verim 14 sulamada 700 mm su verilen (50 mm de sulama, 1 katsayı) konudan SB.11 çeşidinde 3.1 t ha⁻¹, TGI çeşidinde ise

2.52 t ha⁻¹ olmuştur. 50 ve 63 mm birikmiş pan buharlaşması arasındaki fark önemli çıkmamıştır.

Jain ve ark. (1997), yerfıstığı bitkinin farklı gelişme dönemlerinde su stresi uygulamışlar ve sonuçta kısıtlı sulama koşullarında çiçeklenme ve kapsül oluşumu dışındaki gelişme dönemlerinde su kısıntısı ile su tasarrufu yapılabileceğini belirtmişlerdir. Su stresinin bitki gelişme döneminde birden fazla bir dönemde ortaya çıkmasının su kullanım randımanı (WUE)'yi arttırdığını belirtmişlerdir. Bitki su stresine en hassas dönem çiçeklenme dönemi olarak belirtirken, bu dönemi kapsül oluşum dönemi izlemiştir.

FAO (2002), yerfıstığı vejetatif gelişme döneminde oluşturulan su stresinin WUE'yi önemli derecede arttırdığını aynı zamanda toplam kuru madde ve kapsül verimini arttırdığını belirtmiştir. Bu artışın yaprak alanındaki artıştan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda vejetatif dönemdeki su stresi çiçeklenmedeki sekranizasyonu artırıp, gineforların kapsül oluşumuna dönüşümünü artırıyor.

Reddy ve ark. (1982), farklı sulama aralığı ve azot dozunun (N) yerfıstığı verimi ve besin maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada 4 farklı sulama aralığı (yığışimli can pan buharlaşma değerleri 20, 40, 60, 80 mm'ye ulaşıncaya) ve dört farklı N dozu 0, 20, 40, 60 kg N ha⁻¹ araştırıldığı çalışmada maksimum verim 3293 kg ha⁻¹ ile 40 mm buharlaşma (yaklaşık 5 gün sulama aralığında sulanmıştır) olduğunda elde edilmiştir. Sık sulama uygulamaları 20-40 mm yığışimli can pan buharlaşması kök bölgesinde kullanılabilir nem miktarında olumlu etki yapmıştır. En sık sulamaların yapıldığı (20 mm can pan buharlaşması) 40 mm buharlaşmayla karşılaştırıldığında oldukça düşük verimle karşılaşılmıştır. Bu durum belkide bitki kök bölgesinde havalanmanın ve nodülasyonun zayıf olmasından kaynaklanmıştır.

Yerfıstığı yetiştirme periyodunda toplam 500- 750 mm' lik bir düzenli bir yağış aldığı takdirde, sulamaya gerek kalmayabilir. Ancak yetiştiriciliğinin yapıldığı yörelerde yağışlar genellikle toplam miktar ve yağış rejimi olarak yetersiz olduğu için sulamaya ihtiyaç olabilmektedir. En kritik sulama zamanı ginefor

oluşumundan başlayıp, meyve oluşmasına kadar geçen süresidir. Orta killi tınlı topraklarda 20 gün ara ile sulanmalıdır. Genellikle ortalama 4- 6 defa sulama yapılabilir (Kadiroğlu, 2008).

Kanber ve ark. (1989), farklı toprak, ekim zamanı ve sulama aralığında yetiştirilen yerfıstığında evapotranspirasyon ile açık su yüzeyi buharlaşması arasındaki ilişkilerin araştırmışlardır. Sonuçta ağır bünyeli topraklarda birinci ve ikinci ürün olarak yetiştirilen yerfıstığında sulama aralığını 21 gün, pan katsayıları 0.70 ve 0.90, hafif bünyeli topraklarda ise sulama aralığını 15 gün olarak belirlerken, pan katsayısı 0.90 olarak saptamışlardır.

Bhaskara ve ark. (1980), toplam uygulanan sulama suyu miktarı sabit düşünüldüğünde daha sık sulama uygulamalarının yerfıstığında maksimum verimle sonuçlandığını belirtmişlerdir.

Mann (1963), Hindistan'ın farklı agroklimatik koşullarında 200 deneme üzerinde azot uygulamalarını incelenmiş ve azotun 22 kg ha⁻¹ üzerine çıkması ile meyve verimi artmamıştır.

Ross (2007), yerfıstığı kuraklığa dirençli bitki olarak nitelense de bitkinin gelişme dönemine ve çeşide bağlı olarak kuraklık toleransı değişmektedir. Yeterli toprak nemi çimlenme döneminde uniform bir çıkış için gerekli iken, meyvelerin oluştuğu çiçeklenme dönemi ise en kritik dönemdir. Yerfıstığında uygulanacak sulama suyu miktarı toprak bünyesine, kök derinliğine ve kullanılabilir nem durumuna bağlı olarak değişmektedir. Kullanılabilir nemin çimlenme ve meyve oluşum dönemlerinde kullanılabilir toprak neminin %40'ının tüketilmesine izin verilirken, erken vejetatif dönemde ve olgunlaşma döneminde kullanılabilir nemin % 60'ının tüketilmesine izin verilebilir.

Lindsay (2010), yerfıstığında 410-760 mm sulama suyu ile yüksek verim alınabileceğini bu durumun hava ve toprak sıcaklığı, nem, radyasyon, rüzgar gibi faktörlere bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Gelişme dönemi 100-130 gün arasında çeşitlere ve iklime bağlı olarak değişmektedir. Yerfıstığı kökleri kumlu topraklarda 2.8 m derinliğe ulaşırken, daha ağır kumlu tınlı topraklarda 1.2 m

derinliğe ulaşmaktadır. Ancak köklerin büyük bir bölümünü 15-31 cm arasında olduğu göz önüne alınarak sulama programlamalarına dikkat edilmelidir. Çiçeklenme dönemi yerfıstığı bitkisinin en kritik dönemi olup kullanılabilir nemin % 50-60'ının altına düşmesine izin verilmemelidir. Bu dönemde sulamalar çiçeklenme, nodul bağlama ve meyve oluşumu için oldukça önemlidir. Su stresinin çiçeklenme döneminde atlanması veya ertelenmesi çiçeklerin açmasını erteleyebilir. Gineforlar toprağa yeterli nem koşullarında ve toprak sıcaklığının serin olduğu koşullarda girerler. Yetersiz toprak nemi gineforların toprağa girmesini önleyebilir. Bu durum önemli verim kaybına neden olabilir. Toprak neminin düşüklüğü kapsül olgunluğunu etkiler. Erkenci gineforlar geçici gineforlarla karşılaştığında daha büyük ve olgunlaşmak için daha uzun süre gerekmektedir. Bitki gelişme dönemi yaklaşık 100 gün olarak belirlenmiştir. Yerfıstığına uygulanacak sulama suyu toprak tipine, bitkinin gelişme dönemine, kök bölgesi derinliğine ve kullanılabilir toprak nemine bağlı olarak değişir. Çimlenme döneminde kullanılabilir nemin % 60 seviyesinde kalması istenirken, erken vejetatif dönemde bu oran % 40'a düşebilir. Meyve oluşum döneminde çiçeklenme, nod atma dönemlerinde kullanılabilir toprak neminin %60 düzeyinde kalması tavsiye edilmektedir. Olgunlaşma döneminde yine toprak neminin %40 düzeyinde kalmasına izin verilebilir.

Lindsay (2010), yerfıstığı sulamasında hangi sulama sisteminin kullanılacağına karar verirken maksimum bitki su tüketimi ve sulama sayısı bitkinin etkili kök derinliği, toprağın tekstürü ve infiltrasyon hızı, toprağın su tutma kapasitesi, su kaynağı kapasitesi gibi faktörler göz önüne alınmalıdır. Farklı yağmurlama sistemlerinin (center pivot, doğrusal hareketli ve büyük yağmurlama tabancası) karşılaştırıldığı çalışmada toplam işletim ve masraflar yönünden center pivot en etkili sulama sistemi olurken, büyük yağmurlama tabancası ise en randımsız sistem olarak ortaya çıkmıştır.

Lamb ve ark. (2010), yağmurlama sulamanın yerfıstığı kalite parametrelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada 4 farklı sulama düzeyi (tam sulama

% 100, iki kısıntılı % 66, % 33 ve susuz konu) yürütüldüğü 6 yıllık çalışmada yıllık yağış dağılımına bağlı olarak kalite parametrelerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Toplam kabuklu meyve ve toplam meyve % 100 ve % 66 konularında % 33 ve susuza göre daha yüksek çıkmıştır. Toplam ıskarta verimler % 100, % 66, % 33 arasında fark yokken, susuz konudan daha düşük ıskarta değerler elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları deneme yıllarına bağlı olarak tam sulama konularına 74-188 mm arasında değişirken, aynı deneme yıllarında büyüme dönemi süresince yağış miktarları 439-716 mm arasında değişmiştir.

Yerfistığı kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın olmadığı kuru sezonda yetiştirilmekte ekonomik anlamda ürün almak için sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Ancak vejetatif dönem ve meyve oluşumundan sonraki dönem su stresine duyarlı değildir (Rao ve ark. 1988; Meisner ve Kornak, 1992; Reddy ve Reddy, 1993).

Patel ve Golakiya (1988); Black ve ark. (1985); Stirling ve ark. (1989) yaptıkları çalışmalarda yerfistığının su stresine en duyarlı olduğu dönemleri çiçeklenme ve meyve dolumu dönemleri olduğunu belirtmişlerdir.

Sulama sıklığı ve uygulanan sulama suyu miktarı sulama metodu ile birlikte ıslatılacak toprak derinliği, potansiyel su stresinin görüleceği periyotlar göz önüne alınarak sulama programlaması yapılmalıdır. Aksi taktirde verimde önemli kayıplar söz konusudur (Plaut ve Ben-Hur, 2005).

Kheira (2009), yağmurlama sulama altında kısıntılı sulama programının etkilerinin araştırıldığı çalışmada yerfistığı farklı gelişme dönemlerinde sulanarak verim ve verim bileşenleri, su kullanım randımanı (WUE), sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), verim tepki etmeni (ky) belirlenmeye çalışılmıştır. Kontrol konusu tüm gelişme döneminde su stresinin olmadığı tam sulama konusudur. Maksimum mevsimlik su tüketimi 488 mm ile tam sulama konusundan elde edilmiştir. Kısıntılı sulama konuları verimi önemli derecede etkilemiştir. WUE değerleri kısıntılı sulama konularında 4.5-6.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında değişmiştir. Sonuçta kök bölgesinde büyüme mevsimi boyunca uygun toprak neminin

sağlanması diğer bir deyişle uygun sulama programı, maksimum verim ve optimum ekonomik kazanç olarak geri dönmektedir. Kısıntılı sulama programı su kıtlığının olduğu bölgelerde iyi bir sulama programı ile farklı bitkilerde etkili bir şekilde kullanılabilir. Yapılan çalışmada yerfıstığının tüm gelişme dönemlerinde tam sulama konusu en yüksek verimle sonuçlanırken, suyun kısıtlı olduğu alanlarda bitkinin kritik gelişme dönemlerinde sulama programlaması ya da su stresine çok duyarlı olmadığı dönemde sulama yapılmadan bitki verimliliği ve su kullanım randımanı değerleri artırılabilir.

Yerfıstığı gelişme dönemleri boyunca farklı gelişme dönemlerinde kısıntılı sulamanın zamanı ve miktarı yerfıstığı verimin artırabilir. Çünkü vejetatif ve reproductive organların kuru madde dağılımındaki değişimi ile sonuçlanır (Ong, 1984). Meyve oluşumu su stresine duyarlılığı stresin çıktığı dönemle yakından ilgilidir (Rao ve ark. 1985; Sing ve ark. 1986; Stirling ve ark. 1989). Yerfıstığında optimum verimin sağlanabilmesi için bitkinin tüm gelişme dönemlerinde fizyolojik olgunluğa dek yeterli suyun sağlanması gerekmektedir (Rao ve ark. 1988; Meisner ve Karnok 1992; Reddy and Reddy, 1993). Ancak çiçeklenme ve meyve dolum dönemlerini erken vejetatif ve geç olgunlaşma dönemleri karşılaştırıldığında su stresine daha duyarlıdır (Doorenbos ve Kassam, 1986; Howell ve ark. 1980; Black ve ark., 1985; Patel ve Golakiya, 1988; Stirling ve ark. 1989; Wright ve ark. 1991; Jain ve ark. 1997; Reddy ve ark. 2003).

Yerfıstığı çeşitleri erken vejetatif dönemde toprakta su stresine bırakılırsa meyve ağırlığının artışıyla sonuçlanır. (Ong, 1984; Nautiyal ve ark. 2000).

Yerfıstığında çiçeklenme dönemindeki su stresi çiçeklenme dönemi önceki su stresinden daha fazla etkiye sahiptir (Boote ve Ketring, 1990). Birçok araştırmacıda çiçeklenme dönemindeki su stresinin bitkinin kök ve taç gelişimin, kuru ağırlık bazında kök/tac oranını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir (Yao ve ark., 2003). Kimi araştırmacılar ise meyve oluşumu döneminin su stresine en duyarlı dönem olduğunu belirtmişlerdir (Patel ve Golakiya, 1988; Stirling ve ark. 1989; Meisner ve Karnok, 1992; Ramachandrappa ve ark., 1992). Çiçeklenme ve

gineforların oluştuğu dönemdeki su stresinin meyve veriminde önemli azalmayla sonuçlandığını ve bunun nedeninde çiçeklenme periyodunun kısalmasından kaynaklandığını belirtmiştir (Naveen ve ark., 1992).

Plaut ve Ben-Hur (2005), yerfıstığında sulama suyu gereksiminin 575-648 mm olduğunu belirtirken, Ahmad, (1999) ise bu değerin 500-700 mm arasında olduğunu belirtmiştir.

Çalışkan ve ark. (2008), Akdeniz iklim koşullarında farklı ekim zamanlarının (15 Nisan, 1 Mayıs, 15 Mayıs, 1 Haziran, 15 Haziran), farklı çeşitlerin (NC7 ve Com) yerfıstığı bitkisine etkisinin belirlendiği 2 yıllık çalışmada bitki gelişme dönemleri çeşitlere bağlı olarak 120-160 gün arasında değişmiştir. Ekim zamanı ve çeşitler meyve verimini önemli derecede etkilemiştir. 1 Mayıs'tan önceki erken ekimler erkencilik açısından herhangi bir avantaj sağlamamış ve bitkinin vejetatif döneminde uygun olmayan sıcaklıklar meyve verimini olumsuz etkilemiştir. Çalışmada en uygun ekim zamanı 15 Mayıs ile 1 Haziran olarak belirlenmiştir. Anılan dönemlerde bitki vejetatif ve generatif gelişme dönemlerinde sıcaklığın uygun gitmesi, güneşlenme süresinin anılan ekilen dönemlerinde daha fazla yararlanılmıştır.

2.2. Bitki Büyüme Modelleriyle Yapılan Çalışmalar

Model kavramı, en basit anlamda gerçek olayı basit yaklaşımlarla benzeştirmeye çalışarak olay hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak, gelecek ile ilgili daha iyi tahminlerde bulunmak, mevcut durumu kontrol etmek ve gelecekteki durumu görebilmektir. Tarımsal model konusunda çalışırken olayın hem pratik hem de teorik yanı göz önüne alınır. Bitki gelişimi; iklim, toprak ve su gibi parametrelerin karmaşık etkileşimleri altında meydana gelmekte, bu mekanizmaların anlaşılması arazi üzerinde yapılan deneylerin çok pahalı ve çok zaman almasından dolayı oldukça güç koşullarda gerçekleşmektedir. Söz konusu karmaşık mekanizma ancak oluşturulan bir bitki iklim modeli ile iyi bir şekilde analiz edilip yorumlanabilir. Modeller, küçük sistemlerden elde edilen tecrübe ve

deneylerle büyük sistemleri açıklamaya çalışmaktadır. Bitki büyüme modellerinin uygulandığı koşullarda, karmaşık sistemde herhangi bir değişiklik meydana geldiğinde ne olacağı kolaylıkla gözlenebilmektedir (Whisler ve ark., 1986).

Model, çözümlenmesi ön görülen olaya ilişkin ardışık işlem sıralarından oluşur. Kullanıcı, modelin mantığını diğer bir deyişle algoritmalarını hazırlar, gerekli veriler modele girilir ve modelin çalıştırılması ile verilere bağlı çıktıları oluşturur. Dolayısıyla oluşturulan ardışık işlem sıralarında bir mantık ve işlem hatası yapılmamış ise, modelin işleyişi oldukça basittir. Model, gerek olayların işleyişini basitleştirmesi, gerek kullanıcıyı amaca kısa sürede ulaştırması nedeniyle, yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Modelin işlevi, genel anlamda, gerçek olayı basit yaklaşımlarla benzetmeye çalışıp, olay hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak ve gelecek ile ilgili tahminlerde bulunmaktır (Şaylan ve ark., 1998; Çaldağ, 2000).

Tarımsal araştırmalara yönelik olarak kurulan arazi denemelerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu denemeler uzun zaman almakta, masraflı olmakta ve farklı uygulamaların aynı bitki örtüsü üzerinde aynı zamanda denenmesine imkan vermemektedir (Yazgan ve Tatar, 2003). Bu amaçla, bitkilerin gelişmeleri için gerekli çevre koşullarını matematiksel olarak formüle eden simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Simülasyon modeli ifadesi, amprik olarak bir ekosistem ortamına benzer bir yapı oluşturmaktadır. Bu yapay sistemin farklı çevresel etmenlere, gerçek bir bitki sistemi gibi karşılık vereceği varsayımı yapılmaktadır (Evsahibioğlu ve Benli, 1998).

Simülasyon en genel tanımla bir olay veya faaliyetin benzetimidir. Bilimsel olarak bir problemin, uygulamalı veya analitik modelle tanımlanması diğer bir dille formüle edilmesi bir simülasyondur. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması sonucunda günümüzde bütün bilim dalları bu tekniği model geliştirmek, yeni veri elde etmek ve olası varsayımları test etmek amacıyla kullanmaktadır. Tarım sektörü beşeri faaliyetler içerisinde en karmaşıklarından biri olarak diğer bilim dalları ile oldukça bağlantılıdır. Kullanılan materyal ve etkilendiği faktörlerden

dolayı çok kompleks modeller gerektiren tarım sektörü, simulasyon yöntemlerinin uygulanması açısından ideal bir alan teşkil etmektedir (Sezgin, 1999).

Arazide uzun yıllar ve büyük masraflar gerektiren en uygun sulama zamanının belirlenmesi, yeni bitki tür ve çeşidinin o yöre iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayıp sağlayamayacağı, tarımsal kuraklık gibi olası değişikliklerin bitkisel üretime etkisi gibi konularda kısa zamanda sonuca ulaşmak bitki 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 modelleri, iklim ve toprak koşulları ile bitki fizyolojisine ilişkin dinamik olayları matematiksel ilişkilerden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin kestirimine kullanılan yaklaşımlardır. Olası seçeneklerin değerlendirmesinde de yaygın olarak kullanılan modeller, belirli sınıflar içinde çalışmakta ve belirli varsayımlara dayanmaktadır (Hoogenboom ve Ark. ,1991). Modellerin etkin kullanılabilirliği için bitki büyüme ve gelişiminin olduğu çevre hakkında ayrıntılı bilgilerin derlenmiş olması gerekmektedir (Laniado ve ark., 2013).

Jones ve Ritchie (1990), bitki büyüme modelleri geliştirilirken genellikle bir veya iki stres etmeninin dikkate alındığına, diğer etmenlerin en iyi koşullarda işletildiğinden etkisinin olmadığını varsayarak; bitki büyüme modelini arazi koşullarında yetişen bitkilerin iklimden, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısından, böceklerden, hastalıklardan, yabancı otlardan ve bunların kombinasyonundan etkilenen karmaşık ve dinamik yapıdaki gelişimin matematiksel ifadesi olarak tanımlamışlardır.

Simulasyon modelleri ile farklı bitkilerin üretim düzeyi teorik olarak tahmin edilebilmekte ve bunları uygulamada kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. Bugün simulasyon programlarında, ideal ve stres koşullarındaki verim durumları, modelde yer alan fonksiyonlara uygun parametre kestirimleri konulup, tahmin edilmektedir. Özellikle bitki büyüme modelleri ile maksimum verime erişme, ideal bitki tipini oluşturma ve stres koşullarında toprak, bitki ve iklim özelliklerini kısıtlayarak ve düzeylerini belirlemede kullanım şansına sahiptir (Jame ve Cutforth, 1996). Ayrıca, bitki büyüme modeller, su üretim fonksiyonlarının değerlendirilmesinde, sulama programı stratejilerinin belirlenmesinde (Boote ve ark., 1989); yarı kurak bölgelerde yağışlardan kaynaklanan tarımsal üretimde oluşacak riskin saptanmasında (Ritchie, 1985); bitkinin günlük gelişim kestiriminin yapılmasında, üreticilerin ürünlerini satmasının veya depolamasının, gelecekte oluşacak fiyatlara etkisinin belirlenmesinde (Hodges, 1998); bitkisel üretimin değişik aşamalarda karar verilmesinde (Yazar, 1991); gelecekteki iklim değişikliklerinin verime olan etkisinin saptanmasında, karmaşık bir çevreye uygun bitki adaptasyonunun yapılması ve bu adaptasyon ile ilgili toplanan bilimsel değerlerin ortalama kestiriminin yapılması amacı ile de kullanılmaktadır (Prasad ve ark., 2006).

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 (Jones ve ark., 1998).

Tarımsal sistemde simulasyon modelleri uygun veri kaynakları ile birlikte kullanıldığında tarımsal araştırmalara büyük bir potansiyel getirecektir. Tarım disiplini içerisinde bitki üretimi; bitki genetiği, toprak iklim, çevre ve yetiştirme tekniği gibi karmaşık faktörlerin interaksiyonunu ile gerçekleştirmektedir (Hoogenboom ve ark., 1994). Şu ana dek anılan faktörlerin çeşitli kombinasyonları üzerinde araştırmalar yapılmasına rağmen, mevcut durumda birçok araştırma devam etmektedir.

Chauhan ve ark. (2007), Papua, Yeni Gine'de Tarımsal Üretim Sistemleri Simülatörü adı verilen APSIM modelini yerfıstığı modelini üç yerfıstığı üretim bölgesinde (Aiyura, Bubia ve Ramusugar) verim potansiyelini ve kalite kısıtlamalarını değerlendirmek için kullanmışlardır. Modelin, verimi Bubia ve Ramusugar bölgelerinde tatmin edici olarak tahmin ettiğini, ancak model sonuçlarının Aiyura bölgesinde yetersiz olduğunu saptamışlardır. Sonuçta APSIM yerfıstığı modelinin farklı üretim alanlarında yerfıstığı üretim potansiyelini değerlendirmek için bir araç olarak kullanılabileceği belirlemişlerdir.

Karunaratne ve ark. (2008), BAMGRO modelini tanımlamış ve önceki yerfıstığı modelleri BAMnut ve BamGro'nun bazı özelliklerini dikkate alarak yerleşik CROPGRO-yerfıstığı modeline dayandığını bildirmiştir. Modelin kuraklık ve soğuk havadan kaynaklanacak stresin belirlenmesinde, yerfıstığı büyümesi, gelişimi ve verimi tahmine konusunda etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Mishra ve ark. (2013). Anand'da yerfıstığı bitkisi için WOFOST bitki büyüme modelini test etmiştir. Sonuçta, çiçeklenmeye varış zamanları gerçek ve tahmine değerlerde oldukça benzer olduğu saptanmıştır. Simüle edilmiş maksimum LAI için RMSE değeri iki deneme yılında sırasıyla 0.11 ve 0.08 olarak hesaplanmıştır. Gözlenen ortalama verimler 3406 ± 223 ve 3757 ± 684 iken, simüle edilen ortalama verimler 3496 ± 435 ve 4061 ± 684 kg ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Benzer şekilde, toplam kuru madde üretimi ölçülen 8349 ± 752 ve 8495 ± 953 iken, simüle edilmiş kuru madde miktarları 8787 ± 698 ve 8910 ± 733 ha⁻¹ olmuştur.

Lakra ve Nareshkumar (2015), Yeni Delhi'de Info- Crop modelinin soya fasulyesi fenolojisini tatmin edici bir şekilde simüle ettiğini bildirmiştir. Simüle edilen ve gözlemlenen gelişme dönemleri arasındaki fark 5 günden azdır. Susuz ve sulu koşullar altında gözlemlenen soya fasulyesi verimi 1778 ve 1926 kg ha⁻¹ iken, model simüle edilen verim sırasıyla 1809 ve 1884 kg ha⁻¹ olarak tahmin etmiştir. Gözlemlenen toplam kuru madde miktarı kuru ve sulu koşullarda 5206 ve 5742 kg

ha⁻¹ olarak belirlenirken, simüle edilmiş toplam kuru madde sırasıyla 5307 ve 6184 kg ha⁻¹ olarak tahmin edilmiştir.

Hook (1994), Amerika’da Georgia bölgesinde mısır, soya fasulyesi ve yerfıstığı için potansiyel (su stresi yok) ve en düşük (sulama yok) verimi karşılaştırmak için “SOYGRO” ve “PNUTGRO” olmak üzere iki bitki büyüme modelini kullanmıştır. Simüle edilen verimler incelendiğinde; soya fasulyesinde ortalama % 75, yerfıstığında ise % 64 verim kaybını belirlemiştir.

Hoogenboom (2000), iklim ve yetiştirme tekniğine ilişkin faktörlerin bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve bunu tahmin etmede bitki simulasyon modellerinin yaygın bir şekilde kullanılabileceğini, DSSAT modelinin uygun yönetim kararları vermek ve çiftçilere yetiştiricilik için alternatif seçenekler sunmak için kullanılabileceğini önermiştir.

Pandey ve ark. (2001), Anand’da 1997-2000 tarihlerinde yetişen yerfıstığı verimini ve gelişme dönemlerini tahmin etmek amacıyla CROPGRO-yerfıstığı modeli kullanılmıştır. Sonuçta, gözlemlenen fenolojik gelişme dönemleri ile simüle edilmiş tarihlerle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, yüksek yağış koşullarında model daha yüksek kapsül ve kuru madde verimi simüle etmiştir. Ancak, bu sonuçlar gözlemlenen değerler ile uyumlu değildir. Bu nedenle modelin normal yağış koşullarında farklı yetiştirme tekniği koşullarında yerfıstığı verimini doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabileceği belirlenmiştir.

Gilbert ve ark. (2002), Florida’da PNUTGRO modelini 1990-1991 gelişme döneminde iki eyaletindeki 15 farklı yerde değerlendirmiştir. PNUTGRO simulasyonlarının doğruluğunun yıl ve yere göre değiştiğini bildirdiler. PNUTGRO simulasyonlarında en iyi model uyumunda gözlemlenen verim ile simüle edilen verim arasında % 9'luk fark, en kötü uyumun olduğu koşulda (kök çürüklüğüne maruz kalmış alanlar) ise % 44'ün üzerinde belirlenmiştir. PNUTGRO modelinin kuraklık nedeniyle göreceli verimin düştüğünü doğru tahmin ettiği sonucuna varmışlardır.

Naab ve ark. (2004), Gana'da 1997 ve 1998 yıllarında CROPGRO yerfıstığı modelini bitkine verim, büyüme ve toprak su dengesini simüle etme yeteneği açısından değerlendirmek üzere arazi çalışması yürütmüşlerdir. Su stresi konularında simüle edilmiş verim kayıplarının erken ekim tarihleri için küçük (ortalama% 5-10) ve daha sonraki ekim tarihlerinde ise (% 20-70) arttığını tespit ettiler. CROPGRO yerfıstığı modelinin, bölge için verim azaltıcı stresler ve yetiştirme tekniğine bağlı verim potansiyelini ve verim kaybını ölçmek için başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Bhatia ve ark. (2005), Hindistan'da 20 farklı bölgede yerfıstığı potansiyel verimini CROPGRO-yerfıstığı modelini kullanarak tahmin etmişler ve farklı eyaletlerde kuru koşullarda yetiştirilen yerfıstığı verimi potansiyeli simulasyon sonuçlarına göre 1200-3490 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir.

Adamou ve ark. (2005), Kuzey Benin'de kuru koşullarda da farklı ekim tarihlerinde yetiştirilen yerfıstığı çeşitlerinde büyüme ve verimini tahmin etmek için CROPGRO-yerfıstığı modelini kullanmıştır. Gelişme periyodu uzun çeşitlerin gelişme dönemi kısa çeşitlere oranla daha yüksek verim sağladığını, farklı ekim tarihleri altında yaprak lekesi gibi hastalıkların büyüme ve kuru madde üretimi üzerindeki etkisini simüle etmek için CROPGRO-yerfıstığı modelinin kullanılabileceğini önermişlerdir.

Aggarwal ve ark. (2006), Info-Crop modelinin yer fıstığı ve soya fasulyesi için iyi kalibre edildiğini, bitki fenolojik dönemleri, LAI ve verime ait gözlemlenen ve simüle edilen değerlerin çok yakın eşleştiğini, hata oranının $\pm$ yüzde 15'i sınırlarında olduğunu belirtmişlerdir.

Bitki simulasyonu modelleri, politika yapıcılar tarafından iklim değişikliğinin veya yönetim uygulamalarının su gibi doğal kaynaklar üzerindeki uzun vadeli etkilerini analiz etmek veya mevcut yönetim uygulamalarının üreticiler üzerindeki değişikliklerini etkileyen yeni yasa ve düzenlemelerin etkisini ölçmek için de kullanılabilir. Halen WOFOST, InfoCrop, RSCM, BAMGRO, PNUTGRO,

EPIC, ALAMANC, CROPSYST, APSIM, vb. gibi bitki simulasyon modeli, bitki gelişimi ve verimini simüle etmek için başarıyla kullanılmaktadır.

Boote ve ark. (1988), (1989) yer fıstığı için mahsul yetiştirme simulasyon modeli hakkında ilk rapor olmuştur. “PNUTGRO”, PNUTGRO 'modelinin olgunluk özelliklerinin, kuru maddenin bölünmesi, kapsül büyümesi, zararlı etkileri ve verimi tahmin etmek için ekin büyüme süreçleri. Yönetim uygulamaları, ekim tarihleri, sıra aralığı ve sulama için büyüme ve verim tepkilerinin öngörülmesini içermektedir. Daha yüksek sıcaklıkların ‘PNUTGRO’ modelinin daha erken olgunluk, daha kısa kapsül dolumu, düşük verim ve shelling (kabuk/iç oranı) yüzdesini simüle etmesine neden olduğunu buldular.

2.3. Modelde Kalibrasyon ve Validasyon

Kalibrasyon, fonksiyonel ilişkide bazı parametrelerin veya katsayıların ayarlanması anlamına gelir. Herhangi bir model güvenle kullanılmadan önce, kullanımlarından kaynaklanabilecek hataların büyüklüğünün yeterli bir şekilde doğrulanması veya değerlendirilmesi yapılmalıdır. Model doğrulaması, en basit haliyle, simüle edilenler ile gözlenenler arasında bir karşılaştırmadır (Patil ve Patel, 2017).

Singh ve ark., (1994) Hindistan'da 1987-1992 arasında dört farklı yerde PNUTGRO-yerfıstığı modelini farklı ekim tarihi ve sulama rejimleri koşullarında verimi, bitki gelişimini tahmin etmek için kullanmışlardır. Model değerlendirme sonuçlarında simule edilen yerfıstığı gelişme dönemlerine ulaşma, büyüme süreçleri ve verim değerleri ile gözlemlenen veriler arasında önemli ölçüde korelasyon saptanmıştır.

Piper ve ark. (1998), soya fasülyesine ait SOYGRO modeli simulasyonundan elde edilen çiçeklenme ve olgunluk tarihlerini CROPGRO-yerfıstığı modeli simulasyonları ile karşılaştırmıştır. Simule edilen ve gözlemlenen gelişme dönemleri arasındaki hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE)

kriterine dayanarak, SOYGRO ve CROPGRO çiçeklenmeye varış sürelerini aynı tahmin etmiştir.

Mall ve ark. (1998), soya fasulyesinin fenolojisini ve verimini tahmin etmek için CROPGRO-soya fasulyesi modelini kullanmıştır. Model ile tohum verimi, çiçeklenme ve olgunluğa varış süreleri tatmin edici olup simüle edilen sonuçlar ile ölçümler arasında $\pm\% 15$ ' farklar saptanmıştır.

Kaur ve Hundal (1999), Pencap'ta yerfıstığı büyümesini ve verimini tahmin etmek için DSSAT- CROPGRO yerfıstığı modelini kalibre etmiş ve doğrulamıştır. Simüle edilen gelişme dönemleri incelendiğinde çiçeklenme için -3 ila +3 gün, fizyolojik olgunluğuna varış süreleri için -4 ila +2 gün sapmalar gösterdiğini bildirmişlerdir. Model ile simüle LAI değerlerinin % 95-108 arasında değiştiğini, yerfıstığı veriminin gözlenen verimlerin % 90 – 110'u olarak saptamıştır.

Rao ve ark. (2000), Anantpur bölgesinde kuru koşullarda yetiştirilen yerfıstığı için optimum ekim zamanını önermek amacıyla PNUTGRO modelini kullanmıştır. Çiftçiler tarafından kullanılan 22 Haziran-17 Ağustos geniş ekim aralığı modelde test edilerek, en uygun ekim zamanı 15 Temmuz ile verimindeki değişiklik en aza indirdiğini göstermiştir.

Robertson ve ark. (2002), model ile yerfıstığı verim simülasyonunda RMSE değerlerinin 98 g m^{-2}), hasattaki toplam kuru madde için ise RMSE değerlerinin 236 g m^{-2} olarak belirlenmiştir. Modelin çok sayıda parametre tanımlamaya gerek kalmadan, bitki gelişimini ve büyümesini tatmin edici bir şekilde simüle ettiğini belirtmişlerdir.

Mavromatis ve ark. (2002), Kuzey Florida'da CROPGRO-yerfıstığı verimi 7 alanda kalibre edildiğinde, verimin üç yerde (% -5 ile -20) düşük tahmin ettiği, 4 yerde ise (%+1 ile +23) yüksek tahmin edildiği, ortalama %13'lük hata saptanmıştır.

Mukhesh (2008), yerfıstığında PNUTGRO modelinin kapsül ve tohum verimini gözlenen değerlerin altında tahmin ettiğini, ancak simüle edilen ve gözlemlenen değerler arasında kabul edilebilir bir uyum olduğunu bildirmiştir.

Dugan ve ark. (2011), Gana'nın üç farklı tarım bölgesinde tarla denemelerinde elde edilen veriler ile CROPGRO- yerfıstığı modelini test etmiştir. Modelde iki yerfıstığı çeşidinin ekim tarihi ve ekim yoğunluklarına (9 ve 17 bitki) tepkisini simüle ederek performansı değerlendirilmiştir. Modelde çiçeklenmeye varış süresi gözlemlenen değerlerin ± 5 gün fark ettiği, Yaprak alanı indeksi (LAI) ve toplam kuru maddedeki değişiklikler, gözlemlenen değerlerle ($R^2 = 0.81$ ve 0.98) ile önemli ölçüde uyumlu çıkmıştır. Ayrıca, model, hasattaki verimleri farklı ekim yoğunluğu koşullarında doğru bir şekilde simüle etmiştir. Sonuçta, modelin ekim tarihi ve ekim yoğunluğuna bağlı olarak yerfıstığı büyümesini ve verimini tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Guled ve ark. (2012), üç farklı yerde ekilen yerfıstığı çeşitlerinin fenolojik ve verim özelliklerini CROPGRO-yerfıstığı modeli ile değerlendirmişlerdir. Sonuçta, yerfıstığı çeşitlerinin modelce simüle edilmiş fenoloji, büyüme parametreleri ve kapsül verim değerlerinin gözlenen değerlere yakın olduğu saptanmıştır.

Parmar ve ark. (2013), Targhadia'da kuru koşullarda yetiştirilen yerfıstığına ait geçmiş deneme verilerini kullanarak iki ekim tarihinin etkisini yerfıstığı için kalibre etmiştir. Gözlemlenen verim ve verim özellikleri, fenolojik evreler, hasat indeksi ile modelde simüle edilen değerler karşılaştırılmıştır. Sonuçta, modelin LAI ve verimini düşük tahmin ettiğini belirtilmiştir. Kapsül veriminde ortalama hata yüzdesi ($\%-20$ ile $+2.2$) arasında değişmiştir.

Patil ve Patel (2017), Gujarat'ta nohut için deneme verilerini kullanarak CROPGRO-yerfıstığı modelinin kalibrasyonunu ve değerlendirmesini yapmıştır. Sonuçta, çiçeklenmeye varış süresi ölçülen ve simüle edilen günler arasında oldukça uyum saptanmıştır ($R^2:0.97$; % hata 8.08 ve d-endeksi: 0.91). Ölçülen ve gözlemlenen parametreler arasındaki % hata değeri $\pm \% 10$ altında bulunmuştur.

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

Bannayan ve ark. (2009), artan CO₂ ve sıcaklığın üzerinde, iki fıstık çeşidi üzerinde büyüme, gelişme ve verimi üzerindeki etkileşimli etkilerini incelemiştir. Bitkiler, gündüz/gece hava sıcaklıklarına 33/21, 35.5 / 23.5 (+2.5 °C) ve 38/26 °C (+5 °C) ile birlikte 400 ve 700 ppm CO₂ işlemlerine maruz bırakılmıştır. Sadece yüksek CO₂'nin, tüm sıcaklıklarda hasattaki toplam kuru madde miktarında önemli bir artışla sonuçlandığını, ancak (+5 °C)'de verimi azalttığını bildirmişlerdir.

Joshi ve Kabaria (1972), Amreli'de (Gujarat) yağışın yerfıstığı fenolojisi üzerindeki etkisini incelemiş ve tam pımlmeden bakla geliştirme aşamasına (51-80 gün) düşen yağışın verim ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Singh ve Singh (1994) Gujarat, Rajkot'taki büyüme döneminde yağış dağılımının yerfıstığı verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yağış dağılımına bağlı olarak yerfıstığı veriminin 123-1278 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Wright ve ark. (1999), İspanya'da iki yerfıstığı çeşidi için çiçeklenme sırasında meydana gelen su stresinin kapsül verimini %17-25 oranında önemli ölçüde azalttığını saptamıştır.

Gadgil (2000), Avustralya'da yerfıstığı verimindeki değişimin büyük ölçüde büyüme mevsimi boyunca düşen toplam yağıştaki değişiklikten kaynaklandığını gözlemlemiştir. Yerfıstığı üretiminin bölgede sürdürülebilmesi için 500 mm'lik mevsimsel yağışa gereksinin olduğunu belirtmiştir.

Sahu ve ark. (2000) Hindistan'da 32 yıl (1968-1999) yağış dağılımının yerfıstığı verimi üzerindeki üzerindeki etkisini incelemiştir. Kurak yıllarda toplam yağışın verim üzerinde önemli bir olumsuz etkisi olduğu, yağışın yeterli olduğu yıllarda ise yerfıstığında kapsül verimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Patel ve Vaishnav (2003), Gujarat'ın kuru tarım alanlarında mevsimsel, aylık, haftalık yağış dağılımını ve yoğunluğu farklı istatistiksel yaklaşımlarla

incelemişler ve yağışın yerfıstığı fizyolojik aşamalarında özellikle ginefor atma aşamasında verim üzerinde önemli etkisi olduğu sonucuna varmışlardır.

Kulkarni ve ark. (2004), Anantapur'da 40 yıllık yerfıstığı verimi-yağış verisi (1961-2000) kullanarak yağışların yerfıstığı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yağış dağılımının yerfıstığı verimi üzerinde önemli etkisi olduğunu, farklı yağış senaryolarına karşılık gelen verim tepkisini saptamışlardır.

Atmosferik karbondioksit (CO₂), küresel ortalama hava sıcaklığı ve yağıştaki farklılıkların 21. yüzyılın sonunda önemli ölçüde artması beklenmektedir ve anılan durum tarım sektöründe yetiştirilecek bitki, verim ve gelişme dönemi üzerinde oldukça önemli etkisi olacaktır (Kadioğlu ve ark., 2017). Bu nedenle bitki büyüme modelleri iklim değişikliğinin farklı yönetim seçenekleri altında bitki üretiminin istikrarı üzerindeki etkisini değerlendirmek için yararlıdır (Hoogenboom ve ark. 1995).

Pandey ve ark. (2007), iklim değişiminin farklı bitki verimlerinde %8-31 verim azalışına sebep olabileceği belirtmiştir. Patel ve ark. (2008), Gujarat'ta sıcaklıkta 2.8 ile 7.7 °C'lik bir artışın yerfıstığı veriminde % 24'lük azalmalara neden olduğunu saptamıştır.

2.5. İklim Değişikliği İçin CROPGRO-yerfıstığı Modelinin Duyarlılık Analizi

Duyarlılık, girdi değişkeni veya parametresindeki birim değişiklik başına çıktı değişkenindeki değişim oranı anlamına gelir. Bitki simülasyon modellemesinin duyarlılık çalışması, modelin farklı parametreler için davranışını araştırmayı içerir. Özellikle duyarlılık analizi, kalibrasyon ve modelleme çabalarımızı nereye, yani modelin en hassas olduğu yere konsantre etmemiz gerektiğini görmemizi sağlar (Halder ve ark., 2017).

Kaur ve Hundal (2006), 1 °C'ye kadar sıcaklık artışı ile yerfıstığı veriminin %4 oranında azaldığını gözlemlemiştir. Bununla birlikte, solar radyasyonda %5 artış yerfıstığı verimini %8 arttırmıştır. Ortalama sıcaklık 1 °C arttığında ve solar

radasyonun normalden %5 azaldığında ise yerfıstığı verimi normalden %7 daha azalmıştır.

Ramaraja ve ark. (2010), iklim değışikliğinin yerfıstığı yetiştiriciliğindeki etkisini değerlendirmek için CROPGRO-yerfıstığı modelini kullanmıştır. Öngörülen sıcaklığın yerfıstığı verimi üzerinde kesin bir etki eğilimi olmadığını bildirmişlerdir. Ancak, CO₂ artışının yerfıstığı verimini normal CO₂ seviyesine (330 ppm) kıyasla arttırmıştır.

Kumar ve ark. (2014), Hindistan'da iklim değışkenliğinin etkisini CROPGRO-yerfıstığı modelini kullanarak sıcaklık, solar radyasyon ve CO₂ konsantrasyonunun verim üzerindeki etkilerini tatmin edici bir şekilde simule ettiğini bildirdiler. Solar radyasyonunda 1 ile 3 MJ m⁻² gün⁻¹ arasındaki artış, verimde % 12 ila 28 oranında azalırken, solar radyasyonunda 1 ile 3 MJ m⁻² gün⁻¹ oranında azalma verimde % 23 oranında bir artış göstermiştir. CO₂ seviyelerindeki artış, verimde kademeli olarak 1803 - 2083 kg ha⁻¹ artış göstermiştir.

Patel ve ark. (2015), Hindistan'da InfoCrop ve CROPGRO-yerfıstığı modellerini kullanarak iklim değışikliğinin yerfıstığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Sıcaklığın 2.8 ile 7.2 °C değışmesi yerfıstığı veriminde %24 azalmaya neden olacağı model ile tahmin etmişlerdir.

Mishra ve ark. (2015), üç Triticum çeşidinde WOFOST modelini kullanarak duyarlılık analizi ile değışen maksimum ve minimum sıcaklıkların buğdayın tane verimindeki değışimi değerlendirmiştir. Maksimum ve minimum sıcaklıklardaki artış buğday verimini olumsuz etkilemiştir. Maksimum sıcaklıktaki 5 °C artış, verimde % 24 ila 29 oranında azalmaya neden olurken, minimum sıcaklığında etkisi de benzer olmuştur.

Srivastava ve ark. (2016), Hindistan'da iklim değışikliğinin nohutun fenolojisi, büyümesi ve verimi üzerindeki etkisini incelemek için CROPGRO-nohut modelini kullanmıştır. Modelin toplam kuru madde yanısıra fenolojik gelişme dönemelerini de yakından simule etmiştir. Modelde kuru koşullarda gözlemlenen verim değerleri ile simule değerler arasında büyük farklar

saptanmıştır. İklim değişikliği senaryoları altında (maksimum sıcaklığı +1'den +3 °C'ye, minimum sıcaklığı + 0.5'den 2.5 °C'ye ve CO₂'yi 400'den 600ppm'ye yükselten); nohut çeşitlerinin tohum verimi sulu koşullar altında % 102.8-187.7 oranında artacağı belirlenmiştir.

Yadav ve ark. (2016), Varanasi'deki iklim değişikliği ve değişkenliğin yerfıstığı üzerindeki etkisini, CROPGRO-yerfıstığı v4.6.1 kullanarak araştırmıştır. Yerfıstığı veriminin sıcaklık artışı ile azalırken, artan CO₂ konsantrasyonlarında ise verimin artacağını belirtmişlerdir.

Yadav ve ark. (2017), Orta Gujarat'da öngörülen iklim değişikliğinin yerfıstığı üzerindeki etkisini incelemek için PNUTGRO modelini kullanmışlardır. Ortalama maksimum ve minimum sıcaklığın 3.6 ve 5.1 °C artışı durumunda yerfıstığı veriminde yaklaşık sırasıyla %21 ve %31'lik azalma görüleceği tahmin edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

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/TSKAD/14/A13/P02/06 no'lu “Doğu Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Yerfıstığında Optimum Sulama Programının Oluşturulması ve Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli TAGEM yerfıstığı proje sonuç raporunun çıktıları yürütölen tez çalışmasında model için gerekli başlıca girdileri oluşturmuştur.

3.1.2. Araştırmada kullanılan yerfıstığı çeşidi ve özellikleri

Araştırmada “NC-7” yerfıstığı (*Arachis hypogaea*) çeşidi kullanılmıştır. Anılan çeşit yerfıstığı üreticisinin yaklaşık % 95'nin kullandığı bir çeşit olup, yarı yatık ile yatık arasında bir gelişme formu göstermektedir. Olgunlaşma gün sayısına göre değerlendirildiğinde orta erkenci olup, 140-160 gün içerisinde olgunlaşma dönemini tamamlamaktadır. Çerezlik tüketime uygun olup, verimi 3500-4500 kg/ha olarak değişmektedir. NC-7 çeşidine ilişkin tohumlar iri olup, tohum kabukları çabuk çatlamakta ve çerezlik kaliteleri çok iyidir (Kadiroğlu, 2008).

3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırmanın yürütöldüğü bölgede tipik Akdeniz iklimi görülür. Tarsus Araştırma Enstitüsü verilerine göre, yörenin uzun yıllık yağış ortalaması 616.3 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 2014 ve 2015 yılına ait Topçu İstasyonu kimi iklim verileri uzun yıllık ortalama değerler ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir. İlk deneme yılında yerfıstığı 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 yerfıstığı 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 3.1). Her iki deneme yıllarına ilişkin aylık buharlaşma miktarları incelendiğinde; en yüksek aylık buharlaşma miktarları ağustos ayında gerçekleşmiştir.

CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 modelinde kullanılacak deneme yıllarına ve uzun yıllara ait iklim verileri (maksimum ve minimum sıcaklık, yağış ve solar radyasyon) günlük bazda olmak üzere Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda yer alan Meteoroloji istasyonundan ve Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Elde edilen iklim verileri CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 modelinde iklim dosyasının oluşturulmasında kullanılmıştır.

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
2014	Ort. Sıcak. (°C)	11.2	11.7	14.8	18.1	20.6	24.0	27.2	27.9	25.1	20.4	14.6	13.1
	Max.Sıcak. (°C)	21.7	26.1	29.3	34.3	33.1	36.6	32.9	37.7	34.7	32.5	27.8	22.4
	Min. Sıcak. (°C)	0.9	-1.6	1.2	3.9	10.1	16.1	21.1	20.0	12.4	1.9	3.8	2.2
	Yağış (mm)	106.6	15.8	67.8	29.7	47.8	94.7	6.5	3.5	52.4	65.0	80.0	61.5
	Buharlaşma (mm)	54.2	61.4	86.6	102.7	137.5	152.2	195.5	198.5	173.4	120.8	91.2	37.2
2015	Oransal Nem (%)	66.5	63.1	63.1	64.4	70.0	70.4	73.2	72.7	63.9	62.2	53.9	69.3
	Ort. Sıcak. (°C)	8.8	10.7	14.0	15.5	21.2	23.9	27.1	28.7	27.1	27.1	28.7	27.1
	Max.Sıcak. (°C)	21.0	22.4	30.1	29.5	38.0	33.6	34.4	40.2	40.4	34.4	40.2	40.4
	Min. Sıcak. (°C)	-3.5	0.3	3.5	4.5	11.9	14.9	18.9	18.1	18.1	18.9	18.1	18.1
	Yağış (mm)	124.6	148.8	72.1	63.0	42.5	3.3	0.0	25.6	0.2	35.0	20.4	1.5
Uzun Yıllık	Buharlaşma (mm)	36	42.6	82.6	111.2	167.5	152.6	199	222.6	164.7	124.9	113.6	82.7
	Oransal Nem (%)	66.1	70.9	63.3	62.7	65.3	70.5	71.5	64.4	64.1	71.5	64.4	64.1
	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
Uzun Yıllık	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

3.1.4. Araştırma yerinin tarımsal yapısı

Dünya ve Türkiye'deki 1961-2010 yıllarını kapsayan 49 yıllık yerfıstığı üretimindeki (kabuklu meyve) değişimler incelendiğinde genel olarak, dünyada ve Türkiye'de artan nüfusa paralel olarak yerfıstığı üretimi de düzenli olarak artmıştır. Türkiye'de, 1960'lı yılların başlarındaki 20 bin ton civarındaki yerfıstığı üretimi, yaklaşık 5 kat artarak 2010 yılında yaklaşık 97 bin tona yükselmiştir. Türkiye'de aynı dönemde yerfıstığı ekim alanlarında 3 kat artış olmuştur ve son yıllarda ekim alanlarında fazla bir değişim olmamıştır. Türkiye'de ekim alanlarındaki artışa göre üretim artışının daha çok olmasının nedeni, verimin aynı dönemde 200'lerden 350 kg da⁻¹'a çıkmasındandır. Dünyada, 1960'lı yılların başlarındaki 15 milyon ton civarındaki yerfıstığı üretimi, 2018 yılında yaklaşık 3 kat artarak yaklaşık 46 milyon tona yükselmiştir. Türkiye'de olduğu gibi dünyada da verim artışı meydana gelmiştir. Ülkemizdeki yerfıstığı verimi dünya ortalamasının iki katından biraz daha fazladır. Bu durumun nedeni, Ülkemizde yerfıstığının daha çok sulanabilen verimli kıyı ovalarında ekilmesindendir. Ülkemizdeki yerfıstığı verimi, tarım teknolojilerinin en çok geliştiği Amerika Birleşik Devletleri ile yaklaşık olarak aynıdır (FAOSTAT, 2018).

Yerfıstığı, Çukurova'da 1980'li yıllardan sonra önemli bir ürün haline gelmeye başlamış ve özellikle 1990'lı yıllarda bölge halkının bu ürüne olan ilgisi daha da artmıştır. Bunun başlıca nedenleri, yerfıstığının iyi gelir getiren bir ürün olması, ikinci ürün olarak ekiminin yaygınlaşması ve bölgede pamuğun öneminin giderek yitirmesidir. Türkiye'de üretimin yaklaşık 2/3'si Çukurova bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Osmaniye, Türkiye'de en fazla yerfıstığı üretiminin yapıldığı ve bu üretime dayalı ticaret ve sanayinin geliştiği bir ildir (Sezen ve ark., 2017).

2016 yılı verilerine göre, kıtalar kapsamında dünya yerfıstığı üretiminin % 64'ü Asya, % 27'si Afrika ve %8'i Amerika kıtasından sağlanmıştır. Dünyada en çok yerfıstığı üreten ülkeler kapsamında, dünya yerfıstığı üretiminin % 37.1'i Çin,

% 15.5'i Hindistan, % 8.1'si Nijerya ve % 5.6'sı ABD'den sağlanmıştır. Türkiye, düşük bir oranla dünya üretiminin % 0.3'ünü sağlamıştır (FAOSTAT, 2018).

2020 yılı istatistik verilerine göre, en çok yerfıstığı ihracatı yapan ülkeler yaklaşık 515 milyon ton ile Arjantin, 468 milyon ton ile Hindistan, 457 milyon ton ile Amerika Birleşik Devletleri, 309 milyon ton ile Çin, 192 milyon ton ile Brezilya, 90 milyon ton ile Nikaragua, 77 milyon ton ile Senegal şeklinde devam etmektedir. Dünyada en çok yerfıstığı ithalatı yapan ülkeler ise, yaklaşık 338 milyon ton ile Hollanda, 326 milyon ton ile Endonezya, 181 milyon ton ile Çin, 152 milyon ton ile Meksika şeklinde devam etmektedir (COMTRADE, 2020).

3.1.5. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Topçu Araştırma istasyonunun taban arazileri kolluviyal karakterde olup, yamaç arazideki topraklar kırmızı-kahverengi Akdeniz büyük toprak grubuna dâhildir ve A horizonludur (Mete, 1988).

Deneme alanının farklı noktalarından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin analizi sonucunda toprağın bazı fiziksel (bünye, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi) ve kimyasal analizi yapılarak sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak Derinlik (cm)	Toprak Bünyesi. %			Bünye	Tarla kapasitesi (g g ⁻¹)	Solma noktası (g g ⁻¹)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)
	Kum	Kil	Silt				
0-30	43.60	28.50	27.90	Killi-tın	29.46	15.81	1.38
30-60	32.51	37.01	30.48	Killi-tın	32.08	18.93	1.41
60-90	32.67	34.75	32.58	Killi-tın	28.98	19.83	1.58
Toprak Derinlik (cm)	Toprak Bünyesi. %			Organik Madde (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	N (%)	K ₂ O (kg da ⁻¹)
	pH	Toplam tuz (%)	Kireç (%)				
0-30	7.52	1.23	25.9	1.43	6.4	0.036	86.2
30-60	7.83	0.39	21.3	0.53	0.4	0.041	24.3

Deneme alanı topraklarının profil boyunca killi-tınlı olduğu ve 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir su miktarı 155 mm'dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası su içerikleri 90 cm'de derinlik olarak 395 ve 240 mm olarak belirlenmiştir. Toprak pH'sı hafif alkali, killi-tınlı bünyeye sahip olup, fazla kireçli, tuzsuz, potasyum içeriği yeterli, organik madde ve fosfor içeriği çok azdır (Çizelge 3.2). Yukarıda belirtilen deneme alanı toprak özellikleri kullanılacak CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 modelinde başlıca toprak veri dosyası (FileS) parametrelerini oluşturmuştur.

3.1.6. Araştırmada kullanılan su kaynağı

Denemede kullanılan sulama suyu, Devlet Su İşleri (DSİ) sulama kanalından sağlanmıştır. Sulama kanalından alınan sulama suyu örnekleri USSL (1954)'de verilen esaslardan, abak ve çizelgelerden yararlanarak laboratuarda analiz edilmiş ve yapılan analizler sonucunda her iki deneme yılında kullanılan sulama suyu sınıfı T_2A_1 (orta tuzlu, az sodyumlu su) olarak belirlenmiştir.

3.1.7. Sulama sistemi

Damla sulamada kullanılan lateraller her bitki sırasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (lateral aralığı 0.70m). 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. Metod

3.2.1. Deneme metodu

CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 modelinde oluşturulacak deneme konuları seçiminde “Doğu Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Yerfıstığında Optimum Sulama Programının Oluşturulması ve Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli projeden yararlanılmıştır. Bu amaçla, Class A Pan'dan elde edilen yığışımli buharlaşma

miktarlarına (Eo) göre oluşturulan sulama aralıkları ana parselleri (A), sulama düzeyleri (I) ise alt parselleri oluşturmaktadır. Yürütülen çalışmada damla sulama konularında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Çalışmada ana parselleri yığışimli buharlaşma değerleri (A), alt parselleri ise sulama düzeyleri (I) oluşturmaktadır. Parsel boyutları 7 bitki sırası genişliğinde (4.9 m) ve 10 m uzunluğundadır.

3.2.2. Araştırma konuları

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

- Ana Konular (Sulama aralıkları)

SA₁ : $\Sigma E_o = 25 \pm 2.5$ mm

SA₂ : $\Sigma E_o = 50 \pm 5.0$ mm.

SA₃: $\Sigma E_o = 75 \pm 7.5$ mm'ye ulaştığında sulama yapılacak şekilde programlanmıştır.

- Alt Konular (sulama düzeyleri)

I₁ : konusu için 0.50

I₂ : konusu için 0.75

I₃ : konusu için 1.00

I₄ : konusu için 1.25 olarak alınmıştır.

Araştırmada her bitki sırasına bir damla sulama laterali yerleştirilmiştir. TAGEM Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Lokasyonunda yer alan Topçu Araştırma İstasyonunda standartlara uygun olarak yerleştirilmiş Class A pan'dan günlük buharlaşma değerleri alınarak sulamalar yapılmıştır. Yukarıda özetlenen 12 deneme konusu CROPGRO-yerfistığı

V4.7.5 modelinde tanımlanarak, herbir konuya ait sulama bilgileri (sulama tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarları) FileX dosyasına kaydedilmiştir.

3.2.3. Toprak ve su analiz yöntemleri

Ekim tarihinden önce her yinelemeden verimlilik için bozulmuş toprak örneklerinde 0-30 cm ile 0-90 cm derinlikten (0-30, 30-60, 60-90 cm) alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde tarla kapasitesi, solma noktası, bünye, hacim ağırlığı gibi fiziksel ve kimyasal analizler (Richards, 1954; Tüzüner, 1990)'a göre yapılmıştır. Araştırmada kullanılan sulama suyuna ilişkin analizler USSSL (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 Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Topçu Lokasyonunda 2014 ve 2015 deneme yıllarında iki yıl süre ile yürütölmüştür.

3.2.4.2. Toprak hazırlığı ve ekim

Ana ürün yerfıstığı ekimi öncesinde tarla sonbaharda 20-25 cm derinlikte sürölüp, Şubat ayında bir kat diskaro çekilmiş, kış boyunca oluşan otlar toprağa karıştırılmıştır. Mayıs ayında ise sırasıyla goble disk, diskaro ve sürgü işlemleri yapıldıktan sonra tarla ekime hazırlanmıştır. Yerfıstığı tohumları sıra arası 70 cm ve sıra üzeri ise 20 cm olacak şekilde 5 cm derinliğe ekilmiştir. Ekim işlemi hektara 90 kg tohum düşecek şekilde 20.05.2014 ve 08.05.2015 tarihlerinde pnömatik ekim makinası ile yapılmıştır.

Yerfıstığı projesine ait ekim ile ilgili tüm özellikler (ekim tarihi, sıra arası, sıra üzeri, dekara uygulanan tohum miktarı, ekim derinliği, kullanılan yerfıstığı

çeşit özellikleri) CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 modelinde girdi dosyası (FileX) olarak kaydedilmiştir.

3.2.4.3. Gübreleme

Denemede tüm konulara 20.05.2014 ve 08.05.2015 tarihlerinde ekimle birlikte 18-46-0 gübresinden dekara 20 kg (saf madde olarak 3.6 kg saf azot, 9.2 kg saf fosfat) uygulanmıştır. Her iki deneme yılında üst gübre olarak ise tüm konulara 40 kg da⁻¹ % 33'lük amonyum nitrat formunda çiçeklenme döneminde tüm konulara eşit olarak bitki sıralarına (banda) uygulanmıştır.

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

3.2.4.4. Bakım ve tarımsal mücadele

Yerfıstığı hızlı gelişen bir bitki olduğu için, yapılması gereken çapalama ve yabancı ot kontrolü, boğaz doldurma, hastalık ve zararlılarla mücadele işlemlerinde geç kalınmamalıdır (Kadiroğlu, 2008). Çapalama ve yabancı ot kontrolü bitkiler 3-4 yapraklı iken (genelde çıkıştan 25- 30 gün sonra ilk çiçekler görüldüğünde) ilk çapa yapılmıştır. Gelişme ilerledikçe özellikle yabancı ot durumuna bağlı olarak 2. ve 3. çapalar yapılmıştır. Boğaz doldurma işlemi gineforların (kapsül iğneleri) toprağa ulaşabilmesi için son derece önemlidir. Bu nedenle ikinci çapadan sonra boğaz doldurma işlemi yapılarak gineforların toprağa girmesi sağlanmıştır. Yerfıstığı bitkileri ekiminden itibaren deneme alanı takip edilerek, gerektiği durumlarda kültürel ve kimyasal mücadele yapılmıştır.

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

3.2.4.5. Sulama

İlk deneme yılında konulu sulamalara 06.06.2014 tarihinde, ikinci deneme yılında ise 23.05.2015 tarihinde başlanmıştır. Sulamalar sırasıyla 14.10.2014 ve 09.10.2015 tarihlerinde sonlandırılmıştır. Toplam sulama sayıları ilk yıl SA₁, SA₂ ve SA₃ konularında sırasıyla, 30, 15 ve 10 iken, ikinci deneme yılında 32, 15 ve 10 olarak gerçekleşmiştir. Belirtilen sulama tarihleri CROPGRO-yerfistığı modelinde girdi dosyasına herbir deneme yılı için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Damla sulamada kullanılan lateraller her bitki sırasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir (lateral aralığı 0.70m). 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⁻¹ olacak şekilde düzenlenmiştir.

Araştırmada üç farklı yığışımli buharlaşma miktarına ulaşıldığında damla sulama sistemi ile sulamalar başlatılmıştır. Class A Pan'dan oluşacak yığışımli buharlaşma miktarının uygulanacağı parseller I₃=1.00 tam sulama konusunu oluştururken; diğer konulara ise anılan konunun I₁= 0.50, I₂=0.75, ve I₄=1.25'i uygulanmıştır. Sulama suyu deneme alanında kurulu açık su yüzeyi buharlaşma değeri kullanılarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Sezen ve ark., 2005).

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

Eşitlikte; *I*, sulama suyu miktarı (mm); *Ep*: öngörülen dönemde oluşan yığışımli buharlaşma miktarı (mm); *SD*, sulama düzeyi (%), *A*: alan (m²)'dir.

3.2.4.6. Gözlemler ve ölçmeler

Büyüme dönemi süresince konulara göre fenolojik gözlemler çimlenme ve çıkıştan itibaren yapılmış, yerfistığı 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. Ayrıca yerfistığı bitkisinde;

toplam verimin yanı sıra, hasatta toplam kuru madde miktarı, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI) belirlenmiştir.

Deneme konularında yerfıstığı bitkisinin su tüketiminin belirlenmesinde su dengesi eşitliğinden yararlanılmıştır (Garrity ve ark., 1982). Etkili kök derinliği 90 cm olarak alınmıştır.

$$ET=I+P-D_p-R_f\pm\Delta S \quad (3.2)$$

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

3.2.4.7. Hasat

Her bir parselde yer alan 7 bitki sırasından kenarlardan ikişer sıra ve başlardan 1.0 m değerlendirme dışı bırakılarak 2.10 m x 6 m=12.6 m² alandaki bitkilerde hasat işlemi 06.11.2014 ve 09.10.2015 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Belirtilen hasat tarihleri CROPGRO-yerfıstığı modelinde girdi dosyasına herbir 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 herbir deneme yılında yerfıstığı ekim tarihinden başlayarak her bir sulamadan önce yapılmış ve hasada dek sürdürülmüştür.

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

Su kullanım randımanı 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 randımanları; su tüketimi değerleri, sulama suyu kullanım randımanı ise sulama suyu değerleri esas alınarak aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır. Çalışmada Howell ve ark. (1990) tarafından verilen eşitlik kullanılmıştır.

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

Eşitlikte, WUE : Toplam su kullanım randımanı, 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 randımanı ise aşağıdaki eşitlikten 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 'dir.

3.2.7. Kullanılan model hakkında genel bilgiler

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

değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılan modeller, belirli sınırlar içerisinde çalışmakta ve belirli varsayımlara dayanmaktadır (Hoogenboom ve ark., 1991).

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. Modeller, çeşitli bitkilerin fizyolojik aşamalarındaki bazı ilişkileri temel almaktadır. Koşulların değiştiği alanlarda çok az veya hiç bir düzeltme yapmadan bitki gelişimini, fizyolojik temellere bağlı olarak tahmin eden bu gibi programların uygulamada belirli bir potansiyeli vardır. Bu modeller, hasat zamanında olduğu kadar hasattan önceki bölgesel verimlerin kestiriminde de belirli bir potansiyele sahiptir. Üreticilerin ürünlerini satması veya depolamasının, gelecekte oluşacak fiyatlara üretimin etkisini belirleme açısından verimin önceden tahmin edilmesi çok önemlidir. Bu nedenlerle bitki büyüme modelleri, son yıllarda verimin önceden tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Hodges ve ark., 1987).

DSSAT modeli ile küresel uygulamaları daha etkili hale getirmek amacıyla geliştirilmiştir. İnsan işgücü ve zaman kaybını azaltarak, alternatif sonuçları analiz etme şansı sunmaktadır. Bu durumda özellikle araştırmacılara, karar vericilere büyük kolaylık sağlamaktadır (Tsuji ve ark., 1994).

Çalışmada DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Agroteknoloji Transferi için Karar Destek Sistemi) ifadesi ile belirtilen, 40'tan fazla bitki için dinamik bitki büyüme simulasyon modellerini içeren bir bilgisayar yazılım programıdır. 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 modellemeyen, tarla denemelerinin değerlendirilmesine, hassas tarım uygulamalarının değerlendirilmesi, iklim değişkenliği ve iklim

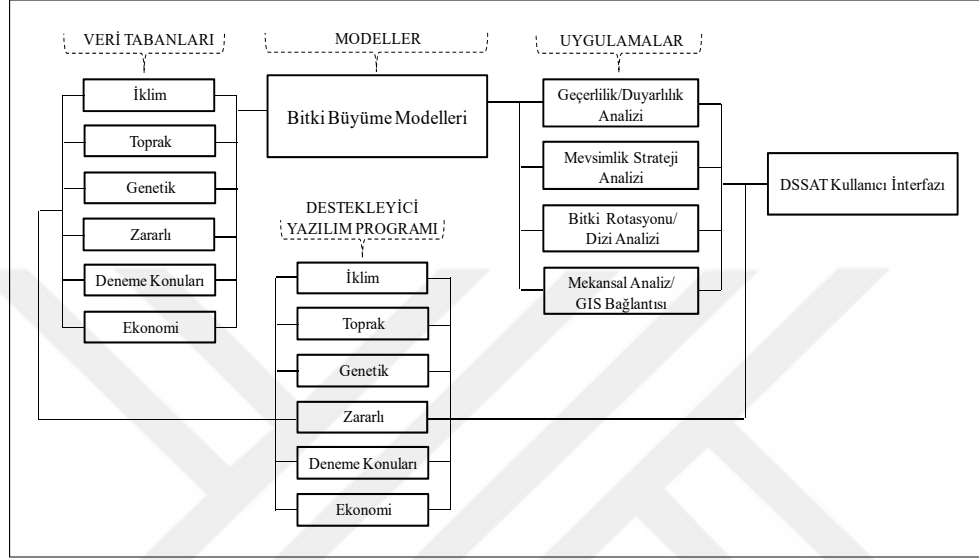
değişimi etkisinin bölgesel değerlendirmelerine kadar birçok uygulamada kullanılmaktadır. DSSAT, 30 yılı aşkın bir süredir dünya genelinde 150'den fazla ülkede araştırmacılar, eğitimciler, danışmanlar, yayım şirketleri, çiftçiler, özel sektör, politika ve karar vericiler tarafından kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019).

DSSAT 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 ile 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 1'de gösterilmiştir. Modelde gerekli başlıca veri dosyaları iklim, toprak, bitki genetiği, hastalık, deneme detayları ve ekonomik parametreleri kapsamaktadır(Hoogenboom ve ark., 2019).

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 nemi, toprak veya bitkide azot ölçümleri gibi bitki ölçüm verilerini modele kolayca girmemiz için kullanılır. Arazi ölçüm verileri kullanılarak model ile deneme sonuçları test edilebilir, modelin performansı değerlendirilebilir(Hoogenboom ve ark., 2019).

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).



Şekil 3.1. DSSAT'ın modüler yapısı ve bileşenleri

DSSAT-CSM üniform bir alanda yetiştirilen bitkilerin verim, gelişimi ve büyümesini simüle eder, toprak suyundaki karbon, azot gibi değişimleri belirler. DSSAT-CSM Jones ve ark. (2001) ve Porter ve ark. (2000) tarafından tanımlanan modüler yaklaşım kullanılarak yapılandırılmıştır.

3.2.7.1. CROPGRO-yerfıstığı 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-yerfıstığı V4.7.5 tarımsal işleme ilişkin karar vermede, stratejik planların risk analizinde, yetişme mevsimi içindeki tarımsal faaliyetlerin kararında,

büyük alanların verim tahmininde ve araştırma gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. CROPGRO-yerfıstığı 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 (Ritchie, 1985).

Bitki simülasyon modeli (CSM)-CROPGRO-yerfıstığı, DSSAT'ın içerisinde yer alan ve belirli bir sürece yönelik bir modeldir (Boote ve ark., 1998; Hoogenboom ve ark., 2004; Jones ve ark., 2003). Model çoklu çevresel koşulları araştırmak ve ürün verimini, çeşitlerini, yetiştirme tekniğini ve genetik katsayıyı değerlendirmek için kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir (Boote ve ark., 1986). Buna göre, onaylanmış model, ekim tarihlerine, besin maddelerine, sıra aralığına ve sulamaya karşı büyüme ve verim tepkilerini tahmin etmek için kullanılabilir.

Tarımsal işletmecilikte, CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 bitki büyüme modeli yarı mekanistik yapıya sahip olup, günlük bazda çalıştırmak mümkündür. 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 – su dengesi, bitki büyüme ve gelişimi, azot dinamiği hakkında bilgi elde edilebilir (Jones ve Ritchie, 1990).

CROPGRO-yerfıstığı, Uluslararası Tarımsal Teknoloji Grubu (IBSNAT) tarafından 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 (Boote ve ark., 1998).

Çalışmada kullanılan bitki büyüme modeli (CROPGRO-yerfıstığı) bitki büyüme modelleri, iklim ve toprak koşulları ile bitki fizyolojisine ilişkin dinamik olayları matematiksel ilişkiden yararlanarak çözümleyen ve bitkiye ilişkin verilerin

kestiriminde kullanılan yaklaşımdır. Olası seçeneklerin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılan modeller, belirli sınırlar içerisinde çalışmakta ve belirli varsayımlara dayanmaktadır (Jones ve ark., 2003). CROPGRO-yerfistığı büyüme modelinin amacı; kullanıcılara ürün tahmini sağlaması olduğundan modelin temel özellikleri verimi belirlemede etkili olan aşağıdaki faktörlere bağlı olmaktadır: Bitki genetiği, iklim ve çevre ile ilişkili olarak bitkinin gelişme dönemleri veya fiziksel değişimi, Bitki organlarının (yaprak, sap) büyüme mevsimi boyunca gelişimi, bitki organlarına ilişkin kuru madde miktarları, büyüme mevsimi boyunca topraktaki nem eksikliği, büyüme mevsimi boyunca azot eksikliği, toprak- su dengesi dinamiğini, küresel iklim değişiminin yerfistığı verimliliği üzerine olası etkilerini, bitki ve toprak parametreleri ile ilişkilendirerek planlayıcılara ve işletmecilere farklı seçenekler sunan CROPGRO-yerfistığı simulasyon modeli Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığına bağlı Teksas Bitki Sistemleri Değerlendirme Biriminde 1984 yılında geliştirilmiştir. CROPGRO modeli daha önce DSSAT içerisinde yeralan SOYGRO, PNUTGRO ve BEANGRO bitki büyüme modellerinin çeşitli şekillerde geliştirilmesi ile kayda değer bir gelişme ile oluşturulmuştur (Boote ve ark., 1998).

Geliştirilen bitki büyüme modeli; üretime ilişkin karar vermede, stratejik planlama için risk analizinde, verim tahmininde, iklim değişikliğinin etkisini belirlemede, araştırma gereksinimlerinin tanımlanması gibi konularda bilgi sağlanmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019). Araştırmada CROPGRO-yerfistığı bitki büyüme modelinin V4.7.5 versiyonu kullanılmıştır.

CROPGRO-terfistığı dünyada yerfistığının yetiştiği herhangi bir yerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Modelin büyüme, gelişme ve verimi daha doğru kestirebilmesi için 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 dağılımının iyi bilinmesi gerekir (Hoogenboom ve ark., 2019).

Toprağa ilişkin gerekli veriler ise albedo, drenaj katsayısı, yüzey akış no, her bir toprak katmanı için, solma noktası, tarla kapasitesi, hacim ağırlığı, kök gelişiminin derinlik ile oransal dağılımıdır.

3.2.7.2. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli veriler

Model ile bitki verimi ve gelişimi tahmin edilirken, modelde bitki çeşidi, toprak, iklim ve yetiştirme tekniği gibi özelliklerin tanımlanması yapılmalıdır. İki yıllık yerfıstığı projesinden alınan büyüme, verim ve bileşenlerine ait veriler, DSSAT V4.7.5 CROPGRO-yerfıstığı modelini kalibre etmek ve geçerliliği doğrulamak için kullanılmıştır. Modelde simülasyonları yapabilmek için dört farklı gruba ayrılan verilerin hazırlanması gerekir. Bunlar; iklim verileri, toprak verileri, üretim tekniğine ait bilgiler ve kullanılan bitki çeşidine göre değişen genetik katsayılarıdır.

3.2.7.2.1. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli iklim verileri

Modelde simülasyonu 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 içerisinde 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 (°C), toplam yağış (mm) ve solar radyasyon değerleri) duyarlılık analizinde kullanılmıştır. 2014 deneme yılında maksimum sıcaklık değerleri 19.7-36.6° C arasında minimum sıcaklık değerleri ise 1.9-26.2 °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 23.3-40.4 °C ve 13.0-25.6 °C arasında değişmektedir.

3.2.7.2.2. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli toprak profiline ilişkin veriler

CROPGRO-yerfıstığı modelinde gerekli başlıca toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri her bir profil için tanımlanmalıdır (Jones ve ark., 2003). Toprağa ilişkin parametreler; tarla kapasitesi, solma noktası, doygunluk, hacim ağırlığı, tekstürü belirleyebilmek için kil ve silt oranı, organik karbon, toplam azot, hidrolik iletkenlik ve drenaj katsayısıdır. 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).

Her bir yetiştirme mevsimi öncesinde toprak profilinde ekimden önce azot düzeyi (amonyum ve nitrat durumu) belirtilmelidir. 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.

3.2.7.2.3. CROPGRO-yerfıstığı modeli için gerekli ürün yetiştiriciliğine ait veriler

CROPGRO- yerfıstığı modelinde ürün yetiştiriciliğine ait olarak öncelikle 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, tanımlanması gerekir. Ayrıca, çiçeklenme ve olgunlaşma dönemlerine ulaşma zamanı, vejetatif ve generatif gelişme dönemleri, hasat alanı, dane verimi, toplam kuru madde miktarı, yaprak alanı gibi veriler modelde kalibrasyon ve değerlendirme için oldukça önemli parametrelerdir (Hoogenboom ve ark., 2019).

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

3.2.7.2.4. CROPGRO-yerfıstığı genetik katsayıları

Ayrıca, model için büyük öneme sahip genetik katsayılarında bilinmesi gerekmektedir. Birçok modelde CROPGRO- yerfıstığı 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 modeller (submodeller, GLUE) ile tahmin edilebilmektedir. Her bir bitki çeşidini ilgilendiren ve her çeşidin özelliğini ortaya koyan genotip katsayıları 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 kullanılmıştır.

Genotip veri dosyasında herbir yerfıstığı çeşidinin gelişme ve büyüme özelliklerini tanımlayan genetik katsayılara ait verileri içerir. CROPGRO- yerfıstığı modelinde herbir yerfıstığı çeşidi 15 genetik katsayı kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 2019). Anılan genetik katsayılar bölge koşullarında yerfıstığı NC-7 çeşidi için hesaplanarak, bulgular bölümünde sunulmuştur.

3.2.7.2.5. CROPGRO-yerfıstığı modelinin kalibrasyonu ve değerlendirilmesi

Bir modelin doğru ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için, kullanıcının önce modelin kalibre edildiğinden ve simülasyonu yapabilmek için doğru bir şekilde tasarlandığından emin olmalıdır. Ayrıca, model araştırmacının simüle etmek 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 tanımlamıştır. Ayrıca, bitki modellerinin kalibrasyonu ve validasyonu ile yetiştirilen bitkinin büyümesinde yer alan fiziksel ve fizyolojik süreçlerin anlaşılabilceğini belirtmiştir.

CROPGRO- yerfıstığı modelinin kalibrasyonu, 2014 deneme yılı sezonu sonunda hasatta elde edilen verim ve verim bileşenlerinin örneklemeinden elde edilen verilere dayanmaktadır.

CROPGRO- yerfıstığı modelinde kalibrasyon aşamasında NC-7 yerfıstığı çeşidine ait olan ve fenolojik aşamaları etkileyen genetik katsayıları DSSAT V4.7.5 içinde yeralan GLUE genetik katsayısı hesaplama alt modeli ile belirlenmiştir. Bu amaçla simüle edilen ve gözlemlenen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme elde edilene kadar “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır.

Bu amaçla gözlemlenen bitki fenolojisi ve verimini modelce simüle edilmiş değerlerle eşleştirmek ve kalibre edilmiş genetik katsayıları NC-7 yerfıstığı çeşidi için ayarlamalar yapılmıştır. Kalibrasyon için yerfıstığı bitkisinde çiçeklenmeye

ulaşma zamanı, olgunlaşmaya ulaşma zamanı gibi bazı fenolojik olaylara ilişkin bilgiler ve yerfıstığı 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 gözlemlenen değerler arasında bir karşılaştırmanın yapılmasıdır. CROPGRO-yerfıstığı modelinin performans değerlendirmesinde istatistiksel ve grafiksel olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. İstatistiksel analizler simülasyonun kalitesini tanımlayan ve ölçülen değerlerle ile modeldeki tahminden kaynaklanan hataları hesaplamak için yapılmıştır.

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

CROPGRO- yerfıstığı modelinin değerlendirmesi aşamasında modelinin performansı 2015 yılına ait deneme sonuçlarından elde edilen veri kümesini kullanarak yapılmıştır. Bu yaklaşımda, model parametreleri 2015 veri kümesine göre kalibre edilmediğinden, modelin gerçek bir doğrulanması olarak düşünölebilir. Kimi gözlenen verim ve verim bileşenleri ile modelde tahmin edilmiş değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada, modellerin performansının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan determinasyon katsayısı (R^2), mutlak hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEa), 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 simüle edilen değerlerin ortalaması, gözlemlenen ve simüle edilen değerlerin standart sapması ve simüle edilmiş ve gözlemlenen değerler arasındaki doğrusal ilişkiye ait determinasyon katsayısı (R²) hesaplanmıştır. Belirtilen bu istatistiksel indeksler modellerin değerlendirme aşamasında yoğun olarak kullanılmaktadır (Bouman ve Van Laar 2006).

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - O_i)^2}{n} \right)^{0.5} \quad (3.5)$$

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

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

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

İyi bir model performansı için RMSE değerleri 0'a mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Bir model analizinde $R^2=1$ olduğunda, model tahmini değerleri mükemmel bir şekilde tahmin etmiştir.

3.2.7.2.6. CROPGRO-yerfıstığı modelinde duyarlılık analizi

İklimin yerfıstığı verimi üzerindeki etkisi oldukça karmaşıktır. Yerfıstığı bitkisinin büyümesi ve gelişimi süresince büyüme döneminde farklı şekillerde ve farklı zamanlarda etkileyen birçok iklim değişkeni vardır. Yüksek hava sıcaklığı etkisi yerfıstığında çiçek oluşumuna, meyve tutumu ve dolayısıyla meyve sayıları gibi faktörlere etki edecektir. Yüksek sıcaklığın bitkinin çiçeklenme ve kapsül oluşumu gibi fazla duyarlı gelişme dönemlerinde olması daha fazla etki bırakacaktır. İklim, yer, zaman, yerfıstığı çeşit özellikleri ve toprak ortamındaki değişimlere bağlı olarak büyüme tepkisinin ve verim değişikliklerinin ölçülmesi esasen gereklidir.

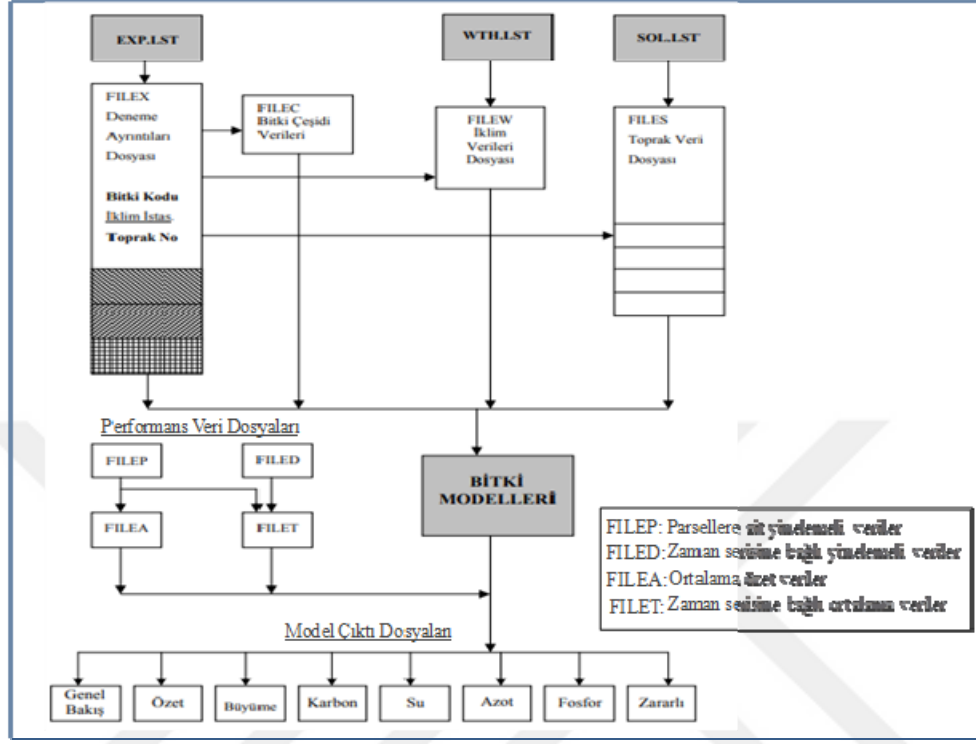
Duyarlılık analizi modelleri değerlendirmenin önemli bir yoludur. Çıktıdaki değişikliklerin girdilerdeki değişikliklerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. Model girdi değerlerindeki parametreler sistematik olarak değiştirilerek model çıktı değerlerindeki değişiklikleri değerlendirmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu amaçla model içerisinde yer alan DSSATsSens alt modeli ile iklim parametrelerindeki değişikliklere duyarlılığını kontrol edilmiştir. Bu amaçla 30 yıllık günlük bazda maksimum ve minimum sıcaklıklar, solar radyasyonu, CO₂ içeren iklim parametreleri kullanılmıştır. Öncelikle duyarlılık analizi yapılacak tüm veri setleri modele tanımlanarak, yüklenmiştir. Ardından veri setindeki değerler belirtilen aralıkta değiştirilerek model çalıştırılmış ve modelin çıktı dosyasında herbir parametrenin artış veya azalması saptanmıştır.

ICCAP, (2007) ve IPCC, (2007) raporlarına göre Akdeniz bölgesindeki sıcaklıkların 2050 yılına kadar +2'den +3 ° C'ye yükselmesi bekleniyor. Su fakiri ülkelerin 2100'den en fazla etkilenmesi beklenirken, yağış değerlerinde de % 20-30 oranında azalması muhtemel görülmüştür. Bu amaçla iklim değişikliğine ait duyarlılık analizinde, modelin iklim dosyasında sırasıyla maksimum ve minimum sıcaklıklar +2, +2.5 ve 3 °C arttırılmıştır. Yağış değerleri %-25 ve +%25 olarak ele alınmıştır. CO₂ seviyesi 360, 540, 7200 ppm düzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık, yağış ve CO₂ düzeylerinin kombinasyonları göz önüne alındığında toplam

27 koşulda kullanılarak duyarlılık analizi test edilmiştir. Bu amaçla modelin iklim parametrelerine duyarlılığını ortaya çıkarılmakta, simulasyon değerlerinin eğilimi ve modelin en hassas iklim parametresinin performansı ortaya koyulmaktadır.

Modelin doğru kestirimler yapabilmesi için iklim, toprak ve bitki genetiğine ilişkin çok sağlıklı ölçümlere gereksinim vardır. Araştırmada ele alınan konuların verim ve verim öğeleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için CROPGRO- yerfıstığı bitki büyüme modelinin V 4.7.5 no'lu geliştirilmiş tipi kullanılmıştır. Modelin akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan Tarsus Topraksu Lokasyonu Topçu işletmesinde 2014 ve 2015 deneme yıllarında yürütölen “Doğu Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Yerfıstığında Optimum Sulama Programının Oluşturulması ve Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” isimli TAGEM Proje sonuç raporlarına ait proje çıktıları mevcut koşullarda CROPGRO- yerfıstığı V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışmada, üç farklı sulama aralığı ve dört farklı sulama düzeyi koşullarında olmak üzere toplam 12 deneme konusunda elde edilen parametreler ile CROPGRO- yerfıstığı bitki büyüme simulasyon modelinden elde edilen çıktılar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında Doğu Akdeniz iklim koşullarında yerfıstığı verimi mevcut ve olası iklim değişimi koşullarında tahmin edilerek, ölçölen arazi verileri ile model çıktıları karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.2. CROPGRO yerfıstığı bitki büyüme modelinde kullanılan girdi ve çıktı dosyalarına genel bakış

3.2.8. Analiz ve değerlendirme metotları

Her deneme yılında yerfıstığı bitkisinden elde edilen toplam verim, hasatta toplam kuru madde miktarı, 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

Araştırma 2014 -2015 yılları arasında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Her yıl yerfıstığı bitkisinin kimi gelişme dönemleri, konulara uygulanan sulama suyu miktarları, konulara ilişkin toprak su içeriklerinin ekimden hasada dek değişimi, bitki su tüketimi değerleri, yerfıstığı bitkisinden elde edilen toplam verim, hasatta toplam kuru madde miktarları, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ait bulgular elde edilmiştir. Anılan gözlemlere ilişkin istatistiksel analizler sonucunda kimi parametrelerde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksiyonu 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. Yerfıstığı parsellerinden genel görünüm ek şekillerde verilmiştir.

Bu araştırma Tarsus'ta 2014 ve 2015 deneme yıllarında NC-7 yerfıstığı çeşidinin genetik katsayılarının kalibre edilmesinden sonra CROPGRO-yerfıstığı (DSSAT v 4.7.5) modelini kullanarak yerfıstığının fenolojisini ve verimini simule etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yerfıstığı verimi ve çeşitli verim parameterlerine ait gözlenen değerler model tarafından kestirilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, çalışma için belirlenen hedefler doğrultusunda alt başlıklı paragraflar altında sunulmuş ve tartışılmıştır.

4.1. Yerfıstığı Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Yerfıstığı bitkisinin gelişme dönemlerinin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemede anılan bitkilere ve parsellerin genel durumlarına bakılarak karar verilmiştir. Araştırmada NC-7 yerfıstığı çeşidi kullanılmıştır. Yerfıstığı tohumları ilk deneme yılında 20.05.2014 tarihinde parsellere ekilmiştir. İlk çıkışlar 06.06.2014 tarihinde gözlenmiştir. Vejetatif dönem 01.07.2014 olarak

kaydedilmiştir. Çiçeklenme ve dane dolum dönemlerinin başlangıcı sırasıyla 18.07.2014 ve 23.10.2014 olarak gözlenmiştir. Fizyolojik olgunluğa ulaşan bitkiler 06.11.2014 tarihinde hasat edilmiştir. Önerilen SA₂-125 konusuna ait gelişme dönemleri tarihleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yerfıstığı Bitkisine İlişkin Kimi Gelişme Dönemleri

Gelişme Dönemi	Tarih	DAS	Tarih	DAS
Ekim	20.05.2014	0	08.05.2015	0
Çimlenme ve Çıkış	06.06.2014	17	20.05.2015	12
Vejetatif	01.07.2014	41	18.06.2015	42
Çiçeklenme başlangıcı	18.07.2014	57	05.07.2015	58
Ürün oluşumu	23.10.2014	125	19.09.2015	104
Hasat	06.11.2014	169	09.10.2015	154

Araştırmanın ikinci yılında yerfıstığı tohumları 08.05.2015 tarihinde parsellere ekilmiştir. İlk çıkışlar 20.05.2015 tarihinde gözlenmiştir. Vejetatif dönem 18.06.2015 olarak kaydedilmiştir. Çiçeklenme ve dane dolum dönemlerinin başlangıcı sırasıyla 05.07.2015 ve 19.09.2015 olarak gözlenmiştir. Fizyolojik olgunluğa ulaşan bitkiler 09.10.2015 tarihinde hasat edilmiştir. SA₂-125 konusuna ait gelişme dönemleri tarihleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Denemenin her iki yılında da konular arasında gelişme dönemleri bakımından önemli farklılıklar görülmemekle beraber, özellikle su kısıntısının yoğun uygulandığı her bir sulama aralığındaki I-50 parsellerinde her bir gelişme dönemine ulaşım daha çabuk olmuştur. Anılan durum, konulu sulama uygulamalarına başlanması ile birlikte belirtilen dönemlerde aşırı hava sıcaklığı yanı sıra uygulanan sulama suyunun bitki gereksinimi sağlayamamasından kaynaklanmıştır. Çizelge 4.1’de görüleceği gibi yerfıstığı bitkisinin toplam büyüme dönemi uzunluğu önerilen yerfıstığı konusunda 2014 yılında 169 gün, 2015 yılında ise 154 gün olarak belirlenmiştir.

Çalışkan ve ark. (2008), Akdeniz iklim koşullarında farklı ekim zamanlarının (15 Nisan, 1 Mayıs, 15 Mayıs, 1 Haziran, 15 Haziran), farklı

çeşitlerin (NC7 ve Com) yerfistığı bitkisine etkisinin belirlendiği 2 yıllık çalışmada bitki gelişme dönemleri çeşitlere bağlı olarak 120-160 gün arasında değişmiştir.

Yerfistığı kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın olmadığı kuru sezonda yetiştirilmekte ekonomik anlamda ürün almak için sulamaya ihtiyaç duymaktadır. Yerfistığında çiçeklenme dönemindeki su stresi çiçeklenme dönemi önceki su stresinden daha fazla etkiye sahiptir (Boote ve Ketring, 1990). Birçok araştırmacıda çiçeklenme dönemindeki su stresinin bitkinin kök ve taç gelişimin, kuru ağırlık bazında kök/tac oranını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir (Yao ve ark., 2003). Kimi araştırmacılar ise meyve oluşumu döneminin su stresine en duyarlı dönem olduğunu belirtmişlerdir (Patel ve Golakiya, 1988; Stirling ve ark., 1989; Meisner ve Karnok, 1992; Ramachandrappa ve ark., 1992). Çiçeklenme ve gineforların oluştuğu dönemindeki su stresinin meyve veriminde önemli azalmayla sonuçlandığını ve bunun nedeninde çiçeklenme periyodunun kısalmasından kaynaklandığını belirtmiştir (Naveen ve ark., 1992). Ancak vejetatif dönem ve meyve oluşumundan sonraki dönem su stresine duyarlı değildir (Rao ve ark., 1988; Meisner ve Karnok, 1992; Reddy ve Reddy, 1993).

Patel ve Golakiya (1988); Black ve ark. (1985); Stirling ve ark., (1989) yaptıkları çalışmada yerfistığının su stresine en duyarlı olduğu dönemleri çiçeklenme ve meyve dolumu dönemleri olduğunu belirtmişlerdir.

Lindsay (2010), çiçeklenme dönemi yerfistığı bitkisinin en kritik dönemi olup kullanılabilir nemin %50-60'ının altına düşmesine izin verilmemelidir. Bu dönemde sulamalar çiçeklenme, nodül bağlama ve meyve oluşumu için oldukça önemlidir. Su stresinin çiçeklenme döneminde atlanması veya ertelenmesi çiçeklerin açmasını erteleyebilir. Gineforlar toprağa yeterli nem koşullarında ve toprak sıcaklığının serin olduğu koşullarda girerler. Yetersiz toprak nemi gineforların toprağa girmesini önleyerek önemli verim kaybına neden olabilir. Ayrıca, toprak neminin düşüklüğü yerfistığında kapsül olgunluğunu etkilediğini, gelişme dönemi uzunluğunun çeşitlere ve iklime bağlı olarak 100-130 gün arasında değiştiğini belirtmiştir.

4.2. Konulara Ait Sulama Suyu Miktarları, Sulama Zamanları ve Sayıları

İlk deneme yılında ekim sonrası parsellerde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla tüm deneme konularına 15 mm eşit su uygulanmıştır. Damla sulama parsellerinde homojen bitki çıkışı sağlandıktan sonra konulu sulama programına başlanmıştır. Yerfistığı bitkisi hasat olgunluğuna ulaştığı dönemde (meyve kabuğu soyulup kahverengileşmeye başladığında) sona erdirilmiştir.

Yerfistığında sulama aralığı ve uygulanan sulama suyu miktarı sulama metodu ile birlikte ıslatılacak toprak derinliği, potansiyel su stresinin görüleceği periyodlar göz önüne alınarak sulama programlaması yapılmalıdır. Aksi takdirde verimde önemli kayıplar söz konusudur (Plaut ve Ben-Hur, 2005).

Konulara göre ilk deneme yılında yapılan sulamaların tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 4.2 ve 4.4’de verilmiştir. 2014 yılında uygulanan sulama suyu miktarı konulara göre 406 ile 993 mm arasında değişmiştir. A1 sulama aralığında yer alan konularda toplam 30 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 4-7 gün arasında kalmıştır. A2 sulama aralığında yer alan konularda toplam 15 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 8-12 gün arasında değişmiştir. En geniş sulama aralığı olan A3 sulama aralığında yer alan konularda ise toplam 10 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 12-16 gün arasında kalmıştır.

İkinci deneme yılında konulara ilişkin sulama tarihleri, uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. 2015 yılında uygulanan sulama suyu miktarı konulara göre 411 ile 1059 mm arasında değişmiştir. A1 sulama aralığında yer alan konularda toplam 32 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 4-6 gün arasında kalmıştır. A2 sulama aralığında yer alan konularda toplam 15 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 6-10 gün arasında değişmiştir. En geniş sulama aralığı olan A3 sulama aralığında yer alan konularda ise toplam 10 sulama

yapılırken, sulama aralığı yığışımli buharlaşma değetine bağıli olarak 10-16 gün arasında kalmıştır.

Lindsay (2010), yerfistığında 410-760 mm sulama suyu ile yüksek verim alınabileceğini bu durumun hava ve toprak sıcaklığı, nem, radyasyon, rüzgar gibi faktörlere bağıli olarak değıştiğini belirtmiştir. Doorenbos ve Kassam (1986), ise yerfistığında sulama suyu ihtiyacının toplam büyüme mevsimi süresince iklime bağıli olarak 500-700 mm arasında değıştiğini belirtmiştir.

Yerfistığı yetişme periyodunda toplam 500- 750 mm'lik bir düzenli bir yağış aldığı taktirde, sulamaya gerek kalmayabilir. Ancak yetiştiriciliğinin yapıldığı yörelerde yağışlar genellikle toplam miktar ve yağış rejimi olarak yetersiz olduğu için sulamaya ihtiyaç olabilmektedir. En kritik sulama zamanı ginefor oluşumundan başlayıp, meyve oluşmasına kadar geçen süresidir. Orta killi tınlı topraklarda 20 gün ara ile sulanmalıdır. Genellikle ortalama 4- 6 defa sulama yapılabilir (Kadiroğlu, 2008).

Lindsay (2010), yerfistığına uygulanacak sulama suyu toprak tipine, bitkinin gelişme dönemine, kök bölgesi derinliğine ve kullanılabilir toprak nemine bağıli olarak değışir. Çimlenme döneminde kullanılabilir nemin %60 seviyesinde kalması istenirken, erken vejetatif dönemde bu oran %40'a düşebilir. Meyve oluşum döneminde çiçeklenme, nod atma dönemlerinde kullanılabilir toprak neminin %60 düzeyinde kalması tavsiye edilmektedir. Olgunlaşma döneminde yine toprak neminin %40 düzeyinde kalmasına izin verilebilir.

Plaut ve Ben-Hur (2005), yerfistığında sulama suyu gereksiminin 575-648 mm olduğunu belirtirken, Ahmad, (1999) ise bu değerin 500-700 mm arasında olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.2. SA₁ ve SA₂'e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2014)

Sulama zamanı	SA ₁ -50	SA ₁ -75	SA ₁ -100	SA ₁ -125	SA ₂ -50	SA ₂ -75	SA ₂ -100	SA ₂ -125
20.05.2014	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
06.06.2014	13.9	20.8	27.7	34.6	-	-	-	-
13.06.2014	14.5	21.7	28.9	36.1	28.3	42.5	56.6	70.8
19.06.2014	14.5	21.8	29.0	36.3				
24.06.2014	14.8	22.2	29.6	37.0	29.3	44.0	58.6	73.3
28.06.2014	12.5	18.8	25.0	31.3				
02.07.2014	12.0	18.0	24.0	30.0	24.5	36.8	49.0	61.3
06.07.2014	13.5	20.3	27.0	33.8				
10.07.2014	12.5	18.8	25.0	31.3	26.0	39.0	52.0	65.0
14.07.2014	12.0	18.0	24.0	30.0				
18.07.2014	12.5	18.8	25.0	31.3	24.5	38.8	49.0	61.3
22.07.2014	12.8	19.1	25.5	31.9				
26.07.2014	12.5	18.8	25.0	31.3	25.3	37.9	50.5	63.2
30.07.2014	13.0	19.5	26.0	32.5				
03.08.2014	13.5	20.3	27.0	33.8	26.5	39.8	53.0	66.3
07.08.2014	12.4	18.5	24.7	30.9				
11.08.2014	11.5	17.3	23.0	28.8	23.9	35.8	47.7	59.6
15.08.2014	13.5	20.3	27.0	33.8				
19.08.2014	13.5	20.3	27.0	33.8	27.0	40.5	54.0	67.5
23.08.2014	13.5	20.3	27.0	33.8				
27.08.2014	12.0	18.0	24.0	30.0	25.5	38.3	51.0	63.8
31.08.2014	12.5	18.8	25.0	31.3				
04.09.2014	13.5	20.3	27.0	33.8	26.0	39.0	52.0	65.0
08.09.2014	14.7	22.1	29.4	36.8				
12.09.2014	12.5	18.8	25.0	31.3	27.2	40.8	54.4	68.0
17.09.2014	13.8	20.6	27.5	34.4				
23.09.2014	12.4	18.6	24.8	31.0	26.2	39.2	52.3	65.4
28.09.2014	12.9	19.3	25.7	32.1				
02.10.2014	12.5	18.8	25.0	31.3	25.4	38.0	50.7	63.4
08.10.2014	13.7	20.5	27.3	34.1				
14.10.2014	12.0	17.9	23.9	29.9	25.6	38.4	51.2	64.0
<i>Toplam</i>	<i>406</i>	<i>602</i>	<i>797</i>	<i>993</i>	<i>406</i>	<i>602</i>	<i>797</i>	<i>993</i>

Çizelge 4.3. SA₁ ve SA₂'e Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) (2015)

Sulama Zamanı	SA ₁ -50	SA ₁ -75	SA ₁ -100	SA ₁ -125	SA ₂ -50	SA ₂ -75	SA ₂ -100	SA ₂ -125
08.05.2015	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
23.05.2015	13.0	19.5	26.0	32.5				
28.05.2015	13.1	19.6	26.1	32.6	26.1	39.1	52.1	65.1
03.06.2015	12.2	18.2	24.3	30.4				
09.06.2015	13.4	20.0	26.7	33.4	25.5	38.3	51.0	63.8
14.06.2015	13.0	19.5	26.0	32.5				
19.06.2015	13.0	19.5	26.0	32.5	26.0	39.0	52.0	65.0
24.06.2015	13.0	19.5	26.0	32.5				
29.06.2015	14.0	21.0	28.0	35.0	27.0	40.5	54.0	67.5
04.07.2015	11.5	17.3	23.0	28.8				
07.07.2015	11.0	16.5	22.0	27.5	22.5	33.8	45.0	56.3
11.07.2015	12.0	18.0	24.0	30.0				
15.07.2015	13.0	19.5	26.0	32.5	25.0	37.5	50.0	62.5
19.07.2015	14.0	21.0	28.0	35.0				
23.07.2015	13.0	19.5	26.0	32.5	27.0	40.5	54.0	67.5
28.07.2015	14.0	21.0	28.0	35.0				
31.07.2015	13.5	20.3	27.0	33.8	27.5	41.3	55.0	68.8
03.08.2015	11.5	17.3	23.0	28.8				
06.08.2015	13.5	20.3	27.0	33.8	25.0	37.5	50.0	62.5
10.08.2015	14.0	21.0	28.0	35.0				
14.08.2015	13.5	20.3	27.0	33.8	27.5	41.3	55.0	68.8
18.08.2015	15.5	23.3	31.0	38.8				
22.08.2015	14.0	21.0	28.0	35.0	29.5	44.3	59.0	73.8
26.08.2015	13.0	19.5	26.0	32.5				
30.08.2015	12.8	19.2	25.6	32.0	25.8	38.7	51.6	64.5
03.09.2015	13.5	20.3	27.0	33.8				
07.09.2015	11.5	17.3	23.0	28.8	25.0	37.5	50.0	62.5
11.09.2015	13.0	19.5	26.0	32.5				
15.09.2015	11.5	17.3	23.0	28.8	24.5	36.8	49.0	61.3
19.09.2015	11.5	17.3	23.0	28.8				
24.09.2015	13.0	19.5	26.0	32.5	24.5	36.8	49.0	61.3
29.09.2015	12.5	18.8	25.0	31.3				
06.10.2015	12.7	19.1	25.4	31.8				
09.10.2015	25.0	25.0	25.0	25.0				
<i>Toplam</i>	<i>439</i>	<i>645</i>	<i>852</i>	<i>1059</i>	<i>413</i>	<i>608</i>	<i>802</i>	<i>996</i>

Çizelge 4.4. SA₃ Konusuna Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm)(2014, 2015)

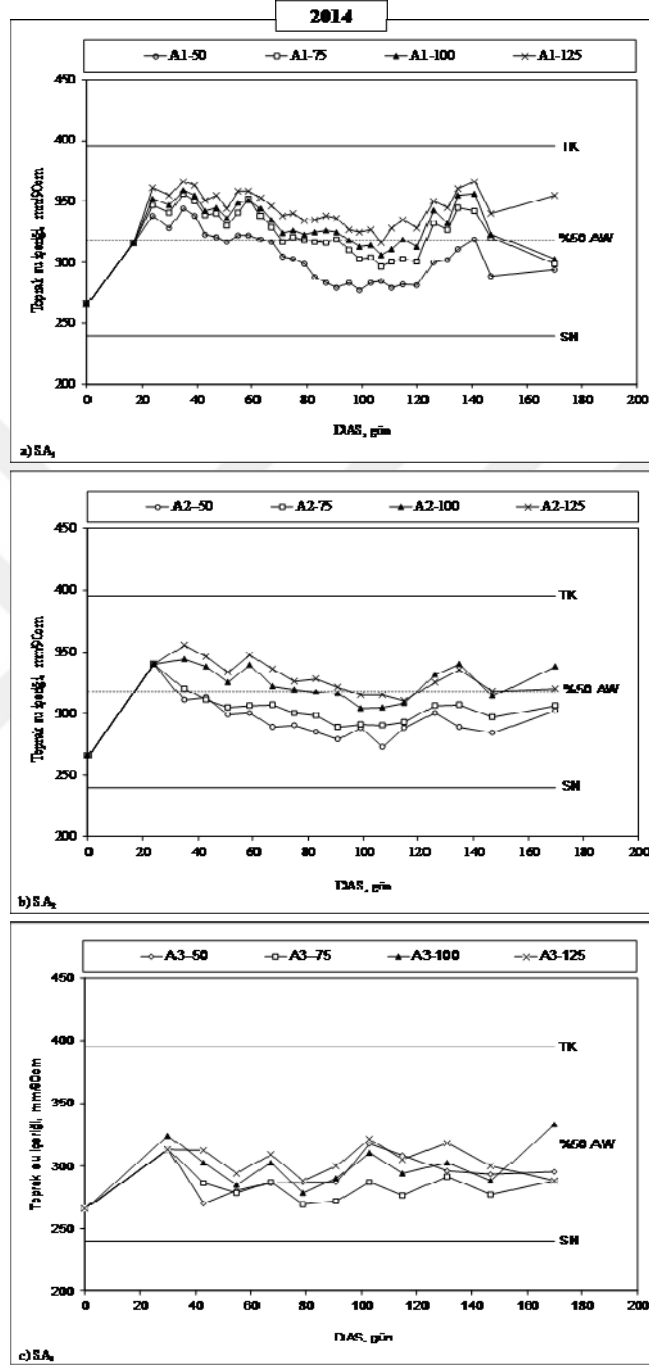
Sulama Zamanı	SA ₃ -50	SA ₃ -75	SA ₃ -100	SA ₃ -125
20.05.2014	15.0	15.0	15.0	15.0
19.06.2014	42.8	64.2	85.6	107.0
02.07.2014	39.3	59.0	78.6	98.3
14.07.2014	38.0	57.0	76.0	95.0
26.07.2014	37.8	56.6	75.5	94.4
07.08.2014	38.9	58.3	77.7	97.1
19.08.2014	38.5	57.8	77.0	96.3
31.08.2014	38.0	57.0	76.0	95.0
12.09.2014	40.7	61.1	81.4	101.8
28.09.2014	39.0	58.5	78.0	97.5
14.10.2014	38.1	57.2	76.2	95.3
<i>Toplam</i>	<i>406</i>	<i>602</i>	<i>797</i>	<i>993</i>
	SA ₃ -50	SA ₃ -75	SA ₃ -100	SA ₃ -125
08.05.2015	25.0	25.0	25.0	25.0
03.06.2015	38.2	57.3	76.4	95.5
19.06.2015	36.9	55.3	73.7	92.1
04.07.2015	38.5	57.8	77.0	96.3
15.07.2015	36.0	54.0	72.0	90.0
28.07.2015	41.0	61.5	82.0	102.5
06.08.2015	38.5	57.8	77.0	96.3
18.08.2015	43.0	64.5	86.0	107.5
30.08.2015	39.8	59.7	79.6	99.5
11.09.2015	38.0	57.0	76.0	95.0
24.09.2015	36.0	54.0	72.0	90.0
<i>Toplam</i>	<i>411</i>	<i>604</i>	<i>797</i>	<i>990</i>

4.3. Toprak Su İçeriği

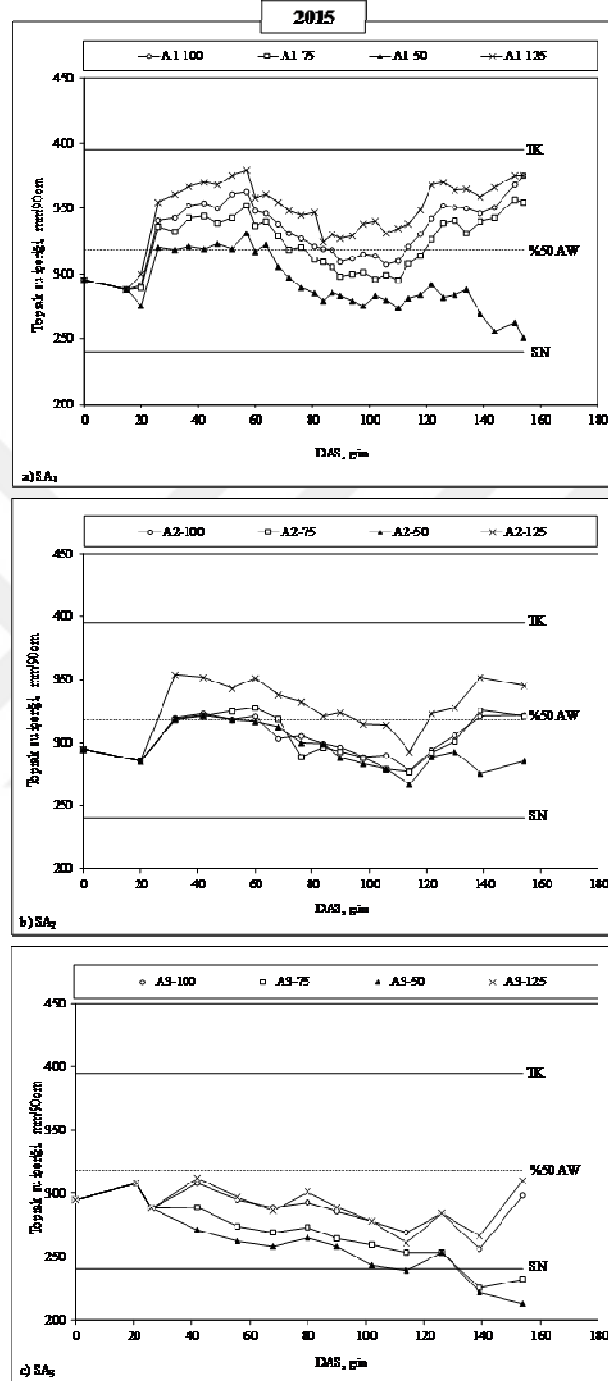
Araştırmada tüm deneme konularında toprak suyu gözlemleri, herbir deneme yılında ekim tarihinden (20.05.2014; 08.05.2015) hasada (06.11.2014; 09.10.2015) dek sürdürülmüştür. 2014 yılında toprak profilinin 90 cm derinliğinde sulamalardan önceki toprak su içeriğinin zamana göre değişimi Şekil 4.1-4.2’de verilmiştir.

2014 yılında konulara ilişkin toprak profilinde su içeriği tarla kapasitesi (TK) (395 mm) ile solma noktası (SN) (240 mm) arasında değişmiştir. Ekim sonrası parsellerde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla tüm deneme konularına 15 mm eşit su uygulanmıştır. SA₁, SA₂ ve SA₃ konularına ilişkin konulu ilk sulama tarihleri sırasıyla, 06.06.2014, 13.06.2014 ve 19.06.2014 iken, son sulama tarihleri tüm konularda 14.10.2014'dür. SA₁ ve SA₂ sulama aralığında I-100 ve I-125 konularında mevsim boyunca daha yüksek nem değerleri gözlenirken, diğer konular kullanılabilir nemin %50 düzeyi altında yer almıştır (Şekil 4.1). SA₃ sulama aralığında ise genel olarak tüm konular mevsim boyunca kullanılabilir nemin %50 düzeyi altında yer almıştır (Şekil 4.1).

Şekil 4.2'de görüleceği gibi 2015 yılında konulara ilişkin toprak profilinde SA₁ ve SA₂ sulama aralığında yer alan konularda su içeriği tarla kapasitesi (TK) (395 mm) ile solma noktası (SN) (240 mm) arasında değişirken, SA₃ sulama aralığında dane doluşum döneminden sonra su stresi çeken konularda (SA₃-50; SA₃-75, SA₃-100 ve SA₃-125) su içeriği solma noktası değerinin altına düşmüştür. Ekim sonrası parsellerde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla tüm deneme konularına 25 mm eşit su uygulanmıştır. SA₁, SA₂ ve SA₃ konularına ilişkin konulu ilk sulama tarihleri sırasıyla 23.05.2015, 28.05.2015 ve 03.06.2015'dir.



Şekil 4.1. Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2014)



Şekil 4.2. Deneme konularında toprak su içeriğinin zamana göre değişimi (2015)

4.4. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketimi Değerleri

Yerfıstığı bitkisinin deneme konularına göre belirlenen mevsimlik su tüketimi değerleri 2014 ve 2015 deneme yılları için Çizelge 4.5’de verilmiştir. Deneme konularında yerfıstığı bitkisinin su tüketiminin belirlenmesinde su dengesi eşitliğinden yararlanılmıştır.

Çizelge 4.5. Konulara İlişkin Bitki Su Tüketim Değerleri (ET) (2014, 2015)

	Konular											
	SA ₁ - 50	SA ₁ - 75	SA ₁ - 100	SA ₁ - 125	SA ₂ - 50	SA ₂ - 75	SA ₂ - 100	SA ₂ - 125	SA ₃ - 50	SA ₃ - 75	SA ₃ - 100	SA ₃ - 125
ET, mm (2014)	601	792	975	1032	593	785	898	976	596	852	882	971
ET, mm (2015)	575	678	862	1034	516	685	867	910	586	759	906	1067

İlk deneme yılında mevsimlik su tüketimleri konulara göre 593-1032 mm arasında, 2015 deneme yılında ise 516-1034 mm arasında değişmiştir. Genellikle her bir sulama aralığında uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketimi de artmıştır. Yerfıstığı su tüketimiyle ilgili çok sayıda araştırma sonucunu özetleyen (Boote, 1983), lizimetre ve tarla koşullarında, erkenci çeşitlerle en yüksek ürünün mevsimlik su tüketiminin 600 mm ve daha fazla olduğu durumlarda alındığını açıklamıştır.

Kheira (2009), yerfıstığında maksimum mevsimlik su tüketimi 488 mm ile tam sulama konusundan elde edilmiştir. Kısıntılı sulama konuları verimi önemli derecede olumsuz etkilemiştir.

4.5. Yerfıstığı Dane Verimi

Deneme konularından elde edilen yerfıstığı dane verimleri Çizelge 4.6-4.7’de verilmiştir. Çizelge’de görüleceği gibi yerfıstığı dane verimleri

incelendiğinde; 2014 yılında ortalama olarak 2700-5300 kg ha⁻¹, 2015 yılında ise 1960-4420 kg ha⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.6. Konulardan Elde Edilen Yerfıstığı Dane Verimleri (kg ha⁻¹) (2014)

Konular	Yineleme				Konu Ortalaması
	I	II	III	IV	
SA ₁ -50	3050	3650	3300	3200	3300
SA ₁ -75	3850	4000	3550	3600	3750
SA ₁ -100	4300	4800	4700	4400	4550
SA ₁ -125	4600	5000	5200	4850	4910
SA ₂ -50	3400	3800	3400	3900	3630
SA ₂ -75	4300	4000	4400	3900	4150
SA ₂ -100	4850	4950	4500	4390	4670
SA ₂ -125	5150	5500	5600	4950	5300
SA ₃ -50	2400	3000	2850	2550	2700
SA ₃ -75	3750	3200	3400	3050	3350
SA ₃ -100	4300	3650	4400	3400	3940
SA ₃ -125	4700	4100	4250	4850	4480

Çizelge 4.7. Konulardan Elde Edilen Yerfıstığı Dane Verimleri (kg ha⁻¹) (2015)

Konular	Yineleme				Konu Ortalaması
	I	II	III	IV	
SA ₁ -50	2790	2910	2660	2990	2840
SA ₁ -75	3510	3660	3340	3410	3480
SA ₁ -100	3890	3920	3960	4010	3950
SA ₁ -125	4240	4330	4440	4300	4330
SA ₂ -50	2780	3060	2850	2990	2920
SA ₂ -75	3510	3720	3390	3690	3580
SA ₂ -100	3940	4320	4150	4220	4160
SA ₂ -125	4290	4420	4350	4620	4420
SA ₃ -50	1750	2090	2150	1850	1960
SA ₃ -75	2290	2560	2310	2440	2400
SA ₃ -100	3140	3480	3080	3280	3250
SA ₃ -125	3460	3700	3520	3810	3620

Deneme konularından elde edilen 2014 ve 2015 dane verimine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8-4.9’da verilmiştir. İlk deneme yılı varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyleri interaksyonu istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. İkinci deneme yılı varyans analizi sonucunda; ilk deneme yılına benzer olarak sulama aralığı x sulama

düzeyleri interaksyonu istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.8. Verime İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	365090	121697	1.3613	0.3411
Sul. Aralığı (SA)	2	5506317	2753158	30.7979	0.0007*
Hata 1	6	536367	89394.4	1.0678	0.4058
Sul. Düzeyi (I)	3	1.95e+7	6507058	77.7265	<.0001*
SA * I	6	138783	23130.6	0.2763	0.9432
Hata 2	27	2260369	83717		
Genel	47	28328098			

*CV(%)=7.1

Çizelge 4.9. Verime İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	360240	120080	10.9239	0.0076*
Sul. Aralığı (SA)	2	8781629	4390815	399.4424	<.0001*
Hata 1	6	65954.2	10992.4	0.9465	0.4789
Sul. Düzeyi (I)	3	1.7e+7	5661169	487.4384	<.0001*
SA * I	6	245338	40889.6	3.5207	0.0105*
Hata 2	27	313581	11614		
Genel	47	26750248			

*CV(%)=3.16

İlk yıl verim değerlerine ilişkin LSD gruplandırması ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. 2014 yılı yerfıstığı verim değerleri sulama aralığı bakımından incelendiğinde; ortalama olarak 3615 - 4437 kg ha⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek verim değerleri SA₂ sulama aralığında elde edilirken, en düşük verim ise SA₃ konularından elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı Sulama Aralığında Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)

Konular	Verim (kg ha ⁻¹)
SA ₁	4128 (B)
SA ₂	4437 (A)
SA ₃	3615 (C)

LSD(0.05)=258.7

Yerfistığı verim değerleri 2014 yılında sulama düzeyleri açısından incelendiğinde ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11). I-125 konusu ilk sırada yer alırken, I-50 sulama düzeyi ise en düşük verim değerleri ölçülmüştür.

Çizelge 4.11. Farklı Sulama Düzeylerinde Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)

Konular	Ortalama Verim (kg ha ⁻¹)
I-50	3208 (D)
I-75	3750 (C)
I-100	4387 (B)
I-125	4896 (A)

LSD(0.05)=242.4

İkinci deneme yılı yerfistığı verim değerlerine ilişkin LSD gruplandırması ise Çizelge 4.12’de verilmiştir. En yüksek verim değerleri SA₂-125 ve SA₁-125 konularından elde edilirken, en düşük verim ise SA₃-50 konusundan alınmıştır.

Çizelge 4.12. Yerfistiğinde Verim Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2015)

Konular	Ortalama Verim (kg ha ⁻¹)
SA ₁ -50	2838 (F)
SA ₁ -75	3480 (D)
SA ₁ -100	3945 (C)
SA ₁ -125	4328 (A)
SA ₂ -50	2920 (F)
SA ₂ -75	3578 (D)
SA ₂ -100	4158 (B)
SA ₂ -125	4420 (A)
SA ₃ -50	1960 (H)
SA ₃ -75	2400 (G)
SA ₃ -100	3245 (E)
SA ₃ -125	3623 (D)

LSD(0.05)=156.4

Reddy ve ark. (1982), Farklı sulama aralığı ve azot dozunun (N) yerfistiği verimi ve besin maddelerine etkisinin araştırıldığı çalışmada 4 farklı sulama aralığı (yığışımli pan buharlaşma değerleri 20, 40, 60, 80 mm' ye ulaşınca) ve dört farklı N dozu 0, 20, 40, 60 kg N ha⁻¹ araştırıldığı çalışmada maksimum verim 3293 kg ha⁻¹ ile 40 mm buharlaşma (yaklaşık 5 gün sulama aralığında) olduğunda elde edilmiştir. Sık sulama uygulamaları 20-40 mm yığışımli pan buharlaşması kök bölgesinde kullanılabilir nem miktarında olumlu etki yapmıştır. En sık sulamaların yapıldığı (20 mm pan buharlaşması) 40 mm buharlaşmayla karşılaştırıldığında oldukça düşük verimle karşılaşmıştır. Bu durum belkide bitki kök bölgesinde havalanmanın ve nodülasyonun zayıf olmasından kaynaklanmıştır.

Yerfistiğinde optimum verimin sağlanabilmesi için bitkinin tüm gelişme dönemlerinde fizyolojik olgunluğa dek yeterli suyun sağlanması gerekmektedir (Rao ve ark., 1988; Meisner ve Karnok 1992; Reddy and Reddy, 1993). Ancak çiçeklenme ve meyve dolum dönemlerini erken vejetatif ve geç olgunlaşma dönemleri karşılaştırıldığında su stresine daha duyarlıdır (Doorenbos ve Kassam,

1986; Howell ve ark., 1980; Black ve ark., 1985; Patel ve Golakiya, 1988; Stirling ve ark., 1989; Wright ve ark., 1991; Jain ve ark., 1997; Reddy ve ark., 2003).

Desai ve ark. (1986), yaptıkları araştırmada 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 katsayılarını uygulayarak yerfıstığını 6, 7, 9 ve 11 defa sulamışlar ve yaz döneminde 2030, 2380, 2430 ve 2130 kg ha⁻¹ kabuklu verim elde etmişlerdir. Kachot ve ark. (1986) yaptıkları araştırmada 0.8, 1.0, 1.2 pan buharlaşma katsayılarıyla 2080, 2250 ve 2310 kg ha⁻¹ kabuklu ürün elde etmişlerdir. Babalad ve Kulkarni (1989) Hindistan'da 1985 yılının yaz mevsiminde yaptıkları denemede yerfıstığında, elverişli kapasite %50'ye düşünce yapılan sulama ile haftada bir suladıkları konulardan 4980 ve 4830 kg ha⁻¹ kabuklu verim almışlardır. Buna karşılık 50, 75, 100 mm birikmiş pan buharlaşması ile suladıkları konulardan ise 4650, 4130, 3400 kg ha⁻¹ ürün elde edilmiştir. Chavan ve ark. (1989), Hindistan'da yaptıkları araştırmada yerfıstığı sulamasında 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 pan buharlaşması katsayılarını ve değişik fosfat seviyelerini kullanmışlardır. Deneme sonunda 1320, 1620, 1880 ve 1740 kg ha⁻¹ kabuklu ürün elde edilmiştir.

Thorat ve ark., (1989) yaptıkları araştırmada farklı sulama programlarının yerfıstığı çeşitlerine etkilerini incelemişlerdir. Sulama konuları olarak 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 katsayıları (125, 83, 63 ve 50 mm birikmiş pan buharlaşmasına karşılık, 50 mm sulama suyu) seçilmiştir. En yüksek verim 14 sulamada 700 mm su verilen (50 mm de sulama, 1 katsayı) konudan SB.11 çeşidinde 3100 kg ha⁻¹, TGI çeşidinde ise 2520 kg ha⁻¹ olmuştur. 50 ve 63 mm birikmiş pan buharlaşması arasındaki fark önemli çıkmamıştır.

Çalışkan ve ark. (2000), Hatay yöresinde II. ürün olarak yetiştirilen Virginia tipi bazı yerfıstığı genotiplerinin verim oluşumuna etkilerini araştırdıkları çalışmada çeşitlerin bölge koşullarına göre meyve verimlerinin 2110-3110 kg ha⁻¹ arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Lamb ve ark. (2010), yağmurlama sulamanın yerfıstığı verimi üzerine etkilerini araştırıldığı çalışmada 4 farklı sulama düzeyi (tam sulama %100, iki kısıntılı %66, %33 ve susuz konu) yürütüldüğü 6 yıllık çalışmada yıllık yağış

dağılımına bağlı olarak kalite parametrelerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Toplam kabuklu meyve ve toplam meyve %100 ve %66 konularında %33 ve susuzla göre daha yüksek çıkmıştır. Toplam ıskarta verimler %100, %66, %33 arasında fark yokken, susuz konudan daha düşük ıskarta değerler elde edilmiştir. Kheira (2009), yerfıstığının tüm gelişme dönemlerinde tam sulama konusu en yüksek verimle sonuçlanırken, suyun kısıtlı olduğu alanlarda bitkinin kritik gelişme dönemlerinde sulama programlaması ya da su stresine çok duyarlı olmadığı dönemde sulama yapılmadan bitki verimliliği ve su kullanım randımanı değerleri artırılabilir.

4.6. Su Kullanım (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)

Konulara göre su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) değerleri 2014 yılı için Çizelge 4.13 ve 2015 yılı için Çizelge 4.14'de verilmiştir.

WUE değerleri 2014 yılında 0.39-0.61 kg m⁻³, 2015 yılında ise 0.32-0.57 kg m⁻³ arasında değişmiştir. IWUE değerleri ise ilk deneme yılında 0.45-0.89 kg m⁻³, ikinci deneme yılında ise 0.37-0.71 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Çizelge 4.13. Konulara Göre Uygulanan Toplam Sulama Suyu, Bitki Su Tüketimi, Verim, Su Kullanma ve Sulama Suyu Kullanma Randımanı Değerleri (2014)

Konular	ET, mm	Sulama suyu, mm	Verim, kg ha ⁻¹	WUE, kg m ⁻³	IWUE, kg m ⁻³
SA ₁ -50	601	406	3300	0.55	0.81
SA ₁ -75	792	602	3750	0.47	0.62
SA ₁ -100	975	797	4550	0.47	0.57
SA ₁ -125	1032	993	4910	0.48	0.49
SA ₂ -50	593	406	3630	0.61	0.89
SA ₂ -75	785	602	4150	0.53	0.69
SA ₂ -100	898	797	4670	0.52	0.59
SA ₂ -125	976	993	5300	0.54	0.53
SA ₃ -50	596	406	2700	0.45	0.67
SA ₃ -75	852	602	3350	0.39	0.56
SA ₃ -100	882	797	3940	0.45	0.49
SA ₃ -125	971	993	4480	0.46	0.45

Çizelge 4.14. Konulara Göre Uygulanan Toplam Sulama Suyu, Bitki Su Tüketimi, Verim, Su Kullanma ve Sulama Suyu Kullanma Randımanı Değerleri (2015)

Konular	ET, mm	Sulama suyu, mm	Verim, kg ha ⁻¹	WUE, kg m ⁻³	IWUE, kg m ⁻³
SA ₁ -50	575	439	2840	0,49	0,65
SA ₁ -75	678	645	3480	0,51	0,54
SA ₁ -100	862	852	3950	0,46	0,46
SA ₁ -125	1034	1059	4330	0,42	0,41
SA ₂ -50	516	413	2920	0,57	0,71
SA ₂ -75	685	608	3580	0,52	0,59
SA ₂ -100	867	802	4160	0,48	0,52
SA ₂ -125	910	996	4420	0,49	0,44
SA ₃ -50	586	411	1960	0,33	0,48
SA ₃ -75	759	604	2400	0,32	0,40
SA ₃ -100	906	797	3250	0,36	0,41
SA ₃ -125	1067	990	3620	0,34	0,37

Deneme konularından elde edilen yerfıstığı su kullanım randımanına ilişkin varyans analiz sonuçları 2014 ve 2015 yılı için Çizelge 4.15-4.16’da verilmiştir.

2014 yılı yerfıstığı su kullanım randımanına ait varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ve sulama düzeyleri istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. 2015 yılı yerfıstığı su kullanım randımanına ait varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.15 ve 4.16).

Çizelge 4.15. Su Kullanım Randımanına (WUE)’ye İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014).

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00704	0.00235	2.1730	0.1923
Sul. Aralığı (SA)	2	0.0968	0.0484	44.8225	0.0002**
Hata 1	6	0.00648	0.00108	0.9225	0.4944
Sul. Düzeyi (I)	3	0.03287	0.01096	9.3607	0.0002**
SA * I	6	0.01525	0.00254	2.1707	0.0775
Hata 2	27	0.03160625	0.001171		
Genel	47	0.19004792			

CV%= 6.94

Çizelge 4.16. Yerfıstığı Su Kullanım Randımanına (WUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00657	0.00219	1.6138	0.2825
Sul. Aralığı (SA)	2	0.26224	0.13112	96.5785	<.0001*
Hata 1	6	0.00815	0.00136	1.3400	0.2742
Sul. Düzeyi (I)	3	0.01382	0.00461	4.5476	0.0105*
SA * I	6	0.02615	0.00436	4.3009	0.0036*
Hata 2	27	0.02735625	0.001013		
Genel	47	0.34428125			

CV(%)=7.24

Yerfıstığı WUE değerleri sulama aralığı açısından incelendiğinde 2014 deneme yılında istatistiksel olarak %5 düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.17). En yüksek WUE değerleri SA₂ sulama aralığında elde edilirken, en düşük WUE değerleri ise SA₃ sulama aralığında elde edilmiştir.

Yerfıstığı WUE değerleri sulama düzeyleri açısından incelendiğinde 2014 deneme yılında istatistiksel olarak %5 düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.18). İstatistiksel gruplandırmada I-50 konusu ilk sırada yer alırken, diğer sulama düzeyleri aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Çizelge’de görüleceği gibi yerfıstığı su kullanım randımanı değerleri incelendiğinde; ortalama olarak 0.464 - 0.534 kg/m³ arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.17. Farklı Sulama Aralığında WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)

Konular	WUE, kg m ⁻³
SA ₁	0.492 (B)
SA ₂	0.548 (A)
SA ₃	0.438 (C)

LSD(0.05)=0.028

Çizelge 4.18. Farklı Sulama Düzeylerinde WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)

Konular	WUE, kg m ⁻³
I-50	0.534 (A)
I-75	0.464 (B)
I-100	0.478 (B)
I-125	0.493 (B)

LSD(0,05)= 0.029

İkinci deneme yılı WUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması ise Çizelge 4.19’da verilmiştir. En WUE değerleri SA₂-50 konusundan elde edilirken, en düşük WUE ise SA₃-50, SA₃-75, SA₃-100 ve SA₃-125 konularından alınmıştır.

Çizelge 4.19. Yerfıstığına WUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2015)

Konular	WUE, kg m ⁻³
SA ₁ -50	0.485 (BC)
SA ₁ -75	0.508 (B)
SA ₁ -100	0.458 (CD)
SA ₁ -125	0.420 (D)
SA ₂ -50	0.565 (A)
SA ₂ -75	0.523 (AB)
SA ₂ -100	0.478 (BC)
SA ₂ -125	0.485 (BC)
SA ₃ -50	0.330 (E)
SA ₃ -75	0.320 (E)
SA ₃ -100	0.360 (E)
SA ₃ -125	0.343 (E)

LSD(0,05)= 0.046

Deneme konularından elde edilen yerfıstığı sulama suyu kullanım randımanına (IWUE) ilişkin 2014 ve 2015 yılı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20-4.21’de verilmiştir. 2014 ve 2015 yılında yerfıstığı sulama suyu kullanım randımanına ait varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksyonu istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Sulama Suyu Kullanım Randımanına (IWUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.00677	0.00226	1.6651	0.2722
Sul. Aralığı (SA)	2	0.13738	0.06869	50.6467	0.0002**
Hata 1	6	0.00814	0.00136	0.9691	0.4646
Sul. Düzeyi (I)	3	0.59887	0.19962	142.6365	<.0001**
SA * I	6	0.02604	0.00434	3.1007	0.0193*
Hata 2	27	0.03778750	0.001400		
Genel	47	0.81499167			

CV(%)=6.11

Çizelge 4.21. Sulama Suyu Kullanım Randımanına (IWUE) İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0.01488	0.00496	4.7031	0.0512
Sul. Aralığı (SA)	2	0.17875	0.08938	84.7288	<.0001*
Hata 1	6	0.00633	0.00105	3.8294	0.0068*
Sul. Düzeyi (I)	3	0.27195	0.09065	329.0824	<.0001*
SA * I	6	0.03771	0.00629	22.8176	<.0001*
Hata 2	27	0.00743750	0.000275		
Genel	47	0.51706667			

CV(%)=3.33

2014 ve 2015 yılına ait yerfıstığı IWUE değerlerine ilişkin LSD gruplandırması ise Çizelge 4.22’de verilmiştir. En yüksek IWUE değerleri her iki deneme yılında SA₂-50 konusundan elde edilirken, en düşük verim ise SA₃-125 konusundan alınmıştır.

Çizelge 4.22. Yerfıstığına IWUE Değerlerine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014, 2015)

Konular	IWUE, kg m ⁻³	
	2014	2015
SA ₁ -50	0.808 (B)	0.650 (B)
SA ₁ -75	0.615 (D)	0.535 (D)
SA ₁ -100	0.565 (DEF)	0.460 (EF)
SA ₁ -125	0.485 (GH)	0.413 (G)
SA ₂ -50	0.888 (A)	0.710 (A)
SA ₂ -75	0.688 (C)	0.585 (C)
SA ₂ -100	0.590 (DE)	0.518 (D)
SA ₂ -125	0.533 (FG)	0.443 (F)
SA ₃ -50	0.670 (C)	0.483 (E)
SA ₃ -75	0.560 (EF)	0.400 (G)
SA ₃ -100	0.490 (GH)	0.413 (G)
SA ₃ -125	0.455 (H)	0.373 (H)
	LSD(0.05)=0.054	LSD(0.05)=0.024

Çizelge 4.22’de görüleceği gibi yerfıstığı sulama suyu kullanım randımanı değerleri incelendiğinde; 2014 yılında ortalama olarak 0.455-0.888 kg m⁻³, 2015 yılında ise 0.373-0.710 kg m⁻³ arasında değiştiği görülmektedir.

Pahalwan ve Tripathi (1986), yerfıstığı ile yaptığı denemelerde büyüme periyodunun farklı büyüme safhalarında ve bu safhaların kombinasyonlarının sulanmasında 0.5, 0.7 ve 0.9 pan buharlaşması katsayılarını kullanmıştır. a) Ekimden çiçeklenmeye kadar b) Gineforların oluşması ile meyve teşekkül c) Kabuk gelişmesinden olgunlaşmaya kadar olan devrelerden (c) ve (b) devrelerinde 0.9 katsayı, (a) devresinde 0.7 katsayı en yüksek verimi elde etmiştir. Ürünün sulamaya en çok ihtiyacı olduğu (c) ve özellikle (b) devresinde 0.5 katsayı pazara uygun ürün miktarını oldukça azaltmıştır. Su kullanma randımanı ise 0.7, 0.9 katsayıları ile (a) ve (b) de, 0.9 katsayı ile (c) de en yüksek olmuştur. Jain ve ark. (1997), yerfıstığına bitkinin farklı gelişme dönemlerinde su stresi uygulamışlar ve sonuçta kısıtlı sulama koşullarında çiçeklenme ve kapsül oluşum dönemleri dışındaki gelişme dönemleri su kısıntısı ile su tasarrufu yapılabileceğini belirtmişlerdir. Su stresinin bitki gelişme dönemlerinde birden fazla bir dönemde ortaya çıkmasının WUE’yi arttırdığını belirtmişlerdir. Bitki su stresine en hassas

dönem çiçeklenme dönemi olarak belirtirken, bu dönemi kapsül oluşum dönemi izlemiştir. FAO, (2002) yerfıstığı vejetatif gelişme döneminde oluşturulan su stresinin WUE'yi önemli derecede arttırdığını aynı zamanda toplam kuru madde ve kapsül verimin arttırdığını belirtmiştir.

Kheira (2009), yağmurlama sulama altında kısıntılı sulama programının etkilerinin araştırıldığı çalışmada yerfıstığı farklı gelişme dönemlerinde sulanarak verim ve verim bileşenleri, WUE ve IWUE, belirlenmeye çalışılmıştır. WUE değerleri kısıntılı sulama konularında 0.45-0.61 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

4.7. Yerfıstığında Kimi Morfolojik Özellikler

Farklı sulama konularının NC-7 yerfıstığı çeşidinde kimi morfolojik özellikler (hasat indeksi, yaprak alan indeksi) üzerine etkilerine ilişkin bulgular izleyen paragraflarda sunulmuştur.

4.7.1. 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 dane verimi (kg); DM, birim alandan elde edilen toprak üstü toplam kuru madde ağırlığı (kg)'dır.

Deneme konularından elde edilen 2014 ve 2015 yılı yerfıstığı hasat indeksine (HI) ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23-4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Yerfıstığı Hasat İndeksine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2014)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0,00141	0,00047	1,1780	0,3937
Sul. Aralığı (SA)	2	0,03518	0,01759	44,2042	0,0003**
Hata 1	6	0,00239	0,0004	0,3292	0,9156
Sul. Düzeyi (I)	3	0,14027	0,04676	38,6886	<,0001**
SA * I	6	0,00482	0,0008	0,6648	0,6785
Hata 2	27	0,03263125	0,001209		
Genel	47	0,21669792			

CV(%)=10.42

Her iki yılda HI'ya ait varyans analizi sonucunda; sulama aralığı ve sulama düzeyleri istatistiksel olarak %5 hata düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Yerfıstığı Hasat İndeksine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (2015)

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F	Prob > F
Yineleme (R)	3	0,00125	0,00042	1,0870	0,4236
Sul. Aralığı (SA)	2	0,03255	0,01627	42,4565	0,0003*
Hata 1	6	0,0023	0,00038	0,3204	0,9205
Sul. Düzeyi (I)	3	0,11778	0,03926	32,8189	<,0001*
SA * I	6	0,00452	0,00075	0,6293	0,7055
Hata 2	27	0,03230000	0,001196		
Genel	47	0,19070000			

CV(%)=0.65

2014 ve 2015 yılı HI değerlerine ilişkin LSD gruplandırması ise Çizelge 4.25'de verilmiştir. Her iki yılda SA₂ sulama aralığı birinci sınıfta yer almıştır. SA₃ sulama aralığında ise en düşük HI değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı Sulama Aralığında Hasat İndeksine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014, 2015)

Konular	Hasat indeksi	
	2014	2015
SA ₁	0.332(B)	0.311 (B)
SA ₂	0.368(A)	0.345 (A)
SA ₃	0.301(C)	0.281 (C)
	LSD(0.05)=0.017	LSD(0.05)=0.016

Yerfıstığı HI değeri 2014 ve 2015 yılında sulama düzeyleri açısından incelendiğinde ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.26). I-125 konusu her iki deneme yılında ilk sırada yer alırken, I-50 sulama düzeyi ise en düşük HI değeri saptanmıştır.

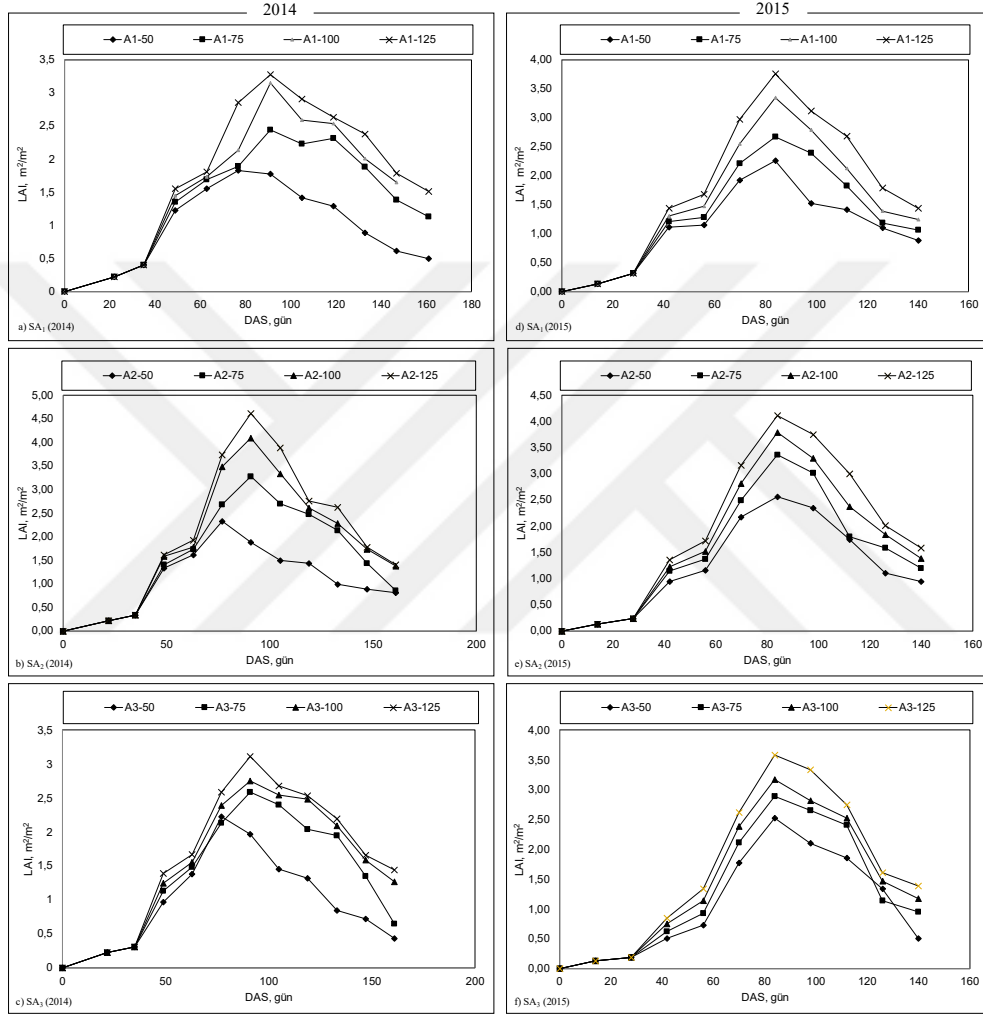
Çizelge 4.26. Farklı Sulama Düzeylerinde Hasat İndeksine İlişkin LSD Sınıflandırması (2014)

Konular	Hasat indeksi	
	2014	2015
I-50	0.263(C)	0.246 (D)
I-75	0.300(B)	0.287 (C)
I-100	0.374(A)	0.344 (B)
I-125	0.397(A)	0.373 (A)
	LSD(0.05)=0.029	LSD(0.05)=0.0289

4.7.2. Yaprak alan indeksi (LAI)

Araştırma süresince alınan yaprak alanları yaprak alan ölçer ile ölçülmüş ve yaprak alan indeksi hesaplanmıştır. Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri 2014 yılı için Şekil 4.3a-c’de verilmiştir. Maksimum LAI değeri genel olarak 1.83-4.62 arasında değişmiştir. Maksimum LAI değeri yerfıstığı bitkisi çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır. Her bir sulama aralığında I-50 sulama düzeylerini oluşturan parsellerde en düşük LAI değeri ölçülmüştür. Konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamansal değişimleri 2015 yılı için Şekil 4.3d-f’de verilmiştir. Maksimum LAI değeri genel olarak 2.26-4.11 arasında değişmiştir. Maksimum LAI değeri yerfıstığı bitkisi

çiçeklenme döneminde ulaşılmıştır. Her bir sulama aralığında I-50 sulama düzeylerini oluşturan parsellerde en düşük LAI değerleri ölçülmüştür.



Şekil 4.3. a-f. Konulara ilişkin LAI'lerin zamansal değişimleri (2014, 2015)

4.8. Hastalık gözlemi, patojenlerin izolasyonu ve tanısı

Yerfıstığı tohumlarının ekiminden çimlenmeye, çimlenmeden ise tüm gelişme dönemlerini kapsayacak şekilde hasada dek bitki koruma problemleri

açısından takip edilerek, gerektiği durumlarda kültürel ve kimyasal mücadeleler yapılmıştır. Yerfıstığı bitkisinin farklı dönemlerinde deneme parsellerinde tel kurdu ve yeşil kurt zararlısına rastlanmış ve zararlı ile mücadele için etkin maddesi %5 Emomectin benzoate ve chlorpyrifos 2 kez uygulanmıştır.

4.9. CROPGRO-Yerfıstığı Modeli Simulasyon sonuçları

4.9.1. Yerfıstığı NC-7 çeşidine ait genetik katsayılar

CROPGRO- yerfıstığı V4.7.5’de yeralan genotip veri dosyasında herbir yerfıstığı çeşidinin gelişme ve büyüme özelliklerini tanımlayan genetik katsayıları içerir. Ancak, belirtilen katsayıların bitkinin büyüme ve gelişimini tahmin etmek amacıyla araştırmanın yürütüldüğü koşullarda kalibre edilmesi gerekir. CROPGRO- yerfıstığı modelinde herbir yerfıstığı çeşidi için 15 genetik katsayı kullanılmaktadır (Hoogenboom ve ark., 1999) (Çizelge 4.27)

Çizelge 4.27. CROPGRO- yerfıstığı modelinde NC7 çeşidine ait genetik katsayılar

Katsayı	Açıklamalar	Değeri
CSDL	Kritik kısa gün uzunluğu (reproduktive dönemde), h	10.84
PPSEN	Bitki gelişimin fotoperiyoda zamanla oransal tepkisi, 1/h	0.0
EMFL	Bitki çimlenmesi ile çiçek görünümü süresi (R1), fototermal gün	24.3
FLSH	İlk çiçek oluşumu - ilk kapsül oluşum süresi (R3), fototermal gün	8.0
FL-SD	İlk çiçek oluşumu ile ilk dane oluşum süresi (R5), fototermal gün	23.4
SD-PM	İlk tohum (R5) ile fizyolojik olgunluk (R7) süresi, fototermal gün	84.5
FL-LF	İlk çiçek oluşumu (R1) - yaprak büyümesinin durması süresi,	88.0
LFMAX	En yüksek fotosentez oranı (30 °C, 350 ppm CO ₂), mg CO ₂ m ² -s	1.45
SLAVR	Standart koşullarda yaprak alanı, cm ² g ⁻¹	270
SIZLF	En yüksek tam yaprak boyutu, cm ²	20.0
XFRT	Maksimum günlük büyüme oranı (tohum + kabuk), g	0.94
WTPSD	En yüksek tohum ağırlığı, g	1.0
SFDUR	Kapsülde tohum doldurma süresi, fototermal gün	38.0
SDPDV	Kapsül başına ortalama tohum sayısı, sayı/kapsül	1.65
PODUR	Kapsül oluşumu için geçen optimum süre, fototermal gün	30.0

CROPGRO- yerfıstığı modelinde kalibrasyon aşamasında NC-7 yerfıstığı çeşidine ait olan ve fenolojik aşamaları etkileyen genetik katsayıları DSSAT V4.7.5 modeli içinde yer alan GLUE genetik katsayısı hesaplama alt modeli ile belirlenmiştir (Hunt ve ark., 1993). Bu amaçla simüle edilen ve gözlemlenen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme elde edilene kadar “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır. Gözlenen ve tahmini değerler $\pm\%$ 10 benzeştiğinde mevcut genetik katsayılar kabul edilmiştir. Kalibrasyon için yerfıstığı bitkisinde çiçeklenmeye ulaşma zamanı, olgunlaşmaya ulaşma zamanı gibi bazı fenolojik olaylara ilişkin bilgiler ve yerfıstığı verimi, toplam kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi (LAI) gibi veriler kullanılmıştır. NC-7 yerfıstığı çeşidine ilişkin genetik katsayılar Çizelge 4.27’de verilmiştir.

4.9.2. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini çiçeklenmeye varış süresi

2014 yılı için gözlenen ve simüle edilen çiçeklenmeye varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.28’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi için gözlenen günlerin 49 ila 57 gün arasında değiştiği, simüle edilen değerlerin ise tüm konularda birbirinden farksız ve 53 gün olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen çiçeklenme günleri arasında %hata değeri -8.16 ile +7.02 arasında değişmiştir. RMSE ve $RMSE_n$ değerleri 2014 yılı için 2.58 gün ve 4.82 olarak belirlenmiştir. Wallach ve Goffinet (1987), RMSE değerinin tahmini ve gözlenen değerler arasındaki bağıl farkı ifade ederken, simüle edilmiş ve gözlemlenen 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 (Loague ve Green, 1991). Buradan CROPGRO-yerfıstığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfıstığı çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir. Benzer sonuçlar Putto ve ark. (2009) ve Pandey ve ark. (2001) tarafından belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Yerfıstığına farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2014)

Sulama aralığı	Sulama düzeyleri	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	51	53	-3.92
	I-75	53	53	0.00
	I-100	56	53	5.36
	I-125	56	53	5.36
SA ₂	I-50	53	53	0.00
	I-75	54	53	1.85
	I-100	57	53	7.02
	I-125	57	53	7.02
SA ₃	I-50	49	53	-8.16
	I-75	50	53	-6.00
	I-100	53	53	0.00
	I-125	53	53	0.00
RMSE: 2.58 gün		RMSE _n : 4.82		

2015 yılı için gözlenen ve simüle edilen çiçeklenmeye varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.29’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi için gözlenen günlerin 48 ila 58 gün arasında değiştiği, simüle edilen değerin ise tüm konularda 57 gün olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen çiçeklenme günleri arasında %hata değeri -18.70 ile +1.72 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2015 yılı için 4.92 gün ve 9.18 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfıstığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfıstığı çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede uygun olduğunu söylenebilir.

Dugan ve ark. (2011), Gana’nın üç farklı tarım bölgesinde tarla denemelerinde elde edilen veriler ile CROPGRO- yerfıstığı modelini test etmiştir. Modelde iki yerfıstığı çeşidinin ekim tarihi ve ekim yoğunluklarına (9 ve 17 bitki) tepkisini simüle ederek performansı değerlendirilmiştir. Modelde çiçeklenmeye varış süresi gözlemlenen değerlerin ± 5 gün fark ettiği saptanmıştır. Sonuçta, modelin ekim tarihi ve ekim yoğunluğuna bağlı olarak yerfıstığı büyümesini ve verimini tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Çizelge 4.29. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde çiçeklenmeye varış süresi (2015)

Sulama aralığı	Sulama düzeyleri	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	51	57	-11.7
	I-75	53	57	-7.55
	I-100	58	57	1.72
	I-125	58	57	1.72
SA ₂	I-50	50	57	-14.0
	I-75	54	57	-5.56
	I-100	58	57	1.72
	I-125	58	57	1.72
SA ₃	I-50	48	57	-18.7
	I-75	49	57	-16.3
	I-100	53	57	-7.55
	I-125	53	57	-7.55
RMSE: 4.92 gün		RMSE _n : 9.18		

4.9.3. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini olgunluğa varış süresi

2014 yılı için gözlenen ve simüle edilen olgunluğa varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.30'da sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde olgunluğa varış zamanları için gözlenen günlerin 153 ila 165 gün arasında değiştiği, simüle edilen değerlerin ise 154 ile 159 gün arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen olgunluğa varış zamanları arasında % hata değeri -2.60 ile +3.64 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2014 yılı için 3.81 gün ve 2.39 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfıstığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfıstığı olgunluğa varış süresini simüle etmede mükemmel performans göstermiştir. Sonuçlar Guled ve ark. (2012) ile uyum içerisindedir.

Parmar ve ark., (2013) DSSAT CROPGRO- yerfıstığı V4.5 modelini Gujarat, Hindistan'da iki ekim tarihini ve 3 yerfıstığı çeşidinde test etmişlerdir. Modelle simüle edilen fenolojik evreler ve gözlemlenen fenolojik karşılaştırılmıştır. Sonuçta modelin fenolojik evreleri gözlenen değerlere göre daha yüksek tahmin edildiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Yerfistiğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2014)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	154	157	-1.95
	I-75	155	159	-2.58
	I-100	164	159	3.05
	I-125	164	159	3.05
SA ₂	I-50	156	158	-1.28
	I-75	157	159	-1.27
	I-100	165	159	3.64
	I-125	165	159	3.64
SA ₃	I-50	153	154	-0.65
	I-75	154	158	-2.60
	I-100	160	159	0.63
	I-125	160	159	0.63
RMSE: 3.81 gün		RMSE _n : 2.39		

2015 yılı için gözlenen ve simüle edilen olgunluğa varış zamanları farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.31’de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Yerfistiğinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde olgunluğa varış süresi (2015)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	147	155	-5.44
	I-75	149	158	-6.04
	I-100	156	159	-1.92
	I-125	156	160	-2.56
SA ₂	I-50	145	155	-6.90
	I-75	148	156	-5.41
	I-100	157	158	-0.64
	I-125	157	159	-1.27
SA ₃	I-50	146	154	-5.48
	I-75	147	155	-5.44
	I-100	155	157	-1.29
	I-125	155	157	-1.29
RMSE: 6.29 gün		RMSE _n : 4.15		

Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde olgunluğa varış zamanları için gözlenen günlerin 145 ila 157 gün arasında değiştiği, simüle edilen değerin ise 154 ile 160 gün arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen olgunluğa

varış zamanları günleri arasında % hata değeri -6.90 ile -0.64 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2015 yılı için 6.29 gün ve 4.15 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı olgunluğa varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir.

4.9.4. Yerfistığında gözlenen ve tahmini verim değerleri

2014 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfistığı verim değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.32’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde verim değerleri için gözlenen verimlerin 2700 ila 5300 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, simüle edilen değerin ise 2611 ile 4417 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen verim değerleri arasında % hata değeri -14.32 ile +21.25 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2014 yılı için 462.5 kg ha⁻¹ ve 11.39 olarak belirlenmiştir. Simülasyon sonucunda RMSE değeri % 10’dan az ise mükemmel, 10-20 arasında ise iyi ve 20-30 arasında ise uygun olduğunu belirtmiştir (Loague ve Green, 1991). Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı verimini simüle etmede uygun performans göstermiştir. Benzer sonuçlar Ujinwal ve Patel, (2008) tarafından PNUTGRO modelinde, Pandey ve ark. (2001) tarafından ise CROPGRO modelinde belirlenmiştir. Parmar ve ark. (2013), DSSAT modeli ile simüle edilen yerfistığı verimleri ile gözlenen yerfistığı verimleri arasında ortalama hata yüzdesi %1.6-2.2 arasında değişirken, modelin herbir çeşitte verimi daha düşük tahmin ettiğini vurgulamıştır.

Anothai ve ark. (2008), CROPGRO-yerfistığı modelinde simüle edilmiş yerfistığı verimi ile gözlenen yerfistığı verimleri arasında önemli uyum olduğunu, hata oranlarının oldukça düşük olduğunu belirtmiştir. Halder ve ark. (2017) CROPGRO-yerfistığı modeli ile yerfistığı verimi tahmininde RMSE değerini 114 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.32. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2014)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	3300	3250	1.52
	I-75	3750	4287	-14.32
	I-100	4550	4383	3.67
	I-125	4910	4399	10.41
SA ₂	I-50	3630	3435	5.37
	I-75	4150	4352	-4.87
	I-100	4670	4231	9.40
	I-125	5300	4174	21.25
SA ₃	I-50	2700	2611	3.30
	I-75	3350	3805	-13.58
	I-100	3940	4417	-12.11
	I-125	4480	4405	1.67
RMSE: 462.5 kg ha ⁻¹		RMSE _n : 11.39		

2015 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfıstığı verim değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.33’de sunulmuştur. Sonuçta, farklı sulama düzeylerinde verim değerleri için gözlenen verimlerin 1960 ila 4420 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, simüle edilen değerlerin ise 1994 ile 4932 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen verim değerleri arasında % hata değeri -15.69 ile +7.93 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2015 yılı için 323.9 kg ha⁻¹ ve 9.50 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde verim değerleri (2015)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	2840	2792	1.69
	I-75	3480	4026	-15.69
	I-100	3950	4212	-6.63
	I-125	4330	4684	-8.18
SA ₂	I-50	2920	2803	4.01
	I-75	3580	3296	7.93
	I-100	4160	4507	-8.34
	I-125	4420	4932	-11.58
SA ₃	I-50	1960	1994	-1.73
	I-75	2400	2717	-13.21
	I-100	3250	3568	-9.78
	I-125	3620	3911	-8.04
RMSE: 323.9 kg ha ⁻¹		RMSE _n : 9.50		

Dugan ve ark. (2011), Gana'da iki yerfıstığı çeşidinin ekim tarihi ve ekim yoğunluklarına (9 ve 17 bitki) tepkisini CROPGRO- yerfıstığı modeli ile simüle ederek performansı değerlendirilmiştir. Sonuçta, modelin yerfıstığı verimlerini farklı ekim yoğunluğu koşullarında doğru bir şekilde simüle ettiğini, CROPGRO- yerfıstığı modelin yerfıstığı verimini tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

4.9.5. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini bitki kuru madde değerleri

2014 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfıstığı bitki kuru madde değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.34'de sunulmuştur. Sonuçta, gözlenen bitki kuru madde değerlerinin 10357 ile 12444 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, simüle edilen değer ise 9595 ile 12576 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen bitki kuru madde değerleri arasında % hata değeri -7.49 ile +7.36 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2014 yılı için 533.5 kg ha⁻¹ ve 4.61 olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfıstığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfıstığı bitki kuru madde değerlerini simüle etmede iyi performans göstermiştir

Çizelge 4.34. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde bitki kuru madde değerleri (2014)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	10722	11406	-6.38
	I-75	11700	12576	-7.49
	I-100	12097	11983	0.94
	I-125	12444	11930	4.13
SA ₂	I-50	11193	11757	-5.04
	I-75	12055	12415	-2.99
	I-100	11530	12067	-4.66
	I-125	12119	12077	0.35
SA ₃	I-50	10357	9595	7.36
	I-75	11884	11770	0.96
	I-100	11148	11883	-6.59
	I-125	11676	11855	-1.53
RMSE: 533.5 kg ha ⁻¹		RMSE _n : 4.61		

2015 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfıstığı bitki kuru madde değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Çizelge 4.35’de sunulmuştur.

Çizelge 4.35. Yerfıstığında farklı sulama aralığı ve sulama düzeylerinde bitki kuru madde değerleri (2015)

Sulama Aralığı	Sulama Düzeyi	Gözlenen	Tahmini	% Hata
SA ₁	I-50	10105	8352	17.35
	I-75	11423	11387	0.32
	I-100	11271	12677	-12.47
	I-125	11694	12938	-10.64
SA ₂	I-50	10068	8509	15.48
	I-75	10839	9880	8.85
	I-100	11235	11986	-6.68
	I-125	11333	12765	-12.64
SA ₃	I-50	10103	6747	33.22
	I-75	9986	8339	16.49
	I-100	10467	10722	-2.44
	I-125	10061	11051	-9.84
RMSE: 1516.1 kg ha ⁻¹		RMSE _n :14.15		

Sonuçta, gözlenen bitki kuru madde değerlerinin 9986 ile 11694 kg ha⁻¹ arasında değiştiği, simüle edilen değer ise 8339 ile 12938 kg ha⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. Gözlenen ve simüle edilen bitki kuru madde değerleri arasında % hata değeri -12.64 ile +33.22 arasında değişmiştir. RMSE ve RMSE_n değerleri 2015 yılı için 1516.1 kg ha⁻¹ ve 14.15 olarak belirlenmiştir.

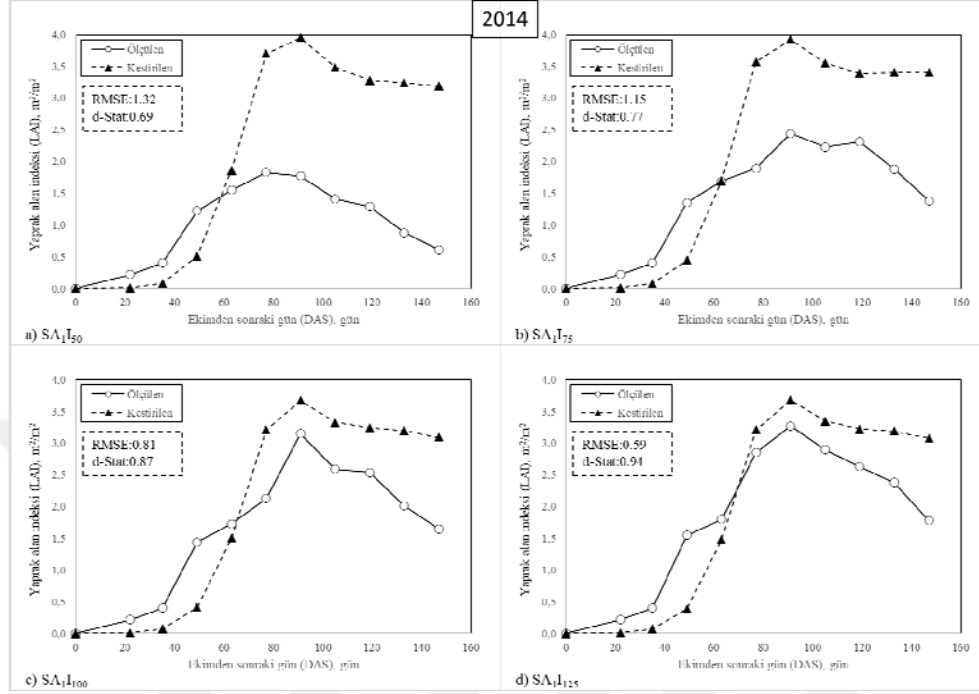
Anothai ve ark. (2008), CROPGRO-yerfıstığı modelinde simüle edilmiş yerfıstığı toplam kuru madde verimi ile gözlenen yerfıstığı kuru madde verimleri arasında önemli uyum olduğunu, hata oranlarının oldukça düşük olduğunu belirtmiştir.

Halder ve ark. (2017) yerfıstığında farklı ekim tarihleri ve gübre kombinasyonlarını karşılaştırmıştır. CROPGRO-yerfıstığı modeli ile yerfıstığı toplam kuru madde tahmininde RMSE değerini 243 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, modelin uyumlu bir şekilde simüle edebildiğini gösterdi.

Dugan ve ark. (2011), Gana'da iki yerfıstığı çeşidinin ekim tarihi ve ekim yoğunluklarına (9 ve 17 bitki) tepkisini CROPGRO- yerfıstığı Modeli ile simüle ederek performansı değerlendirilmiştir. Modelde toplam kuru maddedeki değişiklikler, gözlemlenen değerlerle ($R^2=0.98$) ile önemli ölçüde uyumlu çıkmıştır. Sonuçta, modelin ekim tarihi ve ekim yoğunluğuna bağlı olarak yerfıstığı kuru madde verimini tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

4.9.6. Yerfıstığında gözlenen ve tahmini yaprak alan indeksleri

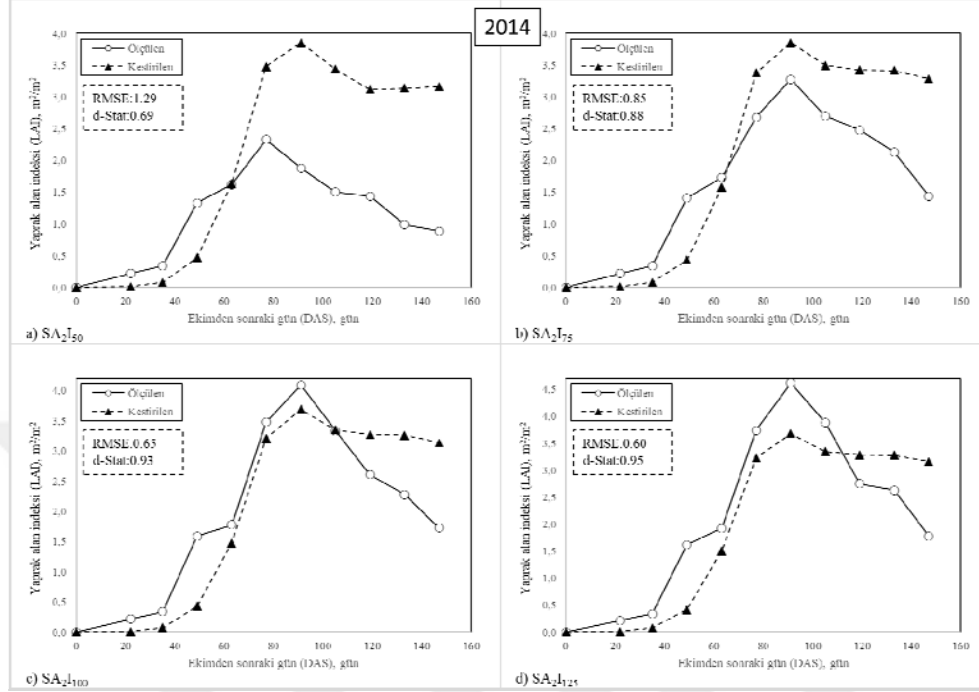
2014 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfıstığı yaprak alan indeksi (LAI) değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Şekil 4.4-4-6'da sunulmuştur. SA₁ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.59 ile 1.32 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.69-0.95 arasındadır. SA₁ sulama aralığında genel olarak kestirilen değerler ölçülen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir. Parmar ve ark. (2013), CROPGRO-yerfıstığı V4.5 modelini Hindistan'da Gujarat bölgesinde 3 yerfıstığı çeşidinde farklı ekim tarihlerini test etmişlerdir. Modelin herbir çeşitte LAI değerlerini daha düşük tahmin etmiştir.



Şekil 4.4. SA1 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)

Dugan ve ark. (2011), Gana'da CROPGRO- yerfıstığı modelini iki yerfıstığı çeşidinin ekim tarihi ve ekim yoğunluklarına (9 ve 17 bitki) tepkisini simüle ederek performansı değerlendirilmiştir. Modelde yaprak alanı indeksi (LAI) değişiklikler, gözlemlenen değerlerle ($R^2=0.81$) ile önemli ölçüde uyumlu çıkmıştır.

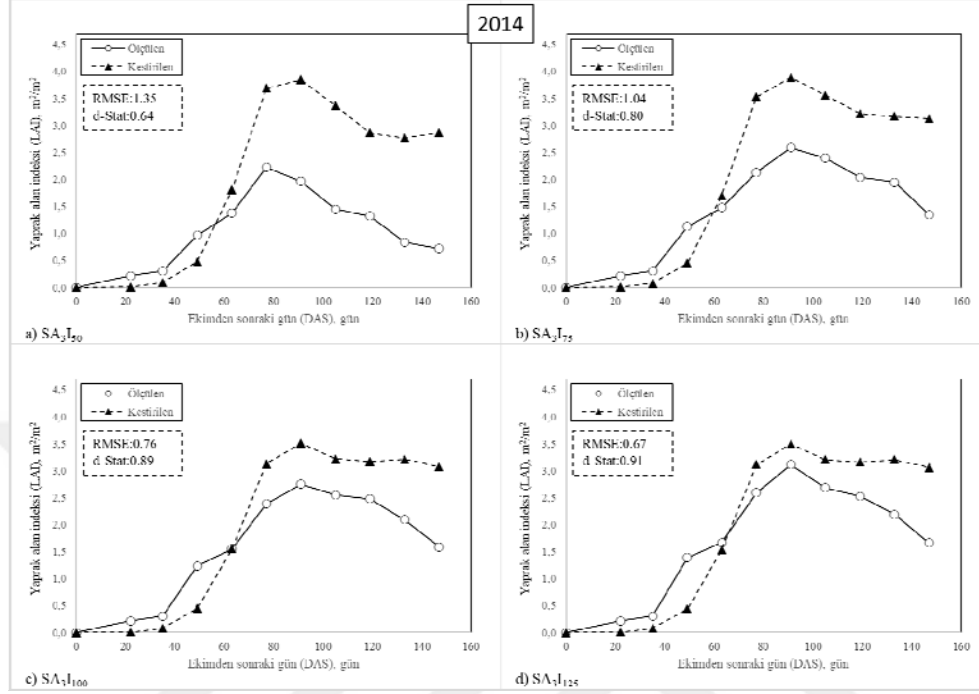
2014 yılına ait SA₂ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.60 ile 1.29 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.69-0.95 arasındadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. SA2 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)

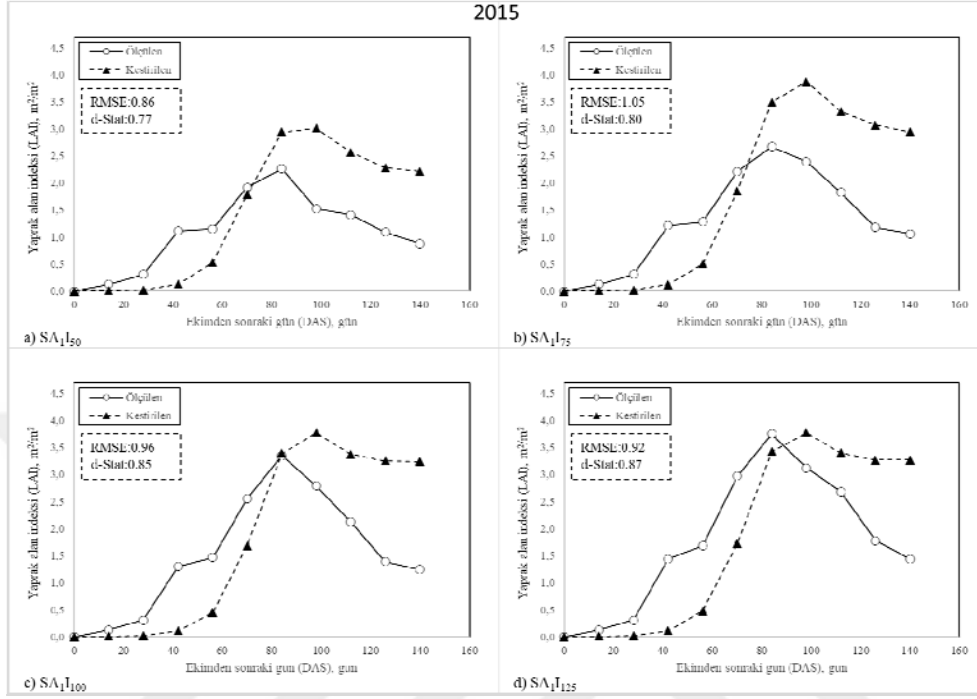
2014 yılına ait SA_3 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.67 ile 1.35 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.64-0.91 arasındadır. SA_3 sulama aralığında genel olarak kestirilen değerler ölçülen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir (Şekil 4.6).

2015 yılı için gözlenen ve simüle edilen yerfıstığı yaprak alan indeksi (LAI) değerleri farklı sulama aralıkları ve su düzeylerinde Şekil 4.7-4.9'da sunulmuştur. SA_1 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.86 ile 1.05 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.77-0.87 arasındadır (Şekil 4.7).

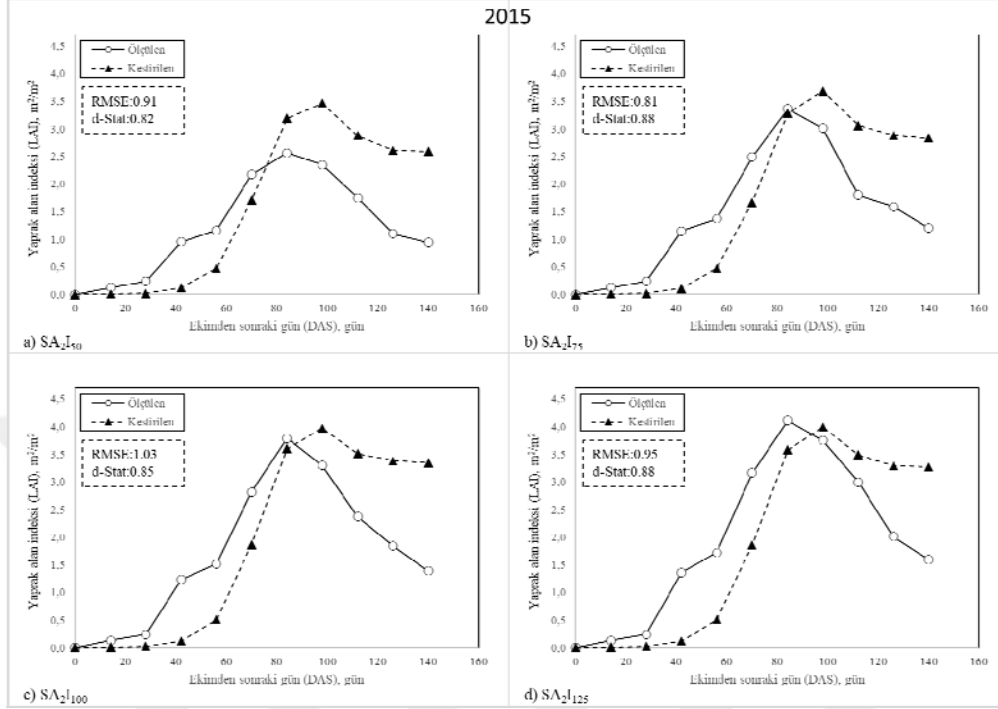


Şekil 4.6. SA_3 sulama aralığında yer alan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2014)

2015 yılında SA_2 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.81 ile 1.03 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.82-0.88 arasındadır (Şekil 4.8).

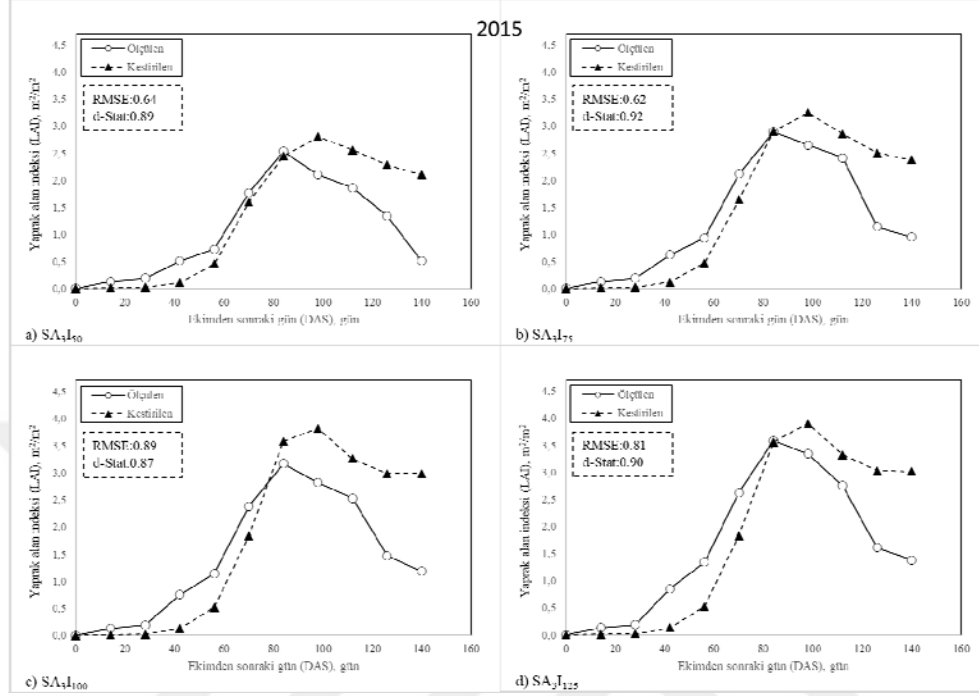


Şekil 4.7. SA₁ sulama aralığında yer alan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)



Şekil 4.8. SA_2 sulama aralığında yer alan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)

2015 yılında SA_3 sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.64 ile 0.89 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.87-0.92 arasındadır (Şekil 4.9).



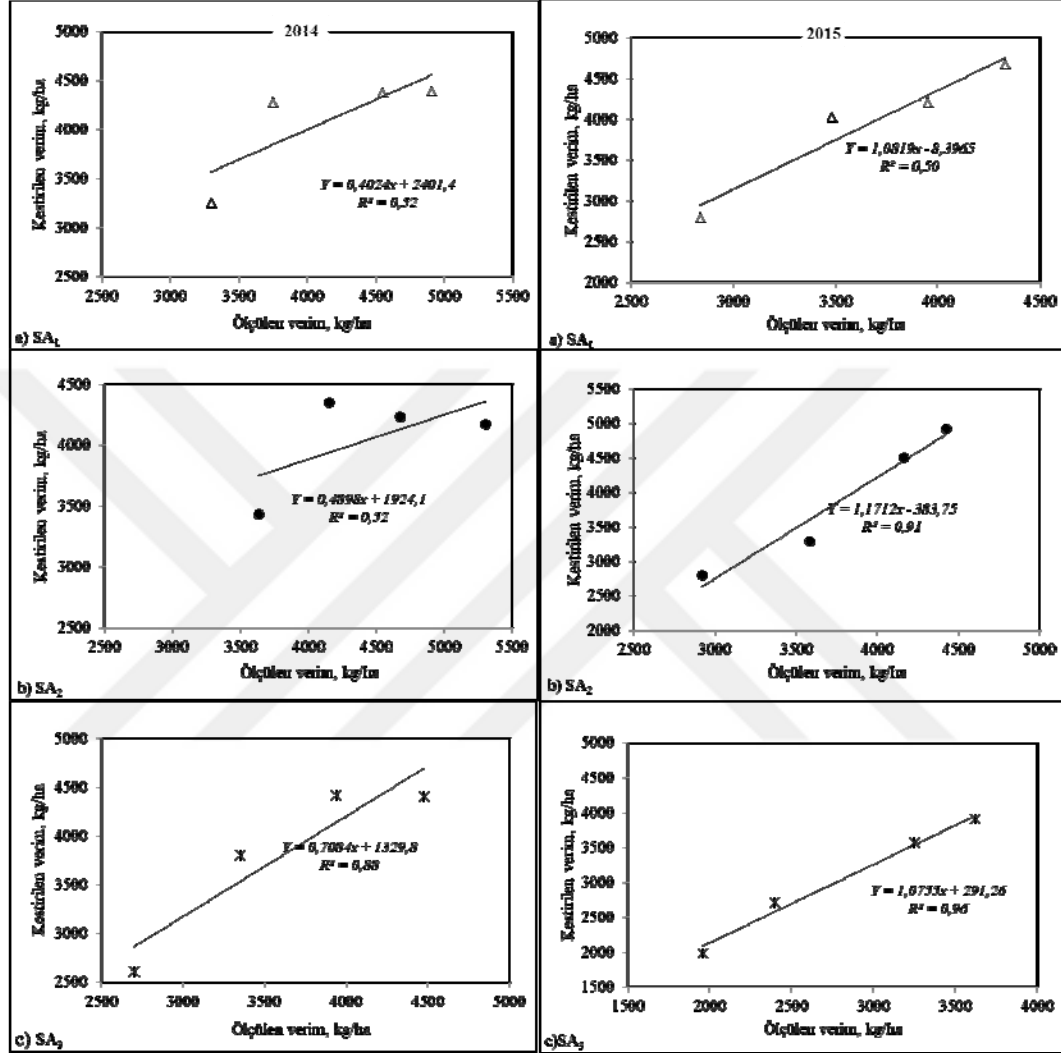
Şekil 4.9. SA_3 sulama aralığında yeralan sulama düzeylerinde ölçülen ve kestirilen yerfıstığı LAI değerlerinin zamansal değişimi (2015)

4.9.7.CROPGRO-yerfıstığı modelinin değerlendirilmesi

CROPGRO- yerfıstığı modelinin performansı simüle edilen ve gözlenen yerfıstığı verimleri, toplam kuru madde verimleri, maksimum LAI ve HI değerleri 2014 ve 2015 yıllarında herbir sulama aralığında karşılaştırılmalı olarak regresyon analizi ile grafiksel olarak şekillerle sunulmuştur. 2014 yılı kalibrasyon yılına ait verilerden, 2015 yılı modelin geçerliliğini belirlemek için kullanılmıştır.

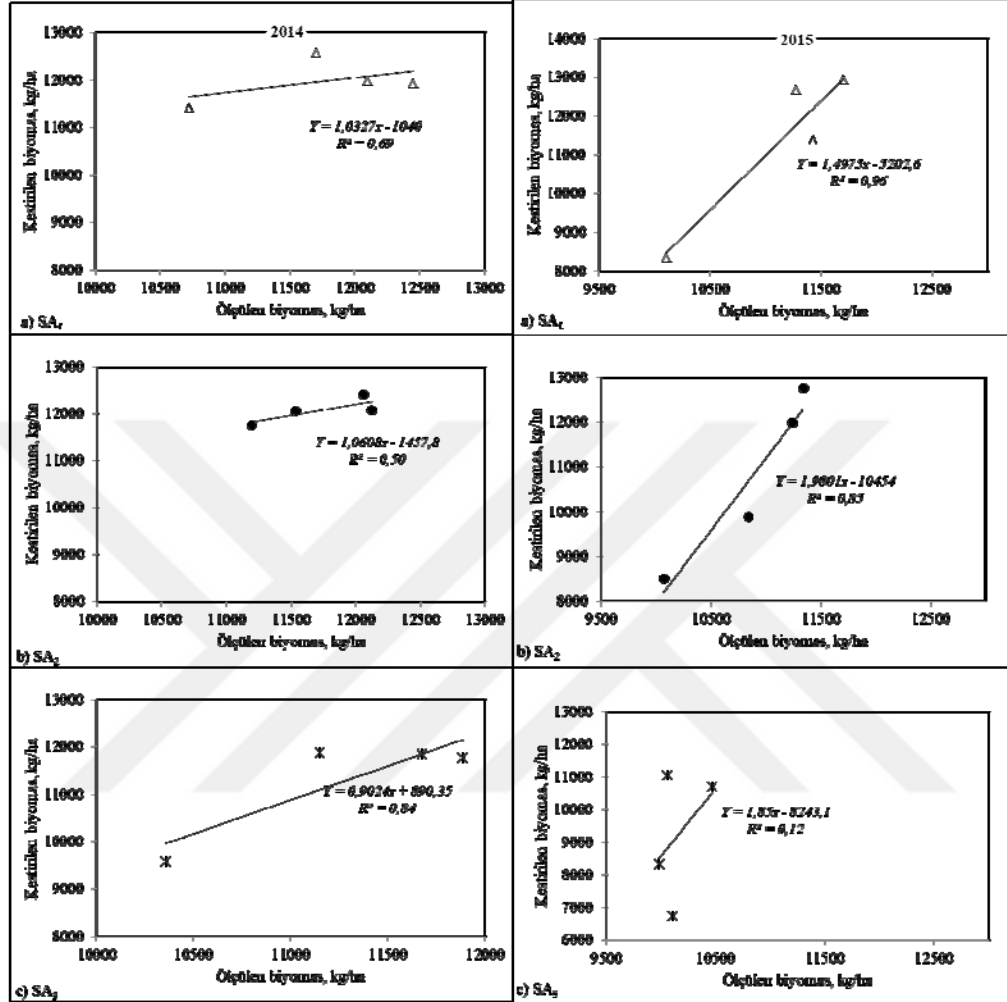
Simüle edilen ve gözlemlenen yerfıstığı verim değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.52-0.88 arasında değişmiştir (Şekil 4.10a-c).

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfıstığı verim değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2015 yılında 0.50-0.96 arasında değişmiştir (Şekil 4.10d-f).



Şekil 4.10a-f. 2014 ve 2015 deneme yılında herbir sulama aralığında ölçülen ve kestirilen yerfıstığı verimleri

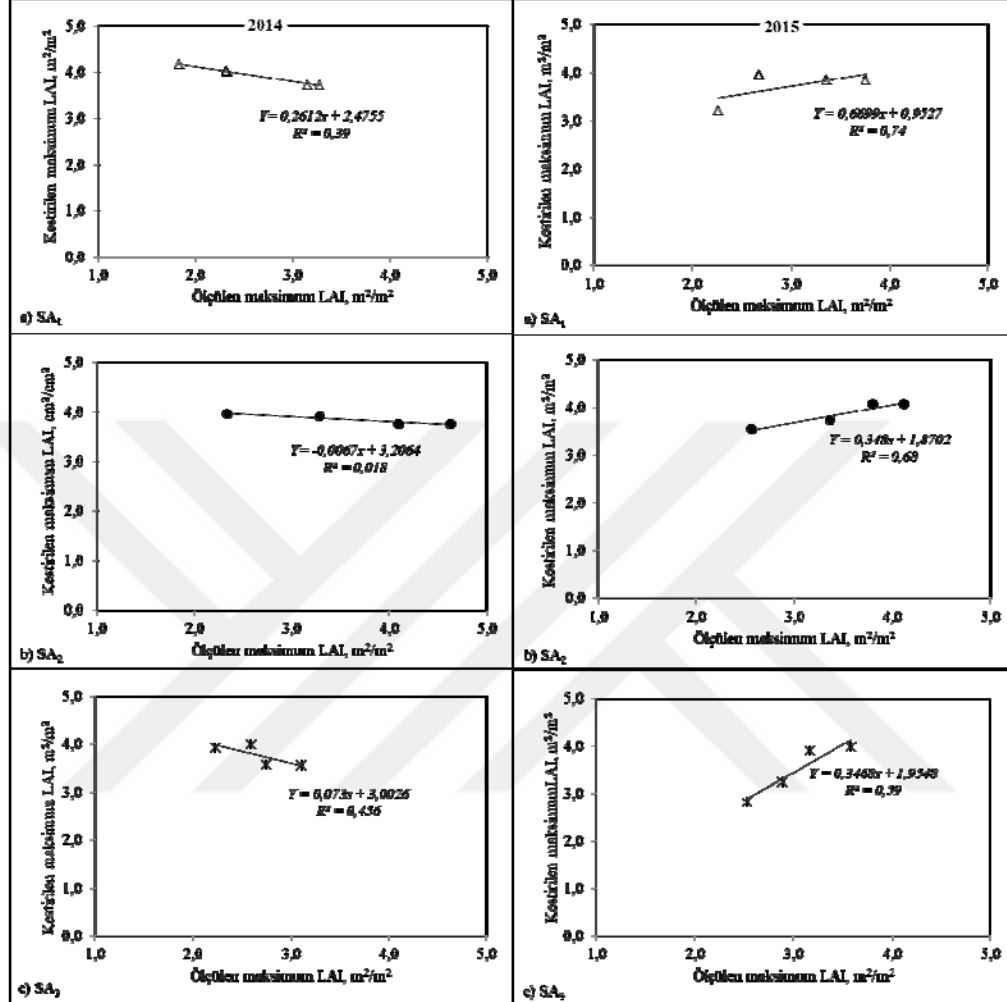
Simüle edilen ve gözlemlenen yerfıstığı toplam kuru madde miktarları değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014 yılında 0.50-0.84 arasında değişmiştir (Şekil 4.11a-c).



Şekil 4.11a-f. Her bir sulama aralığında ölçülen ve kestirilen yerfistığı toplam kuru madde miktarları (2014, 2015)

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfistığı toplam kuru madde miktarları değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2015 yılında 0.12-0.96 arasında değişmiştir (Şekil 4.11d-f).

Simüle edilen ve gözlemlenen LAI değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.018-0.46 arasında değişmiştir (Şekil 4.12a-c).

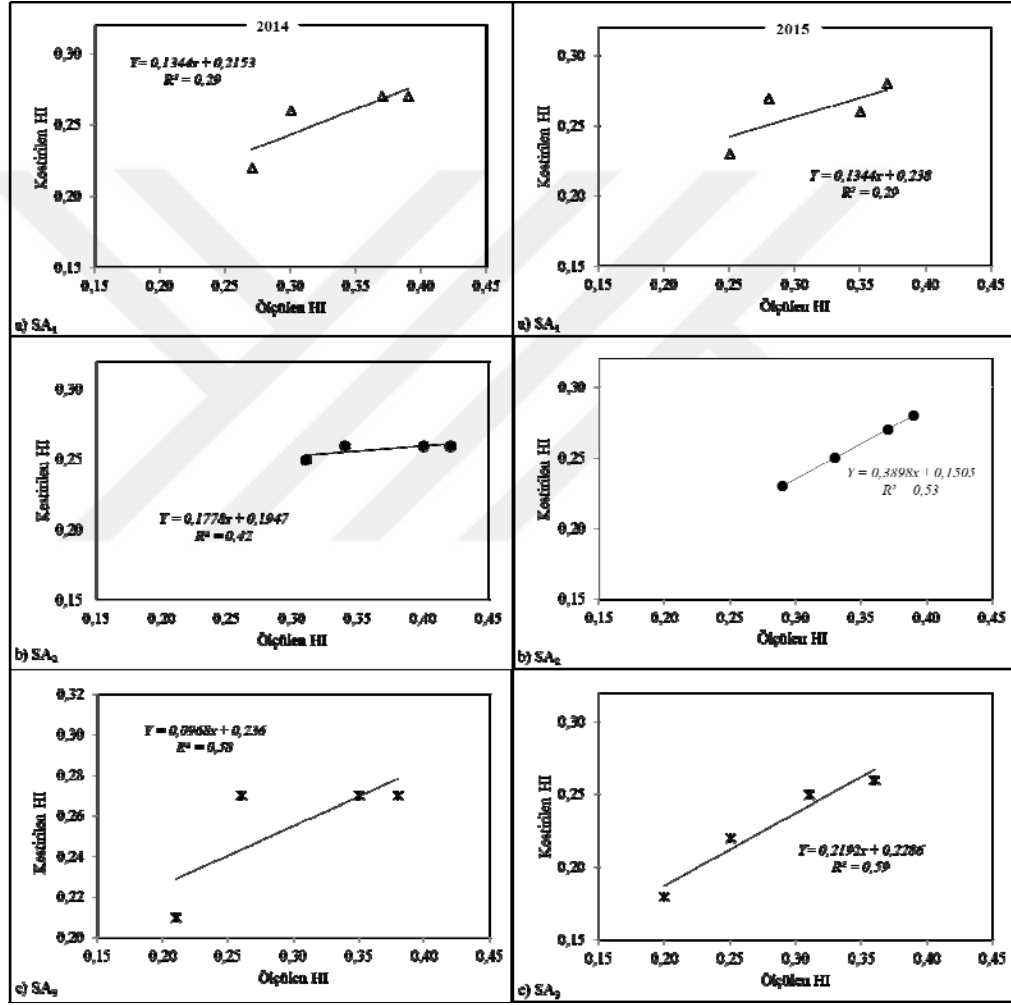


Şekil 4.12a-f. 2014 ve 2015 yılında ölçülen maksimum LAI ile kestirilen maksimum LAI arasındaki ilişki

Simüle edilen ve gözlemlenen LAI değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak değerlendirme yılı olan 2015’de 0.59-0.74 arasında değişmiştir(Şekil 4.12d-f).

CROPGRO- yerfıstığı modelinin performansı simüle edilen ve gözlenen HI değerleri 2014 ve 2015 yıllarında her bir sulama aralığında karşılaştırılmalı olarak regresyon analizi ile grafiksel olarak Şekil 4.13a-f’de sunulmuştur. 2014 yılı

kalibrasyon yılına ait verilerden, 2015 yılı modelin geçerliliğini belirlemek için kullanılmıştır. Simüle edilen ve gözlemlenen HI değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014 yılında 0.29-0.58, 2015 yılında 0.29-0.59 arasında değişmiştir (Şekil 4.13a-f).



Şekil 4.13a-f. 2014 ve 2015 yılında Ölçülen HI ile Kestirilen HI arasındaki ilişki

4.9.8. CROPGRO-yerfıstığı modeli su stresinin farklı gelişme dönemlerinde fotosentez ve bitki gelişimine etkisi

CROPGRO-yerfıstığı modeli ile yerfıstığı bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde sulama aralığı ve sulama düzeylerinden kaynaklanabilecek stresin fotosentez (F) ve bitki gelişmesi (BG) üzerindeki etkisi Çizelge 4.36 ve 4.37’de gösterilmiştir. Çizelge’de “0” değeri stressiz durumu ifade ederken, “1” ise tam stres koşulunu göstermektedir.

Çizelge 4.36. Yerfıstığında farklı gelişme dönemlerinde su stresinin fotosentez ve bitki gelişimine etkisi (2014)

Gelişme dönemleri	SA ₁							
	SA ₁ -50		SA ₁ -75		SA ₁ -100		SA ₁ -125	
	*F	**BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0	0.014	0	0.005	0	0.006	0	0.010
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0	0.045	0	0.018	0	0.031	0	0.022
İlk tohum-Fizyolojik olgun.	0.107	0.191	0.004	0.076	0	0.006	0	0.007
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.060	0.117	0.002	0.047	0	0.010	0	0.010
Ekimden hasada kadar	0.057	0.111	0.002	0.045	0	0.009	0	0.009
Gelişme dönemleri	SA ₂							
	SA ₂ -50		SA ₂ -75		SA ₂ -100		SA ₂ -125	
	F	BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0	0.005	0	0.007	0	0.006	0	0.006
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0	0.018	0	0.009	0	0.009	0	0.004
İlk tohum - Fizyolojik olgun.	0.073	0.140	0.001	0.017	0.002	0.022	0.005	0.016
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.041	0.082	0	0.013	0.001	0.015	0.003	0.011
Ekimden hasada kadar	0.039	0.078	0	0.012	0.001	0.014	0.003	0.011
Gelişme dönemleri	SA ₃							
	SA ₃ -50		SA ₃ -75		SA ₃ -100		SA ₃ -125	
	F	BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0	0.009	0	0.008	0	0.009	0	0.009
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0	0.022	0	0.009	0	0.005	0	0.005
İlk tohum - Fizyolojik olgun	0.239	0.279	0.060	0.104	0.003	0.009	0.003	0.009
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.131	0.159	0.034	0.062	0.002	0.009	0.002	0.008
Ekimden hasada kadar	0.124	0.151	0.032	0.059	0.002	0.008	0.005	0.008

*F: fotosentez; **BG: Bitki gelişimi

Çizelge 4.37. Yerfıstığında farklı gelişme dönemlerinde su stresinin fotosentez ve bitki gelişimine etkisi (2015)

Gelişme dönemleri	SA ₁							
	SA ₁ -50		SA ₁ -75		SA ₁ -100		SA ₁ -125	
	*F	**BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0	0.023	0	0.021	0.002	0.024	0	0.018
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0.007	0.084	0	0.032	0	0.025	0	0.026
İlk tohum-Fizyolojik olgun	0.280	0.38	0.107	0.171	0.023	0.082	0	0.017
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.148	0.219	0.057	0.102	0.013	0.055	0	0.018
Ekimden hasada kadar	0.140	0.207	0.054	0.097	0.012	0.052	0	0.017
	SA ₂							
	SA ₂ -50		SA ₂ -75		SA ₂ -100		SA ₂ -125	
	F	BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0.001	0.028	0	0.023	0	0.018	0	0.190
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0	0.053	0	0.036	0	0.011	0	0.012
İlk tohum-Fizyolojik olgun	0.324	0.367	0.219	0.286	0.092	0.135	0.033	0.050
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.170	0.209	0.115	0.164	0.049	0.080	0.017	0.035
Ekimden hasada kadar	0.161	0.199	0.110	0.155	0.047	0.075	0.017	0.033
	SA ₃							
	SA ₃ -50		SA ₃ -75		SA ₃ -100		SA ₃ -125	
	F	BG	F	BG	F	BG	F	BG
Çıkış - İlk çiçeklenme	0	0.030	0	0.028	0	0.020	0	0.020
İlk çiçeklenme - İlk tohum	0.069	0.192	0.006	0.085	0	0.033	0	0.038
İlk tohum-Fizyolojik olgun	0.418	0.450	0.302	0.356	0.169	0.239	0.140	0.204
Çıkış - Fizyolojik olgunluk	0.228	0.272	0.159	0.208	0.090	0.138	0.074	0.120
Ekimden hasada kadar	0.216	0.258	0.151	0.197	0.085	0.131	0.070	0.114

*F: fotosentez; **BG: Bitki gelişimi

Çizelgelerden görüleceği gibi her iki deneme yılında da herbir sulama aralığında I-50 sulama düzeyleri fotosentez ve bitki gelişimi bakımından yoğun stres belirtileri saptanırken, anılan konuyu I-75 sulama düzeyi izlemiştir. 2014 deneme yılında özellikle en geniş sulama aralığında (SA₃) I-50 ve I-175 sulama düzeylerinde SA₁ ve SA₂'deki I-50 ve I-75 sulama düzeylerine göre daha yüksek stres değerleri tahmin edilmiştir. 2015 deneme yılında ise ilk yıla benzer olarak en geniş sulama aralığı olan SA₃'de tüm sulama düzeylerinde daha yüksek stres

değerleri tahmin edilmiştir. Genel olarak, herbir sulama aralığında azalan sulama suyuna bağlı olarak stres faktörü değerleri artış göstermiştir (Çizelge 4.37).

4.9.9.CROPGRO-yerfistığı modelinin duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi modelleri değerlendirmenin önemli bir yoludur. İklim parametreleri sistematik olarak değiştirilerek modelden yerfistığı verim tahmini yapılmıştır. Bu amaçla model içerisinde yer alan DSSATSens alt modeli ile iklim parametrelerindeki değişikliklere duyarlılığını kontrol edilmiştir.

2014 ve 2015 yıllarında NC7 yerfistığı çeşidinde farklı sulama konuları üzerinde çalışılan CROPGRO- yerfistığı V4.7.5 bitki büyüme modelinin kalibrasyon ve değerlendirme işlemleri yapıp, bölgeye ait 30 yıllık günlük bazda maksimum ve minimum sıcaklıklar, solar radyasyonu, CO₂ içeren iklim parametreleri kullanılmıştır. İklim parametrelerinin yerfistığı verimine etkisini araştırmak için değerlendirme aşamasında en yüksek verim alınan (SA₂-125) konusu üzerinde çalışılmıştır.

Duyarlılık analizinde mevcut ve geleceğe ait iklim koşulları belirtilen aralıkta değiştirilerek oluşturulmuş, bu farklılıkların yerfistığı bitkisinde verim üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla; maksimum ve minimum sıcaklıklar (T) sırasıyla +2, +2.5 ve 3°C arttırılmıştır. Yağış (R) değerleri %-25 ve +%25 olarak ele alınmıştır. Atmosferdeki mevcut 360 ppm olan CO₂ seviyesi ile %50 ve 100 oranında arttırılmış olan 540, 720 ppm CO₂ düzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık, yağış ve CO₂ düzeylerinin tüm kombinasyonları göz önüne alındığında toplam 27 koşul kullanılarak duyarlılık analizi test edilmiştir (Çizelge 4.38). Herbir iklim senaryosunda verimdeki artış veya azalma saptanmış ve değişimi değerlendirmek için için varyasyon katsayısı (% CV) hesaplanmıştır (Çizelge 4.38).

Duyarlılık analizi sonucunda, sıcaklığın normal koşulların üzerinde 2°C, 2.5°C, 3°C artışıyla birlikte yerfistığı veriminde sırasıyla %-4.51, -7.88 ve -10.33 olarak, ortam sıcaklığındaki artış ve buna bağlı olarak gelişme dönemlerinin

kısalmasından kaynaklanmıştır ve artan sıcaklık yerfıstığı verimini önemli ölçüde azaltmıştır. Benzer sonuçlar Mote ve ark. (2018) tarafından CROPGRO- yerfıstığı modeli ile sıcaklığın ± 1 °C arttırılması yerfıstığı veriminde %10-20, 3°C arttırılması ise %39-48 verim azalmasına neden olmuştur.

Yağışın %25 oranında artması yerfıstığı veriminde %0.25, yağışın %25 azalması ise yerfıstığı verimini %4.08 arttırırken, yağıştaki azalma ve artma yerfıstığı verimini önemli ölçüde etkilememiştir.

Çizelge 4.38. Farklı iklim senaryolarının yerfıstığı veriminde etkisi

Sıra No	Denemeler	Verimde Değişim (%)
1	Kontrol	-
2	T=+2°C	-4.51
3	T=+2.5°C	-7.88
4	T=+3°C	-10.33
5	R=+25%	0.25
6	R=-25%	4.08
7	CO ₂ =+360PPM	-5.07
8	CO ₂ =+540PPM	29.17
9	CO ₂ =+720PPM	47.96
10	+2°C,+25%mm,360Ppm	-9.51
11	+2°C,+25%mm,540Ppm	19.79
12	+2°C,+25%mm,720Ppm	32.59
13	+2°C,-25%mm,360Ppm	-9.41
14	+2°C,-25%mm,540Ppm	20.02
15	+2°C,-25%mm,720Ppm	33.02
16	+2.5°C,+25%mm,360Ppm	-12.32
17	+2.5°C,+25%mm,540Ppm	14.66
18	+2.5°C,+25%mm,720Ppm	26.49
19	+2.5°C,-25%mm,360Ppm	-11.40
20	+2.5°C,-25%mm,540Pmm	15.20
21	+2.5°C,-25%mm,720Ppm	24.73
22	+3°C,+25%mm,360Pmm	-14.56
23	+3°C,+25%mm,540Ppm	8.72
24	+3°C,+25%mm,720Ppm	17.44
25	+3°C,-25%mm,360Ppm	-13.59
26	+3°C,-25%mm,540Ppm	8.80
27	+3°C,-25%mm,720Ppm	18.15

Karbondioksitin 360 ppm olduğu mevcut koşullar altında verim %-5.07 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artması yerfıstığı veriminde sırasıyla %+29.17 ve %+47.96 oranında önemli ölçüde verim artışına neden olmuştur. Bu durum, artan CO₂ konsantrasyonunun yerfıstığı verimi üzerinde önemli ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Benzer sonuçlar Mote ve ark. (2018) tarafından CROPGRO–yerfıstığı modeli ile simüle edilmiş ve yerfıstığı veriminin 550 ppm'lik yüksek CO₂ konsantrasyonu koşullarında verimde %41'lik artışla sonuçlanmıştır.

Borjigidai ve ark. (2006), C3 bitkilerinin fotosentezinde yüksek CO₂ ve artan sıcaklığın pozitif bir etkileşime neden olduğunu bildirmiştir.

Sıcaklığın 2°C arttığı, yağışın %25 arttığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-9.51 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış sırasıyla %+19.79 ve %+32.59 olmuştur.

Sıcaklığın 2°C arttığı, yağışın %25 azaldığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-9.41 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış sırasıyla %+20.02 ve %+33.02'dir. Sıcaklığa ilişkin bu analizler sonucunda, sıcaklığın normal koşulların üzerinde 2°C, 2.5°C, 3°C artışıyla birlikte genelde verimde düşüş görülmüştür.

Sıcaklığın 2.5°C arttığı, yağışın %25 arttığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-12.32 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış %+14.66 ve %+26.49 olmuştur.

Sıcaklığın 2.5°C arttığı, yağışın %25 azaldığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-11.40 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış %+15.20 ve %+24.73 görülmüştür.

Sıcaklığın 3°C arttığı, yağışın %25 arttığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-14.56 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış %+8.72 ve %+17.44 olmuştur.

Sıcaklığın 3°C arttığı, yağışın %25 azaldığı ve CO₂'nin 360 ppm olduğu koşullarda verim %-13.59 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artmasıyla verimde artış %+8.80 ve %+18.15 görülmüştür.

Mevcut iklim koşullarında 360 ppm olan CO₂ değerinin %100 artması yerfistığı veriminde %+47.96'lık artışla sonuçlanmıştır. Sıcaklığın 3 °C arttığı, yağışın % 25 arttığı ve CO₂'nin 360 pm olduğu koşullarda ise yerfistığı veriminde en yüksek azalma olan %-14.56 ile sonuçlanmıştır.

Sıcaklık, yağış ve CO₂ kombinasyonu incelendiğinde en yüksek verim artışı %+33.02 ile sıcaklığın 2 °C arttığı, yağışın % 25 azaldığı ve CO₂'nin 720 ppm olduğu koşulda gerçekleşmiştir.

Atmosferik CO₂ içeriğinin artması ile sıcaklık ve su rejimine bağlı olarak yerfistığı veriminde %+8.72 ile %+33.02 oranında değişen verim artış belirlenmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde 2014 ve 2015 yıllarında Tarsus'ta damla sulama sistemiyle sulanan yerfıstığı (NC-7) çeşidinde yürütülen çalışmadan elde edilen proje sonuçlarına ait çıktılar mevcut koşullarda CROPGRO-yerfıstığı V4.7.5 bitki büyüme modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Doğu Akdeniz iklim koşullarında yerfıstığı verimi, fenolojisi, büyüme ve veriminin mevcut koşullarında simülasyonu sağlanarak, ölçülen arazi verileri ile model çıktıları karşılaştırılmıştır. CROPGRO-yerfıstığı (V.4.7.5) modelinin performansı belirlenmiş ve olası iklim değişikliğine duyarlılığı saptamıştır. Çalışmada elde edilen bulgular ve sonuçların kısa bir özeti açıklanmaktadır.

Çalışma, yerfıstığı bitkisinde üç farklı sulama aralığı altında yer alan dört sulama düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 yinelemeli olarak yürütülen çalışmada ana konuları yığılımlı buharlaşma değerlerine göre oluşturulan 3 farklı sulama aralığı ($SA_1: \Sigma E_o = 25 \text{ mm}$; $SA_2: \Sigma E_o = 50 \text{ mm}$; $SA_3: \Sigma E_o = 75 \text{ mm}$), alt konuları ise 4 farklı sulama düzeyi (I) ($I_1 = 0.50$; $I_2 = 0.75$; $I_3 = 1.00$; $I_4 = 1.25$) oluşturmuştur.

Her iki deneme yılına ait yerfıstığı bitkisinin kimi gelişme dönemleri, konulara uygulanan sulama suyu miktarları, konulara ilişkin toprak su içeriklerinin ekimden hasada dek değişimi, bitki su tüketimi değerleri, yerfıstığı bitkisinden elde edilen toplam verim, hasatta toplam kuru madde miktarları, hasat indeksi, yaprak alan indeksi (LAI), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ait bulgular elde edilmiştir. Anılan gözlemlere ilişkin istatistiksel analizler sonucunda kimi parametrelerde sulama aralığı ile sulama düzeyi interaksiyonu 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.

En yüksek verim her iki deneme yılında da SA₂-125 konusundan alınırken, yıllara göre 5300 ve 4420 kg ha⁻¹'dir. Minimum verim değerleri incelendiğinde; en düşük verim değerleri ise SA₃-50 konusundan alınıp 2700 ve 1960 kg ha⁻¹'dir.

Her iki deneme yılına ait WUE ve IWUE değerleri aynı bitki pan katsayılarında incelendiğinde en sık sulama yapılan SA₁ ve en geniş sulama aralığına sahip SA₃ konularında A₂ konularına oranla daha düşük değerler elde edilmiştir. Buradan bölgede özellikle sık (A₁) ve geniş sulama aralığının (A₃) damla sulamayla sulanan yerfıstığı yetiştiriciliğinde uygun olmadığı söylenebilir.

LAI değerleri sulama programından önemli ölçüde etkilenmiştir. En yüksek LAI değerleri 2014 ve 2015 yılında SA₂-125 konusunda belirlenirken, en düşük LAI değerleri ise SA₃-50 konusunda ölçülmüştür.

Önerilen SA₂-125 konusuna uygulanan sulama suyu miktarı deneme yıllarına göre 993 ile 996 mm, mevsimlik su tüketimi ise 976 ile 910 mm arasında değişmiştir. SA₁ sulama aralığında yer alan konularda yıllara göre toplam 30 ve 32 sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 4-7 gün ve 4-6 gün arasında kalmıştır. SA₂ sulama aralığında yer alan konularda her iki deneme yılında toplam 15'er sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 8-12 ve 6-10 gün arasında kalmıştır. En geniş sulama aralığı olan SA₃ sulama aralığında yer alan konularda ise her iki deneme yılında da toplam 10'ar sulama yapılırken, sulama aralığı yığışimli buharlaşma değerine bağlı olarak 12-16 gün ve 10-16 gün arasında değişmiştir.

Sonuçta SA₂-125 konusu Çukurova koşullarında (yığışimli buharlaşma miktarı $\Sigma E_o = 50 \pm 5$ mm olduğunda ve I=1.25 durumunda) damla yöntemi ile sulanan yerfıstığı yetiştiriciliğinde yüksek verim elde etmek amacıyla önerilebilir. Ancak, yerfıstığı bitkisinin ilk gelişme dönemleri ve hasat öncesi son gelişme dönemlerinde su tüketimleri Class A Pan değerlerinden düşük olduğundan bu dönemlerde I:1.25 katsayısı yerine daha düşük I:1.0 katsayısı kullanılabilir.

Çalışmada NC-7 yerfıstığı çeşidine ait olan genetik katsayıların belirlenmesinde diğer bir deyişle kalibrasyon aşamasında CROPGRO-yerfıstığı

modelinde “deneme-yanılma” yöntemi kullanılmıştır. Tahmini ve gözlemlenen fenoloji ve verim arasında yakın bir eşleşme ($\pm\% 10$) elde edilip, benzeşme sağlandığında mevcut genetik katsayılar denemenin yürütüldüğü koşullar için kabul edilmiştir. Kalibrasyon için yerfıstığı bitkisinde çiçeklenme ve olgunlaşmaya ulaşma zamanı gibi bazı fenolojik olaylara ilişkin bilgiler, yerfıstığı verimi, toplam kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi (LAI) gibi veriler kullanılmıştır.

CROPGRO- yerfıstığı modelin performans değerlendirmesinde istatistiksel ve grafiksel olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Grafiksel yaklaşımda ölçülen ve tahmin edilen veriler zamana karşı grafiklenerek ve görsel olarak karşılaştırması yapılmıştır. İstatistiksel yaklaşımda ise hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), normalleştirilmiş hata kareler ortalamasının karekökü (RMSEn) ve uyum indeksi (d) parametreleri kullanılmıştır. CROPGRO- yerfıstığı modelinin değerlendirmesi aşamasında modelin performansı 2015 yılına ait deneme sonuçlarından elde edilen veri kümesini kullanarak yapılmıştır. Bu yaklaşımda, model parametreleri 2015 veri kümesine göre kalibre edilmediğinden, modelin gerçek bir doğrulaması olarak düşünülebilir. Kimi gözlenen verim ve verim bileşenleri ile modelde tahmin edilmiş değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak sunulmuştur

CROPGRO- yerfıstığı modelin performansı simüle edilen ve gözlenen yerfıstığı verimleri, toplam kuru madde verimleri, maksimum LAI ve HI değerleri 2014 ve 2015 yıllarında herbir sulama aralığında karşılaştırılmalı olarak regrasyon analizi ile grafiksel olarak sunulmuştur. 2014 yılı kalibrasyon yılına ait verilerden, 2015 yılı modelin geçerliliğini belirlemek için kullanılmıştır.

Modelin iklim değişikliğine tepkisi duyarlılık analizi ile belirlenmiştir. Bu amaçla modelin iklim dosyasında sırasıyla maksimum ve minimum sıcaklıklar +2, +2.5 ve 3°C arttırılmıştır. Yağış değerleri %-25 ve +%25 olarak ele alınmıştır. CO₂ seviyesi 360, 540, 7200 ppm düzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Artan sıcaklık, artan ve azalan yağış ve artan CO₂ düzeylerinin kombinasyonları göz önüne alındığında toplam 27 koşulda kullanılarak yerfıstığı verimi duyarlılık analizi test edilmiştir.

Gözlenen ve simüle edilen çiçeklenme günleri arasında % hata değeri 2014 yılında -8.16 ile +7.02, 2015 yılında ise -18.70 ile +1.72 arasında değişmiştir.

RMSE değeri 2014 yılı için 2.58 gün, 2015 yılı için 4.92 gün olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede iyi performans göstermiştir.

Gözlenen ve simüle edilen olgunluğa varış zamanları arasında % hata değeri 2014 yılında %-2.60 ile +3.64, 2015 yılında ise %-6.90 ile -0.64 arasında değişmiştir. RMSE değeri 2014 yılı için 3.81 gün, 2015 yılında ise 6.29 gün olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı çiçeklenmeye varış süresini simüle etmede 2014 ve 2015 deneme yılları için mükemmel performans göstermiştir.

2014 yılında gözlenen ve simüle edilen yerfistığı verim değerleri arasında % hata değeri %-14.32 ile +21.25, 2015 yılında ise % -15.60 ile +7.93 arasında değişmiştir. RMSE değeri 2014 yılı için 462.5 kg ha⁻¹, 2015 yılı için ise 323.9 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir.

2014 yılında gözlenen ve simüle edilen bitki kuru madde değerleri arasında % hata değeri %-7.49 ile +7.36, 2015 yılında ise %-12.64 ile +33.22 arasında değişmiştir. RMSE değeri 2014 yılı için 533.50 kg ha⁻¹, 2015 yılında 1516.10 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Buradan CROPGRO-yerfistığı modeli ile farklı sulama zamanı ve sulama düzeyi kombinasyonlarında yerfistığı kuru madde miktarını simüle etmede 2014 yılında iyi, 2015 yılında ise genelde uygun performans göstermiştir.

2014 yılına ait SA₁ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.59 ile 1.32 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.69-0.94 arasındadır. SA₁ sulama aralığında genel olarak kestirilen değerler ölçülen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir. SA₂ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.60 ile 1.29 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.69-0.95 arasındadır. SA₃ sulama aralığında LAI

değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.67 ile 1.35 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.64-0.91 arasındadır. SA₃ sulama aralığında genel olarak kestirilen değerler ölçülen değerlerden daha yüksek tahmin edilmiştir.

2015 yılına ait SA₁ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.86 ile 1.05 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.77-0.87 arasındadır. SA₂ sulama aralığında LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.81 ile 1.03 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.82-0.88 arasındadır. En geniş sulama aralığı olan SA₃'de LAI değerlerine ilişkin RMSE değerleri 0.62 ile 0.89 arasında değişirken, standart sapma (d-Stat) değerleri ise 0.87-0.92 arasındadır.

CROPGRO- yerfıstığı modelinin performansı simüle edilen ve gözlenen yerfıstığı verimleri, toplam kuru madde verimleri, maksimum LAI ve HI değerleri 2014 ve 2015 yıllarında herbir sulama aralığında karşılaştırılmalı olarak regrasyon analizi ile grafiksel olarak şekillerle sunulmuştur. 2014 yılı kalibrasyon yılına ait verilerden, 2015 yılı modelin geçerliliğini belirlemek için kullanılmıştır.

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfıstığı verim değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.52-0.88, 2015 yılında 0.503-0.969 arasında değişmiştir.

Simüle edilen ve gözlemlenen yerfıstığı toplam kuru madde miktarları değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014 yılında 0.50-0.84, 2015 yılında 0.12-0.961 arasında değişmiştir.

Simüle edilen ve gözlemlenen LAI değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014'de 0.61-0.99 arasında, 2015'de ise 0.43-0.92 arasında değişmiştir.

CROPGRO- yerfıstığı modelinin değerlendirmesi aşamasında modelinin performansı 2015 yılına ait deneme sonuçlarından elde edilen veri kümesini kullanarak yapılmıştır. Bu yaklaşımda, model parametreleri 2015 veri kümesine göre kalibre edilmediğinden, modelin gerçek bir doğrulaması olarak düşünülebilir.

Ayrıca, kimi gözlenen verim ve verim bileşenleri ile modelde tahmin edilmiş değerlerle karşılaştırılarak, grafiksel olarak sunulmuştur.

Simüle edilen ve gözlemlenen HI değerleri arasında doğrusal determinasyon katsayısı (R^2) değerleri sulama aralığına bağlı olarak 2014 yılında 0.56-0.72 arasında, 2015 yılında 0.54-1.00 arasında değişmiştir.

Yerfistığında farklı gelişme dönemlerinde su stresinin fotosentez ve bitki gelişimine etkisi incelendiğinde; genel olarak herbir sulama aralığında azalan sulama suyuna bağlı olarak stres faktörü değerleri artış göstermiştir.

Duyarlılık analizi sonucunda, sıcaklığın normal koşulların üzerinde 2°C, 2.5°C, 3°C artışıyla birlikte yerfistığı veriminde sırasıyla %-4.51, -7.88 ve -10.33 oranında azalma saptanmıştır. Yağışın %25 oranında artması yerfistığı veriminde %+0.25, yağışın %25 azalması ise yerfistığı verimini %+4.08 arttırırken, yağıştaki azalma ve artma yerfistığı verimini önemli ölçüde etkilememiştir. CO₂'nin 360 ppm olduğu mevcut koşullar altında verim %-5.07 azalırken, CO₂'nin %50 ve %100 artması yerfistığı veriminde sırasıyla %+29.17 ve %+47.96 oranında önemli ölçüde verim artışına neden olmuştur. Bu durum, artan CO₂ konsantrasyonunun yerfistığı verimi üzerinde önemli ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Sıcaklık, yağış ve CO₂ kombinasyonu incelendiğinde en yüksek verim artışı %+33.02 ile sıcaklığın 2 °C arttığı, yağışın % 25 azaldığı ve CO₂'nin 720 ppm olduğu koşulda gerçekleşmiştir. Atmosferik CO₂ içeriğinin artması ile sıcaklık ve su rejimine bağlı olarak yerfistığı veriminde %+8.72 ile %+33.02 oranında değişen verim artış belirlenmiştir.

Türkiye'de yerfistığı üretiminin artırılması kapsamını değerlendirmek, verim potansiyelini bilmek ve yerfistığı verimini sınırlayan faktörler tanımlamak için ön şarttır. Böyle bir bilgi değerlendirmeyi yapabilmek için yıllar boyunca farklı iklim ve çevre koşullarında arazide araştırma ve proje yürütmek hem büyük işgücü ihtiyacı ve masraf gerektirecektir. Alternatif bir yaklaşım ise geçerliliği kabul edilmiş olan bitki büyüme modellerini kullanmaktır. Bu sayede modeller ile çeşitli bitki yetiştirme tekniklerini değerlendirmek için uzun yıllık iklim verileri

kullanılarak konum veya bölge bazında verim tahmini yapılabilmekte ve uzun vadeli stratejiler oluşturulabilmektedir.

Bölge koşullarına göre kalibre edilen CROPGRO-yerfıstığı modeli ile bitki fenolojisini (çiçeklenmeye ve olgunluğa ulaşma zamanı, LAI'nin zamansal değişimi) simulasyonda oldukça iyi performans göstermiştir. Benzer şekilde yerfıstığı verimi, toplam kuru madde, HI, maksimum LAI tahmininde gözlenen ve tahmini değerler arasındaki fark kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Anılan nedenlerle, CROPGRO-yerfıstığı modeli Doğu Akdeniz koşullarında yerfıstığı (NC-7) fenolojisini ve verimini tahmin etmek için güvenle kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- Adamou, M., Prasad, P. V. V., Boote, K. J. and Detongnon, J., 2005. Disease assessment methods and their use in simulating growth and yield of peanut crops affected by leaf spot disease. *Annals of. App Bio.*, 146: 469-479.
- Aggarwal, P. K., Banerjee, B., Daryaei, M. G., Bhatia, A., Bala, A., Rani, S., Chander, S., Pathak, H. and Kalra, N., 2006. Info-Crop: A dynamic simulation model for the assessment of crop yields, losses due to pests, and environmental impact of agroecosystems in tropical environments. II. Performance of the model. *Agril. Sys.*, 89: 47-67.
- Ahmad, A., 1999. Yield response of groundnut grown under rainfed and irrigated conditions. In: Kirda, C., Moutonnet, P., Hera, C., Nielsen, D.R. (Eds.), *Crop Yield Response to Deficit Irrigation*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 128–135.
- Anothai, J., Patrothai, A., Jogloy, S., Pannagpeth, K., Boote, K.J., Hoogenboom, G., 2008. A sequential approach for determining the cultivar coefficients of peanut lines using an end of season data of crop performance trials, *Field Crop Res.* 108:169–178.
- Babalad, H.B., Kulkarni, G.N., 1989. Effects of irrigation frequencies on growth and yield of summer groundnut. *Field Crop Abstracts* Feb.1989 Vol. 42.
- Bannayan, M., Tojo Soler, C. M., Garcia, A., Garcia, Y., Guerra, L. C., Hoogenboom, G., 2009. Interactive effects of elevated CO₂ and temperature on growth and development of a short and long season peanut cultivar. *Climatic Change*, 93: 389-406.
- Beadle, C.L., 1985. Plant growth analysis. In *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. 2nd Eds. Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P., Scurlock, M.O., Pergoman press, pp. 5-20, Oxford.

- Bhatia, V. S., Singh, P., Wani, S. P., Srinivas, K., 2005. Yield gap analysis of groundnut in India using simulation modeling. Global theme on Agro ecosystems Report No. xx, Patancheru. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Pp 43.
- Black, C.R., Tang, D.Y., Ong, C.K., Solon, A., Simmonds, L.P., 1985. Effect of Soil Moisture Stress on the Water Relations and Water Use of Groundnut Stands. *New Phytol.* 100, 313-328.
- Boote, K.U., 1983. Peanut. "Crop Water Relations. Edited by Teare, I.D. and Peat M.M." A Wiley- Interscience Publ. John Willey and Sons Inc., New York.
- Boote, K.J., Jones, J.W., Mishoe, J.W., Wilkerson, G.G., 1986. Modeling growth and yield of groundnut, *Agrometeorology of Groundnut*, Proceedings of an International Symposium, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger, August 21–26, 1985, Patancheru, AP, India 1986, pp. 243–254.
- Boote, K.J., Jones, J.W., Burgeois, G., 1987. Validation of PNUTGRO, a crop growth simulation model for peanut, 1987 Proceedings of American Peanut Research and Education Society, Inc., vol. 19, p. 40 (July 14–17, 1987, Orlando, Florida).
- Boote, K.J., Jones, J.W., Hoogenboom, G., 1988. Research and management applications of the PNUTGRO crop growth model, in: J.R. Sholar (Ed.). *Proceedings of American Peanut Research and Education Society, Inc.*, vol. 20, 1988, p. 57 (July 12–15, 1988, Tulsa, Oklahoma).
- Boote, K.J., Bennett, J.M., Jones, J.W., Jowers, H.E., 1989. On-farm testing of peanut and soybean models in Florida. ASAE P No. 89-4040. *Am. Soc. Agr. Engr. (ASAE)*, St. Joseph, MI, pp. 54.
- Borjigidai, A., Hikosaka, K., Hirose, T., Hasegawa, T., Okada, M., Kobayashi, K., 2006. Seasonal changes in temperature dependence of photosynthetic rate in rice under a free air CO₂ enrichment. *Ann. Botany*, 97:549– 557.

- Boote, K.J., Ketrang, D.L., 1990. Peanut. In: Stewart, B.A., Nielsen, D.R.. (eds.), Irrigation of Agricultural Crops. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, pp. 675-717.
- Boote, K.J., Jones, J.W., Hoogenboom, G., Pickering, N.B., 1998. The CROPGRO model for grain legumes, in: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, P.K. Thornton (Eds.), Understanding Options for Agricultural Production. Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 99–128.
- Bouman, B.A.M., Van Laar, H.H., 2006. Description and evaluation of the rice growth model ORYZA2000 under nitrogen-limited conditions. *Agricultural Systems* 87:249-273.
- Chauhan, Y. S., Wright, G., Rachaputi, N. R., Krosch, S., Robertson, M., Hargreaves, J., Broome, A., 2007. Using APSIM-soiltemp to simulate soil temperature in the podding zone of peanut. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47, 992–999.
- Chavan, S.A., Kaskar D.R., Thorqt S.T., 1989. Effect of different levels of Irrigation and phosphorus on pod yield of groundnut. *Field Crop Abstracts* Feb. 1989 Vol. 42.
- COMTRADE, 2020. Major Importing and Exporting Countries of Groundnuts. http://www.agriexchange.apeda.gov.in/product_profile/Major_Exporing_Countries.aspx?categorycode=0501.
- Çaldağ, B., 2000. Meteorolojik Faktörlerin Bitki Gelişimine Etkilerinin Bitki-İklim Modelleri İle Belirlenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 175s.
- Çalışkan M.E., Mert M., İşler N., Çalışkan S., 2000. Hatay Yöresinde II. Ürün Olarak Yetiştirilen Virginia Tipi Bazı Yerfıstığı Genotiplerinin Önemli Tarımsal ve Kalite Özellikleri ile Bu Özelliklerin Verim Oluşumuna Etkileri. *Tübitak.Turk J. Agric For* 24: 87-94.

- Çalışkan S., Çalışkan M.E., Arslan M., Arıoğlu H., 2008. Effect of Sowing Date and Growth Duration on Growth and Yield of Groundnut in a Mediterranean- Type Environment in Turkey. *Field Crops Research* 105:131-140.
- Dent, J.B., Blackie, M.J. 1979, *Systems Simulation in Agriculture*. Applied Science, London.
- Desai, N.D., Joshi, R.S., Patel K.R., 1986. Effect of irrigation on growth and yield attributes of summer groundnut India Field Crop Abstracts December 1986 Volume 39 12p.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1986. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome, Italy, 193 pp.
- Dugan, E., Adiku, S. G. K., Dowuona, G. N. N., Laryea, K. B., Kumaga, F., 2011. Application of CROPGRO Peanut model to evaluate groundnut growth and yield in some farming zones of Ghana. *Bioresearch Bulletin*, 5: 322-328.
- English, M.J., Raja S.N., 1996. Perspectives on Deficit Irrigation. *Agric. Water Manage.* 32:1-14.
- Evsahibioglu, N., Benli, B., 1998. EPIC simulasyon modeli yardımıyla bitki verim tahminleri. s. 296-301, Tarım ve Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu (21-23 Ekim 1998, İstanbul).
- FAO, 2002. *Deficit Irrigation Practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISSN 1020-1203. P: 39-46.
- FAO, 2010. Statistical data od crops. www.fao.org.com.
- FAOSTAT, 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/home>
- Gadgil, S., 2000. Farming strategies for a variable climate: An Indian case study. In: *Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, Palisades, New York, 26–28 April 2000. New York, IRI.

- 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.
- Gilbert, R. A., Boote, K. J., Bennett, J. M. 2002. On farm testing of the PNUTGRO crop growth model in Florida. *Peanut Sci.*, 29: 58-65.
- Goldberg, S.D., Gornat B., Sadan D., 1967. Relation Between Water Consumption Peanuts and class A Pan Evaporation During the Growing Season. *Soil Sci.* Vol. 104 (4); 289-296.
- Guled, P. M., Shekh, A. M., Patel, H. R., Pandey, V., Patel, G. G., 2012. Validation of CROPGRO-peanut model in middle Gujarat agroclimatic region. *J. of Agrometeorology*, 14 (2): 154-157.
- Halder, D., Pandab, R.K., Srivastava, R.K., Khoroard, S., 2017. Evaluation of the CROPGRO-Peanut model in simulating appropriate sowing date and phosphorus fertilizer application rate for peanut in a subtropical region of eastern India. *Crop Journal*, 5(4):317-325.
- Hodges, T., Botner, D., Sakamoto, C., Haug, J., 1987. Using the CERESMaize model to estimate production for the US Cornbelt. *Agric. For. Meteorol.* 40, 293-303.
- Hodges, T., 1998. Water and nitrogen applications for potato: commercial and experimental rates compared to a simulation model. *Journal of Sustainable Agriculture* 13, 79/90.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Boote, K.J., 1991. A decision support system for prediction of corn yield, evapotranspiration and irrigation management, irrigation and drain. p. 198-204 *Proc.1991, IR DIV/ASCE, Honolulu.*
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Batchelor, W.D., Bowen, W.T., Hunt, L.A., Pickering, N.B., Singh, U., Godwin, D.C., Baer, B., Boote, K.J., Ritchie, J.T., White, J.W., 1994. Crop models. In: Tsuji, G.Y., Uehara, G., Balas, S. (Eds.), *DSSAT Version 3*, vol. 2. University of Hawaii, Honolulu, HI, pp. 95/244.

- Hoogenboom G., Tsuji, G. Y., Pickering, N. B., Curry, R. B., Jones, J. J., Singh, U., Godwin., D. C., 1995. Decision support system to study climate change impacts on crop production. In: Climate change and agriculture: analysis of potential international impacts. ASA Special Publication No. 59, Madison, WI, USA, pp. 51–75.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Boote, K.J., Singh, U., Uryasev, O., Bowen, W.T., Gijsman, A.J., DuToit, A.S., White, J.W., Tsuji, G.Y., 2004. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0 [CD-ROM], University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Hoogenboom, G., Wilens, P.W., Tsuji, G., 1999. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer, DSSAT version 3, Vol. 4. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Hoogenboom, G., 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. *Agril and for meteorology*. 103: 137-157.
- Hoogenboom, G., C.H. Porter, V. Shelia, K.J. Boote, U. Singh, J.W. White, L.A. Hunt, R. Ogoshi, J.I. Lizaso, J. Koo, S. Asseng, A. Singels, L.P. Moreno, Jones, J.W., 2019. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
- Hook, J. E., 1994. Using the crop models to plant water withdrawals for irrigation in drought years. *Agril. Sys.*, 45: 271-281.
- Howell, T.A., McFarland, M.J., Reddell, D.L., Brown, K.W., Newton, R.J., Dahmen, P., 1980. Response of Peanuts to Irrigation Management at Different Crop Growth Stages. Texas Water Resonurces INst. TR-113 vol. II, Texas A&M University. Stephenville, TX.
- 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., 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.
- ICCAP, 2007. Final report of Turkish Group on the ICCAP: Impact of climatic change on agricultural production system in arid areas (Turkish). ICCAP Pub. No. 12, Kyoto, p 181.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jain, L.L., Panda R.K., Sharma C.P., 1997. Water Stress Response Function for Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) *Agric. Water Manage.* 32, 197-209.
- Jame, Y.V., Cutforth, H.W., 1996. Crop growth models for decision support systems. *Can. J. Plant Sci.* 76: 9–19.
- Jinghua, W., Erda, L., 1996. The impacts of potential climate change and climate variability on simulated maize production in China. *Water, Air and Soil Pollution* 92, 75/85.
- Jones, J.W. Ritchie, J.T., 1990. Crop growth models In: Hoffman, G.J, Howell, T.A., Solomon, K.H. (Eds.), *Management of Farm Irrigation Systems*, Chap. 4, American Society for Agricultural Engineering, pp. 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.
- Jones, J.W., Keating, B.A., Porter, C.H., 2001. Approaches to modular model development. *Agricultural Systems* 70:421-443.

- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18:235–265.
- Joshi, S. N., Kabaria, M. M., 1972. Effect of rainfall distribution on yield of groundnut in Saurashtra. *Indian. J. of. Agric. Sci.*, 42(8): 681-684.
- Kachot, M.A., Patel J.C., Malavia D.D., 1986. Response of summer groundnut to irrigation scheduling based on IW/CPE ratio under varying levels of nitrogen and phosphorus. *Field Crop Abstracts*. Volume 39 No:3.
- Kadıoğlu, M., Ünal Y., İlhan A., Yürük C., 2017. Türkiye'de iklim değişikliği ve tarımda sürdürülebilirlik. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu, <https://www.tgdf.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/iklim-rapor.pdf>.
- Kadiroğlu, A., 2008. Yerfıstığı Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Araştırma Enst. Yayınları, Antalya, 54s.
- Kanber, R., Baştuğ R., Yazar A., 1989. Farklı Toprak, Ekim Zamanı ve Sulama Aralığı Koşullarında Yetiştirilen Yerfıstığında Evapotranspirasyon İle Açık Su Yüzeyi Buharlaşması Arasındaki İlişkiler. *DOĞA Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 13 (3b):1049-1062, Ankara.
- Karunaratne, A., Azam Ali, S., Sasey, A., Dapaah, H. A., Crout, N. 2008. Modelling the effect of temperature, soil moisture and photoperiod on growth and development of bambara groundnut: BAMGRO model. *Proceedings of the 14th Australian Agronomy Conference*.
- Kassam, A.H., Molden D., Fereres E., Doorenbos J., 2007. Water Productivity: Science and Practice-Introduction. *Irr. Sci.* 25:185-188.
- Katre, R. K., Chandrakar, B. S., Bajpai, R. K., Sahu, K. K. and Choudhary, K. K., 1988. Effect of irrigation and phosphorus on pod yield of summer groundnut. *Journal of Oilseeds Research*. 5: 59-65

- Kaur, P., Hundal, S. S., 1999. Forecasting growth and yield of groundnut with a dynamic simulation model PNUTGRO under Punjab conditions. *J. of Agric Sci.*, 133: 167-173.
- Kaur, P and Hundal, S. S., 2006. Effect of Possible Futuristic Climate Change Scenarios on Productivity of Some kharif and rabi Crops in the Central Agroclimatic Zone of Punjab. *J. of Agric. Physics.*, 6(1): 21-27.
- Kheira, A.A.A., 2009. Macro management of deficit-irrigated peanut with sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management* 96: 1409-1420.
- Kulkarni, B. S., Sreenivasa Rao., T. and Krishnakanth, G., 2004. A study on association of combined effect of rainfall patterns on crop yields. *J. of Ind. Soc. Agril. Stat.*, 58 (3): 344-351.
- Kumar, N., Nain, A. S., Sumana, R., Suman, K., 2014. Coalesced impact assessment of climate change through simulation modelling. “Int. Symposium on “New Dimensions in Agrometeorology for Sustainable Agriculture” jointly being organised by G. B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar and Association of Agrometeorologists, Anand. pp-24.
- Lakra., S. A., Nareshkumar, S., 2015. Simulate the impact of sequential climatic stresses on soybean using Infocrop model. *Int. Journal of Scientific Res.* 8 (4): 501-503.
- Lamb, M.C., Sorensen R.B., Nuti, R.C., Rowland, D.L., Faircloth, W:H., Butts Dorner, J.W., 2010. Impact of Sprinkler Irrigation Amount on Peanut Quality Parameters. *Peanut Science* 37:100-105.
- 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.
- Lindsay, 2010. Increasing peanut yields through efficient irrigation solutions. www.lindsay.com, www.zimmatic.com/keycrops/.

- Loague, K., Green, R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. *J. Contam. Hydrol.* 7:51–73.
- Mall, R. K., Lal, M., Bhatia, V. S., Rathore, L. S. and Singh, R., 1998. Mitigating climate change impact on Soybean productivity in India: a simulation study. *Agril. Forest Met.*, 121: 113-12.
- Mann, H.S., 1963. Response of Crops to Fertilizer on Different Soils in India. *Indian J. Agron.* 10, 1-9.
- Mavromatis, T., Jagtap, S. S., Jones, J.W., 2002. El Nino-Southern Oscillation effects on peanut yield and nitrogen leaching. *Climate Res.* 22: 129-140.
- Meisner, C.A., Karnok K.J., 1992. Peanut Root Response to Drought Stress. *Agron. J.* 84:159-165.
- Mete, C., 1988. Tarsus koşullarında universal denklemin K, R, C ve P faktörleri. *Köy Hiz. Araş. Enst. Müd. Gen. Yay. No:145, Rap. Ser. No:84, Tarsus.*
- Mishra, S. K., Shekh, A. M., Yadav, S. B., Anil Kumar, Patel, G. G. Pandey V. And Patel H. R., 2013. Simulation of growth and yield of four wheat cultivars using WOFOST model under middle Gujarat region. *J. of Agrometeorology*, 15(1):43-50.
- Mishra, S. K., Shekh, A. M., Pandey, V., Yadav, S. B., Patel, H. R., 2015. Sensitivity analysis of four wheat cultivars to varying photoperiod and temperature at different phenological stages using WOFOST model. *J. Of Agrometeorology*, 17 (1): 74-79.
- Mote, B.M., Pandey, V., Patil, D.D., 2018. Effects of change in temperature and CO₂ concentration on summer groundnut in middle Gujarat- A simulation study. *Journal of Agrometeorology* 20 (3):219-222.
- Mukhesh, K.U., 2008. Simulation of kharif Groundnut (cv. Robut 33-1 and GG-2) yield using DSSAT model under varied environmental conditions in Middle Gujarat region. M.sc.(Ag).Thesis submitted to AAU, Anand.

- Naab, J. B., Singh, P., Boote, K. J., Jones, J. W., Marfo, K. O., 2004. Using the CROPGRO Peanut model to quantify yield gaps of peanut in the Guinean Savanna Zone of Ghana. *J. of Agron.*, 96: 1231-1242.
- Nautiyal, P.C., Yashi, Y.C., Dayal, D., 2000. Deficit Irrigation Practices. FAO Water Reports No. 22, Rome, Italy, 102 pp.
- Naveen, P., Daniel, K.V., Subramanian, P., Kumar, P.S., 1992. Response of Irrigated Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to Moisture Stress and Its Management. *Indian J. Agron.* 37, 82-85.
- Oğuzer, V., Tülücü, K., 1977. Çukurova koşullarında pamuk, mısır ve yerfıstığı bitkilerinin su gereksinme zamanlarının ve su üretim fonksiyonlarının saptanması, TUBİTAK VI. Bilimsel Toplantısı 17-21 Ekim 1977 Ankara.
- Ong, C.K., 1984. The influence of temperature and water deficits on the partitioning of dry matter in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Exp. Bot.* 35, 746-755.
- Pahalwan, D.P., Tripathi, R.S., 1986. Scheduling of irrigation at different crop growth stages of summer groundnut. West Bengal, India. *Soil and fertilizers*. Vol. 49 No :119.
- Pandey, V., Shekh, A.M., Vadodaria, R.P., Bhatt, B.K., 2001. Evaluation of CROPGRO peanut model for two genotypes under different environment, Paper Presented at the National Seminar on Agro Meteorological Research for Sustainable Agricultural Production at Gujarat Agricultural University, Anand, India.
- Pandey, V., Patel, H. R., Patel, V. J., 2007. Impact assessment of climate change on wheat yield in Gujarat using CERES-wheat model. *J. of Agrometeorology*, 9(2):149-157.
- Parmar, P.K., Patel, H.R., Yadav, S.B., Pandey, V., 2013. Calibration and validation of DSSAT model for kharif groundnut in north-Saurashtra agro-climatic zone of Gujarat. *Journal of Agrometeorology* 15 (1) : 62- 65.

- Patel, M.S., Golakiya, B.A., 1988. Effect of Water Stress on Yield Attributes and Yield of Groundnut Indian J. Agric. Sci. 58:701-703.
- Patel, J. S., Vaishnav, P. R., 2003. Evaluation of different approaches to study the effect of rainfall on groundnut in dry farming area of Gujarat. J. Of Agrometeorology, 5(1): 76-83
- Patel, H. R., Lunagaria, M. M., Karande, B. I., Yadav, S. B., Shah, A. V., Sood, V. K., Pandey, V., 2015. Climate change and its impact on major crops in Gujarat. J. of Agrometeorology, 17 (2): 190-193.
- Patil, D.D., Patel, H.R. 2017. Calibration and validation of CROPGRO (DSSAT4.6) model for chickpea under middle gujarat agroclimatic region. Int. Journal of Agriculture Sci., 9 (27): 4342-4344.
- Plaut, Z., Ben-Hur, M., 2005. Irrigation management of peanut with a moving sprinkler system: Runoff, Yield and Water Use Efficiency. Agronomy J. 97:1202-1209.
- Piper, E. L., Boote, K. J., Jones, W.L., 1998. Evaluation and improvement of crop models using regional cultivars trial data. Trans. ASAE, 14: 435-446.
- Porter, C., Jones, J.W., Braga, R., 2000. An approach for modular crop model development. International Consortium for Agricultural Systems Applications, 2440 Campus Rd., 527 Honolulu, HI 96822, pp. 13.
- Prasad, K.A., Chai, L., Singh, R.P., Kafatos, M., 2006. Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. Int. Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8(1):26-33.
- Putto, C., Patanothai, A., Jogloy, S., Pannangpetch, K., Boote, K.J., Hoogenboom, G., 2009. Determination of efficient test sites for evaluation of peanut breeding lines using the CSM CROPGRO peanut model, Field Crop Res. 110: 272–281.
- Ramachandrappa, B.K., Kulkarni, K.R., Nanjappa, H.V., 1992. Stress Day Index for Scheduling Irrigation in Summer Groundnut. Indian J. Agron. 37, 276-279.

- Ramaraja, A. P., Jagannathan, R., Dheebakaran, G., 2010. Impact of climate change on rice and groundnut yield using PRECIS Regional Climate Model and DSSAT crop simulation model. ISPRS Archives XXXVIII-8/W3 Workshop Proceedings: Impact of Climate Change on Agriculture. Space Applications Centre (ISRO) Ahmedabad.
- Rao, R.C.N., Singh, S., Sivakumar, M.V.K., Srivastava, K.L., William, J.H., 1985. Effect of Water Deficit at Different Growth Phases of Peanut: I. Yield Responses. *Agron. J.* 77, 782-786.
- Rao, R.C.N., William, J.H., Sivakumar, M.V.K., Wadia, K.D.R., 1988. Effect of Water Deficit at Different Growth Phases of Peanut: II. Response to Drought at Preflowering Phase. *Agron. J.* 80:431-438.
- Rao, N. K., Gadgil, S., Seshagiri Rao, P.R., Savithri, K., 2000. Tailoring strategies to rainfall variability: The choice of the sowing window. *Current Sci.*, 78(10): 1216-1230.
- Reddy, S.R., Chalam, P.S., Sankara, Reddi, G.H., Raju, A.P., 1982. Effect of irrigation frequency and nitrogen on groundnut yield and nutrient uptake. *Plant and Soil* 65, 257-263.
- Reddy, C.R., Reddy, S.R., 1993. Scheduling irrigation for peanuts with variable amounts of available water. *Agric. Water Manage.* 23:1-9.
- Reddy, T.Y., Reddy, V.R., Anbumozhi, V., 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: A critical review. *Plant Growth Regul.*, 41: 75-88.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook No:60.
- Ritchie, J. T., 1985. A user-orientated 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:293-307.

- Robertson, M.J., Carberry, P. S., Huth, N.I., Trupin, J.E., Probert, M.E., Poulton, P. L., Bell, M., Wright, G.C., Yeates, S.J., Brinsmead, R.B., 2002. Simulations of growth and development of diverse legume species in ASPM., *Aut. J. Agr. Res.*, 53: 429-446.
- Ross, B.B., 2007. Peanut Irrigation. Peanut Production Guide. P: 64-67
- Sahu, D.D., Patolia, B. M., Asodaria, K.B. 2000. Studies on rainfall pattern and groundnut productivity in Junagadh region. *J. of Agrometeorology*, 2(2): 140-146.
- Srivastava, A. K., Silawat, S., Agrawal, K.K., 2016. Simulating the impact of climate change on chickpea yield under rainfed and irrigated conditions in Madhya Pradesh. *J. of Agrometeorology*, 18 (1): 100-105.
- 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., Yazar A., Canbolat M., Eker S., Celikel G., 2005. Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans. *Agric. Water Manag.* 71:243–255.
- Sezen, S.M., Yazar, A., Kara, O., Tekin, S., Yıldız, M., Yücel, S., Konuşkan, D., Alaç, B., Kurt, C., Subaşı, S., Çolak, Y., 2017. Doğu Akdeniz İklim Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan Yerfıstığında Optimum Sulama Programının Oluşturulması ve Kısıntılı Sulama Stratejilerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TAGEM/TSKAD/14/A13/P02/06 Nolu Proje Sonuç Raporu. 141s, Tarsus.
- Sezgin, F., 1999. Simülasyon tekniği ve tarımda kullanışı. 3. Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu (TBUS-3) (4-6 Ekim 1999, Adana).
- Singh, B., Sandhu, B.S., Khera, K.L., Aujla, T.S., 1986. Groundnut Response to Irrigation and Sowing Time on a Deep Loamy Sand in a Subtropical Monsoon Region. *Field Crops Res.* 13, 355-366.

- Singh, J.M., Singh, B.H., 1994. Effect of rainfall distribution on the yield of groundnut during its growth period. *J. Ind. Soc. Ag. Stat.*, 46 (1): 99-102.
- Singh, P., Boote, K.J., Rao, A.Y., Iruthayaraj, M.R., Sheikh, A.M., Hundal, S.S., Narang, R.S., Singh, P., 1994. Evaluation of the groundnut model Pnutgro for crop response to water availability, sowing dates and seasons. *Field Crops Res.* 39: 147–162.
- Soil Survey Staff, 1975. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Soil Conservation Service, U.S. Dept. Agri. Handbook 436, Washington.
- Stirling, C.M., Black, C.R., Ong, C.K., 1989. The Response of Groundnut to timing of Irrigation II. 14C Partitioning and Plant Water Status. *J. Exp. Bot.* 40:1363-1373.
- Şaylan, L., Durak, M., Çaldağ. B., 1998. Dünya’da ve Türkiye’de Bitki-İklim (Bitki Gelişimi Simülasyon) Modelleri. *Tarım ve Orman Meteorolojisi’98 Sempozyumu*, İstanbul, 21-23 Ekim 1998, s. 275-283.
- Thorat, S.T., Patil, B.P., Khanuilkar, S.A., 1989. Effect of Irrigation schedules on the yield of groundnut in lateritic soils of Konkan. *Indian. Field Crop Abstract.* Nov. 1989 Vol.42 No.11.
- Tosun, K., 1960. Fıstık Su İhtiyacı Deneme Raporu. Tarsus Sulu Ziraat Arst. Enst. 1957-1958-1959 Yılları Araştırma Raporu. TOPRAKSU Umum Müd. Rap. Sayı:3, Umum.28, Tarsus.
- Tsuji, G.Y., Uehara, G., Balas, S., 1994. DSSAT V3, Vols. 1–3, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1994.
- TUIK, 2018. Yerfıstığı üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>.
- 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.

- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara.
- USSL., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, Agriculture Handbook. No:60, p160.
- Wallach, D., Goffinet, B., 1987. Means squared error of prediction in models for studying ecological and agronomic systems, *Biometrics* 43:561–573.
- Whisler, F.D., Acock, B., Baker, D.N., Fye, R.E., Hodges, H.F., Lambert, J.R., Lemmon, H.E., McKinion, J.M., Reddy, V.R., 1986. Crop simulations models in agronomic systems. *Advanced in Agronomy* (40): 140-207.
- Willmott, C.J., Ackleson, S.G., Davis, R.E., Feddema, J.J., Klink, K.M., Legates, D.R., O'Connell, J., Rowe, C.M., 1985. Statistics for the evaluation and comparison of models. *J. Geophys. Res.*, 90(C5): 8995-9005.
- Wright, G. C., Hubick, K. T., Farquhar, G.D., 1999. Physiological analysis of peanut cultivar response to timing and duration of drought stress. *Aus. J. of Agri. Res.*, 42: 453-470.
- Wright, G.C., Hubick, K.T., Farquhar, G.D., 1991. Physiological analysis of peanut cultivar response to timing and duration of drought stress. *Aust. J. Agric. Res.* 42, 453-470.
- Yadav, M. K., Singh, R.S., Singh, K.K., Mall, R.K., Patel, C., Yadav, S.K., Singh, M.K., 2016. Assessment of climate change impact on pulse, oilseed and vegetable crops at Varanasi, India. *J. of Agrometeorology*, 18 (1): 31-32.
- Yadav, S. B., Patel, H.R., Mishra, S.K., Parmar, P.K., Karandey, B.I., Pandey, V., 2017. Impact assessment of climate change on groundnut yield of middle Gujarat region. *Mausam*, 68 (1): 93-98.
- Yao, C., Lei, T., Yang, P., Gao, N., Mao, J., 2003. Experimental study on dynamic root and canopy development of peanuts under different water regimes. In: The 2003 ASAE Annual International Meeting. Riviera Hotel and Convention Center Las Vegas, Nevada, USA.

- Yazgan, S., Tatar, D., 2003. Bitki gelişiminin benzetimi (simülasyonu) (Ceres-Wheat Modeli). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (2):161-166.
- Young, J.H., Cox, F.R., Martin, C.K., 1979. A peanut growth and development model, Peanut Sci. 6:27-36.
- Young, J.H., Rainey, L.J., 1986. Simulation of planting dates, irrigation treatments and defoliation effects on peanut yields using peanut, 1986 Proceedings of American Peanut Research and Education Society, Inc., July 15–18, 1986, Virginia Beach, Virginia, p. 48.
- 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.



ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise eğitimini tamamladıktan sonra, 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde yüksek öğrenime başladım. 2017 yılında lisans eğitimini tamamladım. 2018 yılında askerlik görevini tamamladıktan sonra sırasıyla 2018 ve 2020 yıllarında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama ile İş Güvenliği Anabilim Dallarında yüksek lisans programlarına dahil oldum. Halen yüksek lisans eğitimlerine devam etmekteyim.