

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KONYA İLİNDE
BUĞDAY (*Triticum*) VERİMİNE OLASI ETKİLERİNİN
TAHMİN EDİLMESİ**

Savaş KUŞCU

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN KONYA İLİNDE BUĞDAY (Triticum) VERİMİNE OLASI ETKİLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ

Savaş KUŞCU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

Bu tez çalışması Konya ilinde iklim değişikliğinin buğday verimine olası etkilerinin tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemleri (DSSAT) bitki büyüme modelleri kullanılarak yürütülmüştür. 2017-2018 yıllarında Konya koşullarında Karahan-99 buğday çeşidi kullanılarak yürütülen bu çalışmada ilgili bölgeye ait toprak, bitki ve bitki bakım işlemleri verileri ile meteorolojik gözlem değerleri kullanılmıştır. İklim projeksiyonları olarak, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları temelinde 3 Küresel İklim Modeline (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M) ait 20 km, çözünürlüklü veri setleri kullanılmıştır. Gelecek döneme ait senaryolar için 2020-2040, 2041-2070, 2071-2098 olmak üzere üç ayrı periyotta değerlendirme yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında 2017 ve 2018 yılları verileri ile DSSAT modelinin kalibrasyon ve tahmin kabiliyetleri belirlenmiştir. İkinci kısımda; iklim projeksiyonu verileri bitki simülasyon modeline girdi olarak kullanılarak iklim değişikliklerinin kışlık buğday verimi üzerine olası etkileri ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre Konya ilinde kuru tarım koşullarında buğday veriminde azalışların olacağı tahmin edilmektedir. Kuru tarım koşullarında RCP4.5 senaryosuna göre gelecek dönemlerde %11-13; RCP8.5 senaryosuna göre ise %17-19 aralığında verim düşüşleri olacağı düşünülmüştür.

Şubat 2021, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Buğday, iklim değişikliği, verim tahmini ve modelleme, DSSAT

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

ESTIMATION OF POSSIBLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON WHEAT (TRITICUM) YIELD IN KONYA

Savaş KUŞCU

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department

Supervisor: Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

This study was carried out to estimate the possible effects of climate change on wheat yield in Konya. The research was conducted using Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) crop simulation models. The soil, crop and field management data of the project were used Karahan-99 wheat variety in Konya conditions during 2017-2018 and meteorological data were also used. 20 km resolution data sets of 3 Global Climate Models (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M) based on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios were used as climate projections. The future period was evaluated in three different periods as 2020-2040, 2041-2070 and 2071-2098. In order to evaluate the possible effects of climate change comprehensively, the analyzes were conducted in as rainfed conditions. In the first part of the study, calibration and validation capabilities of DSSAT model was determined with data of 2017 and 2018. In the second part; By using climate projection data as input in crop simulation model, possible effects of climate changes on wheat yield was determined. According to the results of the study, it was predicted that wheat productivity decreases under rainfed conditions in Konya. It was estimated that yield decreases will be 11-13% according to RCP4.5 scenario and 17-19% according to RCP8.5 scenario under rainfed conditions. Crop simulation models are considered as an important support tool for decision makers.

February 2021, 75 pages

Key Words: Wheat, climate change, yield estimation and modelling, DSSAT

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve tavsiyeleri ile nihai sonuca ulaşmamı sağlayan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ufuk TÜRKER' e çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK ve Doç. Dr. Alper Serdar ANLI' ya, tezde kullandığım verilerle ilgili tüm destekleri için Dr. Fatih Özdemir'e ve Dr. Emel Özer'e katkıları için arkadaşlarım Dr. Hüdaverdi GÜRKAN, Osman ESKİOĞLU, Ahmet SAĞLAM, ve beni her zaman destekleyen kıymetli aileme teşekkür ederim.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından Lisansüstü Tez Projesi (Doktora) 19L0447007 proje numarasıyla 24 ay süreyle desteklenmiştir.

Savaş KUŞCU

Ankara, 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 İklim ve İklim Değişikliği	1
1.2 Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Küresel İklim Değişikliği Öngörülleri	2
1.3 Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Türkiye’de İklim Değişimi Öngörülleri	5
1.4 Tarım ve İklim	8
1.5 Dünyada Bitkisel Üretim	8
1.6 Türkiye’de Bitkisel Üretim	11
1.7 Buğday Tarımı, Üretimi ve Önemi	13
1.8 İklim Değişikliğinin Tarıma Etkisi	15
1.9 İklim Değişikliğinin Buğday Üretimine Etkisi	17
1.10 Bitki Büyüme Modelleri	18
1.11 Tezin Amacı	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM	32
3.1 Materyal	32
3.1.1 Buğday üretim verileri	32
3.1.2 Toprak özellikleri	33
3.1.3 Kültürel İşlemler	34
3.1.4 Meteorolojik gözlem verileri	36
3.1.5 İklim projeksiyonları	38
3.2 Yöntem	43
3.3 Değerlendirmede Kullanılan İstatistikî Analiz Yöntemleri	54
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	55
4.1 DSSAT CERES Modeli Kalibrasyonu	55

4.2	DSSAT CERES Modeli Verifikasyonu.....	57
4.3	DSSAT CERES Buğday Verim Projeksiyonları	62
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ	68
	KAYNAKLAR	76
	ÖZGEÇMİŞ.....	88



SİMGELER DİZİNİ

mm	Milimetre
cm	Santimetre
m ²	Metrekare
da	Dekar
ha	Hektar
DAP	Diamonyum Fosfat
dS/m	DesiSiemens/metre
g	Gram
g/cm ³	Gram/santimetreküp
kg	Kilogram
kg/da	Kilogram/Dekar
kg/ha	Kilogram/Hektar
km	Kilometre
MJoule/m ²	Mega Joule/metrekare
m/s	metre/saniye
W/m ²	watt / metrekare
ppm	Milyonda Bir
ppmv	Milyon hacim başına parça
°C	Santigrat derece
EC	Elektriksel İletkenlik

Kısaltmalar

CSM	Bitki Simülasyon Modeli
DSSAT	Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemleri
WOFOST	World FOod STudy
APSİM	Tarımsal Üretim Sistemleri simülatörü
AQUACROP	FAO Bitki Büyüme Modeli
CERES	Ürün Ortamı Kaynak Sentezi
SWAP	Toprak-Su-Atmosfer-Bitki
ETo	Referans Toplam Buharlaşma
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GCM	Küresel İklim Modeli
HI	Hasat İndeksi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IGC	Uluslararası Hububat Konseyi
KİS	Kuraklık İzleme Sistemi
LAI	Yaprak Alan İndeksi
SYİ	Standart Yağış İndeksi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NOAA	Amerika Ulusal Atmosfer ve Okyanus İdaresi
ICTP	The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics
RegCM4.3.4.	Bölgesel İklim Modeli 4.3.4 Sürümü
RCPs	Temsili Konsantrasyon Rotaları

RCP4.5	Radyatif zorlamanın 4.5 W/m ² 'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
RCP6.0	Radyatif zorlamanın 6.0 W/m ² 'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
RCP8.5	Radyatif zorlamanın 8.5 W/m ² 'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
HadGEM2ES	İngiltere Hadley İklim Merkezi, Küresel İklim Modeli
MPI-ESM-MR	Almanya Max Plank Enstitüsü Küresel İklim Modeli
GFDL-ESM2M	Amerika Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı Küresel İklim Modeli
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Mauno Lao istasyonu (Kaynak: https://climate.nasa.gov/)	3
Şekil 1. 2 Buğday ekim alanında önemli ülkeler (Kaynak: IGC.2020).....	10
Şekil 1. 3 Dünya buğday üretiminde ülkeler ve üretimdeki payları	11
Şekil 1. 4 Türkiye’de tahıl ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)	12
Şekil 1. 5 Türkiye iller bazında buğday ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)	13
Şekil 1. 6 Türkiye’de buğday ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)	15
Şekil 3. 1 2017-2018 yıllarında deneme alanı uydu görüntüsü	32
Şekil 3. 2 Konya ili kuraklık analizi	37
Şekil 3. 3 DSSAT iş akış şeması	46
Şekil 3. 4 DSSAT kullanıcı arayüzü.....	48
Şekil 3. 5 DSSAT Deneme alanı bilgi giriş ekranı.....	48
Şekil 3. 6 DSSAT Toprak Sınıflandırma giriş ekranı.....	49
Şekil 3. 7 DSSAT Toprak Profil giriş ekranı	49
Şekil 3. 8 DSSAT Vejetasyon dönemi giriş ekranı	50
Şekil 3. 9 DSSAT Bitki deneme bilgi giriş ekranı	50
Şekil 4. 1 Çiçeklenme tarihleri (2017-2018)	58
Şekil 4. 2 Olgunlaşma tarihleri (2017-2018)	59
Şekil 4. 3 Hasat indeksi (2017-2018)	60
Şekil 4. 4 Verim değerleri (2017-2018)	61
Şekil 4. 5 RCP 4.5 senaryosu Konya buğday verim değişim bandı	65
Şekil 4. 6 RCP 8.5 senaryosu Konya buğday verim değişim bandı	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1 Dünya hububat bilgileri (milyon ton)	9
Çizelge 1. 2 Dünya hububat üretim miktarları (milyon ton).....	9
Çizelge 1. 3 Tarla bitkileri ekiliş ve üretim miktarları	12
Çizelge 3. 1 Toprak analiz sonuçları	34
Çizelge 3. 2 Karahan-99 vejetasyon dönemleri	34
Çizelge 3. 3 Konya iklim özellikleri	36
Çizelge 3. 4 Kullanılan Meteorolojik parametreler.....	38
Çizelge 3. 5 Seçilen iklim modelleri ve senaryoları (Akçakaya vd.2015)....	40
Çizelge 3. 6 Konya kapalı havzası sıcaklık projeksiyonları (MGM. 2019)...	42
Çizelge 3. 7 Konya kapalı havzası yağış projeksiyonları (MGM. 2019).....	42
Çizelge 3. 8 DSSAT bitki listesi	44
Çizelge 3. 9 DSSAT minimum çalışma parametreleri.....	47
Çizelge 3. 10 DSSAT CERES buğday çeşit özelinde genetik katsayı listesi	51
Çizelge 3. 11 DSSAT CERES buğday ekotip özelinde genetik katsayı listesi	51
Çizelge 3. 12 DSSAT CERES buğday bitkisi özelinde genetik katsayı listesi	52
Çizelge 4. 1 DSSAT buğday- Karahan-99 çeşidi özelinde genetik katsayılar	56
Çizelge 4. 2 DSSAT buğday- Karahan-99 ekotip özelinde genetik katsayılar	57
Çizelge 4. 3 DSSAT-buğday gözlem verileri değerlendirilmesi	62
Çizelge 4. 4 DSSAT CERES buğday verimi değişimi	63
Çizelge 4. 5 Vejetasyon dönemi toplam yağış değişimi	67

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimlerin verimini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerin arasında en önemlileri iklim, toprak, çeşitlilik (genotip) ve kültürel işlemlerdir. Bu faktörler ayrı ayrı değerlendirildiğinde, kontrol edilebilirlik oranlarında farklılıklar görülmektedir. Çeşit (genotip), kültürel işlemler ve toprak, müdahale edilebilir veya kısmen iyileştirilebilir olmasına rağmen; iklimde herhangi bir müdahale ya da iyileştirmeden söz etmek mümkün değildir. Bitkisel üretim başarısında verimi doğrudan etkileyen faktörlerin belki de en önemlisi iklimdir. Bu nedenle, üreticiler için hem ürün çeşidinin hem de alınacak verimin belirlenmesinde iklim en belirleyici unsurdur. Genel olarak iklim, "belirli bir zaman diliminde belirli bir konumdaki ortalama hava durumudur" olarak tanımlanmaktadır. Türkeş (2008), olayların atmosferdeki uzun vadeli etkilerini iklim olarak tanımlamaktadır.

1.1 İklim ve İklim Değişikliği

İklim yerküre tarihi boyunca hiçbir zaman durağan olmamış, süreç içerisinde küçük ya da büyük ölçekli değişimler geçirmiştir. Bu durum doğal süreçlerde iklim değişkenliği olarak adlandırılmaktadır. Ancak iklim değişikliği olarak adlandırılan durumun, sanayi devrimi ile birlikte başlayan ve insan faaliyetlerinin artmasıyla paralellik gösteren bir süreç olduğu ortaya konulmaktadır. UNFCCC (1992), iklim değişikliğini, bir dönemde gözlemlenen doğal iklimsel değişimlerin yanı sıra, küresel atmosferin insan faaliyetleriyle doğrudan veya dolaylı olarak tahrip edilmesiyle ortaya çıkan bir durum olarak tanımlamıştır. İklimin, doğal ya da insan etkisiyle gerçekleşen bu değişimleri her zaman öngörülebilir değildir. Tarihsel iklim verilerine bakılarak geleceğe yönelik yorum yapmak her zaman mümkün olmamaktadır. Sıcaklık, yağış, okyanus akıntıları, deniz seviyelerinin düşmesi ya da yükselmesi gibi birçok etmen, iklim üzerinde ciddi değişimler yaratarak, öngörülebilir koşulları değiştirebilmektedir.

1.2 Dünya İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Küresel İklim Değişikliği Öngörülleri

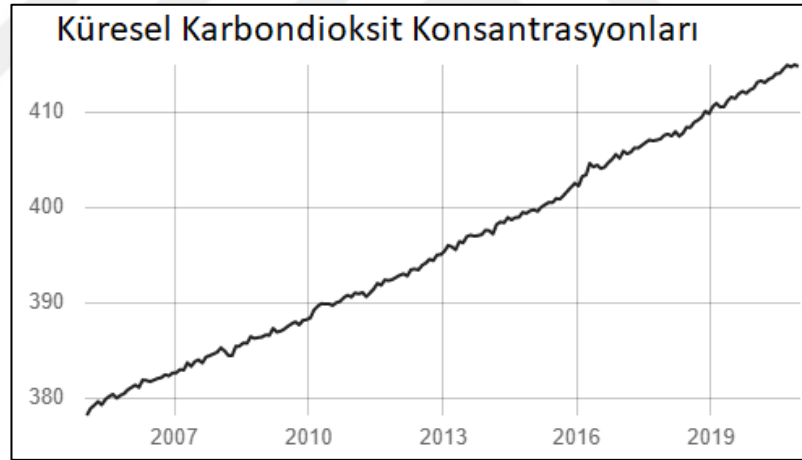
İklim değişikliği, tüm dünya ülkelerinin çeşitli politikalar geliştirdiği gündem maddelerinden biridir. Bu kapsamda Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) düzenlenmiş ve İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli Raporu (IPCC 2013) yayınlanmıştır. Yayınlanan bu raporda, 1950'lerden bu yana iklimde ciddi değişimler kaydedilmiştir. Örneğin yüzey sıcaklığının ortalaması, 1901– 2010 yılları arasında 0.89 °C artmıştır. Aynı zamanda yapılan birçok bilimsel çalışma, sera gazı emisyonunun kontrol dışı bir artış gösterdiğini, okyanusların ısındığını, buzul seviyelerinin düştüğünü belirtmektedir. Özellikle Grönland ve Antarktika'da buz kütlelerinin küçülmesi, buna bağlı olarak da deniz seviyelerinin yükselmeye başlaması da iklim değişikliğinin en belirgin göstergesidir. IPCC (2013), 1901 ve 2010 yılları arasında küresel ortalama deniz seviyesinin 19 cm yükseldiğini belirtmektedir. 1970'lerin başından bu yana, buzulların kütleli kaybı ve ısınmadan dolayı okyanusun ısıl genişmesi, küresel olarak gözlemlenen ortalama deniz seviyesi artışının yaklaşık %75'ini oluşturmuştur.

İklim değişikliğinin önemli bir diğer göstergesi son on yıllarda kryosferde belirgin biçimde gözlenmektedir. Bu değişimlerden başlıca olanları Grönland ve Antarktika'daki buz alanlarının küçülmesi, ayrıca daha güney enlemlerdeki yüksek dağlarda yıl boyunca bulunan buzulların erimesi, Arktik deniz buzlarında görülen dramatik azalışlar olarak sıralanabilir. Eriyen buzullar nedeniyle ve buna ilaveten termal genişleme etkisiyle, deniz seviyesinde özellikle 19. Yüzyılın başından itibaren 19 cm yükselme belirlenmiştir ve bu etkinin yaklaşık %75'i 1970 yılından sonrasına denk gelmektedir (IPCC 2013).

İklim değişimi ve değişkenliğinin etkisi yer ve zaman ölçeğinde büyük değişkenlik gösterir. Bu etki sıcaklıklar için genelde artış eğilimindedir. Ancak yağışlara bakıldığında dünyanın çeşitli bölgelerinde artışlar yaşanırken diğer bölgelerinde ise azalışlar görülebilmektedir. Ayrıca yine sıcaklık kaynaklı ekstrem hava olaylarına bakıldığında örneğin sıcak hava dalgalarının frekans, süre ve şiddetinde artışlar gözlenmektedir (Demirtaş,2018, Piticar ve vd. 2018). Bu durum soğuk hava dalgaları için ise azalış şeklindedir. Dünyanın bazı bölgelerinde kuraklıkların şiddet, süre ve sıklıklarında artışlar tespit edilmektedir. Ülkemizde örneğin İstanbul için ekstrem yağışların süre, şiddet ve

frekansları incelenmiş ve 6 meteoroloji gözlem istasyonunda yağışların şiddetinde belirgin artışlar gözlenmiştir. (Sen ve Aksu 2021). Kuzey Amerika'da ve Avrupa'da kuvvetli yağışların frekansı ve şiddeti artmıştır (Türkeş 2019).

Geçtiğimiz 800.000 yılda, atmosferdeki CO₂, CH₄ ve N₂O birikimi eşi görülmemiş boyutlara ulaşmıştır. 1750'den beri, fosil yakıtın yanmasından kaynaklanan ikincil emisyonlar ve arazi kullanımı değişiklikleri nedeniyle, atmosferdeki CO₂, CH₄ ve N₂O gazı birikimi dramatik biçimde artırmıştır. 2011 yılında bu gazların kümülatif miktarı sanayi çağı öncesi seviyelere göre sırasıyla %40, %150 ve %20 artmış ve 391 ppmv, 1803 ppmv ve 324 ppmv'ye ulaşmıştır. Okyanus doğal bir yutak alan olması nedeniyle, atmosfere insan tarafından salınan karbonun yaklaşık %30'unu absorbe ederek okyanusu asitlendirmiştir (Türkeş 2019). Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun Mauno Loa istasyonunda ölçülen değerleri son 60 yıldaki belirgin artışı ortaya koymaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1. 1 Mauno Lao istasyonu (Kaynak: <https://climate.nasa.gov/>)

Küresel iklim doğal değişkenlik ve antropojenik etki ile değişim göstermektedir. Bu etkilerin ilki sürekli olmak kaydıyla, ikincisinin de devam edeceği öngörülebilecektir.

Tarihsel gözleme dayanan eğilim analizleri geçmiş durumu net olarak ortaya koymakla birlikte, gelecek için yeterli ölçüde yol gösterici olmamaktadır. İklim sistemi karmaşık ve dinamik bir sistemdir. İklim sisteminin kısa vadeli hava tahmin modellerine benzer biçimde dinamik olarak modellenmesi ve bilim insanlarınca kabul gören senaryolara göre

analiz edilmeleri, geleceği iklim açısından öngörülür kılabilir. Küresel iklim modelleri küçük kutular (grid) biçiminde tasarlanmış ortamda dinamik denklemlerin güçlü bilgisayarlarla matematiksel temsilidir.

Model; kütle, enerjinin ve momentumun korunumu gibi fizik yasalarına göre her bir gride denk gelen sıcaklık, yağış ve rüzgâr vb. iklim değişkenlerini matematiksel kurallar kullanarak hesaplanmaktadır (Carter vd.1996). Modellerde atmosfer, okyanus ve kara yüzeylerindeki fiziksel süreçler farklılık göstermektedir. Küresel iklim sistemi tanımlandıktan sonra artan sera gazı emisyonlarına göre model çalıştırılarak gelecek öngörülürleri üretilmektedir.

Küresel iklim modelleri, ilk zamanlarda karbondioksit konsantrasyonlarındaki değişimleri dikkate alırken, bugün volkanik aktivitelerin, buzullardaki değişimlerin, okyanus sirkülasyonlarının toprak kullanımının etkilerinin dahil edilebildiği karmaşık sistemler olmuşlardır. Kurulan modellerin geçmiş veriler kullanılarak kalibrasyonları yapıldıktan ve doğrulukları ortaya konulduktan sonra, model parametrelerinde öngörülen değişikliklere göre gelecekteki yağış, sıcaklık vb. iklim değişkenlerinin alacağı değerler ortaya konulabilir.

Örneğin enerji dengesine dayanan modeller, güneşten gelen enerjinin atmosferdeki sera gazı emisyonlarından kaynaklanan atmosferdeki tutulumu, toprak kullanımı ve buzullardaki değişimlerden kaynaklanan albedo değişimlerini dikkate alarak karbon bütçesini tahmin etmektedirler.

Tüm bunlara ilave olarak bir de paleoiklim çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalar buz karotlarından, ağaçlardan, mağara sarkıtlarından, göl çökellerinden, kayalarından alınan numunelerden geçmişin iklimi hakkında sonuçlar çıkartmaya faydalı olmaktadır. Modeller öncelikle süreçlere etkili parametrelerin belirlenmesi, uygun biçimde matematik modellerin kurulması, uygun yer ve zaman ölçeklerinin seçilmesi ve modelin kurulması, kalibrasyonu ve doğrulanması aşamalarında temsil edici düzeyde veriye sahip olunması halinde daha güvenilir sonuçlar üretebilmektedirler.

İklim modelleri okyanus akıntılarındaki değişimler, toprak kullanımı, buzulların erimesi, atmosfere salınan karbondioksit emisyonu vb. pek çok büyük ölçekli belirsizliği içerisinde barındırmaktadır.

Bilimsel olarak en son, teknik ve sosyo-ekonomik iklim değişikliğini değerlendiren bilimsel bir kuruluş olan IPCC, 20. Yüzyılın ortalarından bu yana küresel ısınmanın çoğunun büyük olasılıkla insan kaynaklı sera gazı emisyonlarından meydana geldiğini belirtmektedir (IPCC 2001). Geleceğin ne getireceğini bilmediğimiz için, bir dizi olası gelecek koşulu veya senaryoyu düşünmemiz gerekmektedir. Gelecek dönemlere ait tahminler yapabilmek için iklim modelleri kullanılmaktadır. IPCC raporları gelecek senaryoları üreterek araştırmacıların yürütmekte oldukları çalışmaların karşılaştırılabilir sonuçlar üretmelerine katkı sunmaktadır. Küresel ölçekte iklim değişikliğinin sonuçlarını ortaya koyan IPCC, karar vericiler nezdinde etkili sonuçlar doğuran çalışmalar yürütmektedir. IPCC tarafından üretilen öngörüler küresel yüzey sıcaklığı değişikliğinin, 21. Yüzyılın sonuna kadar, RCP6.0 ve RCP8.5'e göre olasılıkla 2 °C'yi aşacağını göstermektedir. Okyanusların ısınma eğilimlerinin devam etmesi, okyanus dolaşımını etkilemesi, Arktik deniz buzunda azalmanın sürmesi, karla kaplı alanların azalması, deniz seviyesinde artış önümüzdeki dönem için IPCC raporlarında açıklanan öngörülerin bazılarıdır.

1.3 Türkiye İkliminde Gözlenen Değişiklikler ve Türkiye’de İklim Değişimi Öngörülleri

Türkiye küresel olarak subtropikal bölge ile ılıman kuşak arasında yer almaktadır. Atmosferdeki sera gazlarındaki artışa bağlı olarak radiatif zorlamanın etkisi ile subtropikal kuşağın kuzeye doğru hareketi gerçekleşmektedir. Bu etki nedeniyle genel sirkülasyonun ana unsurlarından birisi olan Hadley sirkülasyonu zayıflamakta, iklim kuşakları arasındaki sıcaklık gradyanı azalmaktadır. Dolayısıyla iklim değişikliği Türkiye’nin içerisinde bulunduğu iklim kuşağında büyük etki yaratacak potansiyelde görülmektedir. Buna ilave olarak yine küresel ölçekte Türkiye, Akdeniz Havzasında yer almakta, bu havzanın nüfus yoğunluğu ve ekonomik faaliyetleri dikkate alındığında etkilenebilirlik açısından da önemli bir sıcak bölge olduğu görülmektedir.

Türkiye'nin ortalama hava sıcaklıkları bölgesel ve mevsimsel olarak incelendiğinde azalma ve artış eğilimlerinden söz etmek mümkündür. Kış aylarında Akdeniz bölgesi ısınma eğilimindeyken, Karadeniz, iç ve batı bölgeleri daha zayıf bir soğuma eğilimindedir. Birkaç meteoroloji istasyonu dışında, Türkiye'nin büyük bir bölümünde ilkbaharda ortalama sıcaklık artış eğilimindedir. Yaz aylarında ülkenin büyük bölümünde güçlü bir ısınma eğilimi görülmektedir. Sonbaharda ortalama sıcaklıklar artmaktadır. Yıllık ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıklarında olduğu gibi mevsimlik hava sıcaklıklarında da ısınmanın giderek daha da kuvvetlendiği görülmektedir (Türkeş 2019).

1950'li yıllardan günümüze yapılan gözlemlere göre maksimum sıcaklık kayıtlarında artış eğilimi, minimum sıcaklık kayıtlarına ise azalma eğilimi olduğu görülmektedir (Türkeş 2019).

IPCC'ye (2013) göre, 1950'den bu yana pek çok aşırı hava ve iklim olayının değiştiği gözlemlenmektedir. Küresel ölçekte soğuk günlerin ve gecelerin sayıları azalırken, sıcak günlerin ve gecelerinin sayısında artış görülmektedir. Hava sıcaklıklarındaki artış, Türkiye'nin içerisinde yer aldığı Doğu Akdeniz'de, özellikle 1990 yılından sonra kar yağışlı ve donlu gün sayılarında da belirgin azalış şeklinde etkisini göstermektedir (Erlat ve Türkeş, 2008a, 2012 ve 2013).

Türkiye'de meteorolojik parametrelerde gözlemlenen belirgin değişimler, sıcak ve soğuk hava dalgaları, ekstrem yağışlar ve kuraklıkların şiddet süre ve frekanslarındaki değişimler yukarıda bir kısmı sunulan çeşitli araştırmacılar tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. İklim değişimine adaptasyonun ilk adımı etkilerin analizlerinin belirlenmesidir. Etkiler tarihsel verilerin analizi ve iklim projeksiyonu modelleri ile belirlendikten sonra, iklim değişiminden etkilenecek sektörler bu değişikliklere uyum sağlamak için gerekli çalışmaları yürütmektedirler. Örneğin kuraklıklar ile ilgili olarak sıklık, süre ve şiddetinde beklenen artış belirlendikten sonra mevcut depolama yapılarında kurak dönemlerde ihtiyaç duyulacak suyu karşılayacak hacmin belirlenmesi ve ihtiyacın karşılanması uyum olarak örneklendirilebilir. Tarım için ise özellikle kuru tarım söz konusu olduğunda yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki artışa bağlı olarak evapotranspirasyondaki artışın gıda arzında yaratabileceği etkiler araştırılmaktadır.

Ayrıca iklimsel değişimler, tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerin değişiklik göstermesine de neden olmaktadır. Bu bağlamda enerji ve gıda güvenliği açısından iklim değişimi etkilerinin belirlenmesi, uygun uyum yöntemlerinin belirlenmesi ve uyum stratejilerinin belirlenmesi büyük öneme sahiptir.

İklim değişimi konusunda en hassas alanlardan birisi olan Türkiye ve civarında gerçekleştirilen modelleme çalışmaları iklim değişiminin ülkemizde yoğun olumsuz etkilerinin meydana geleceği öngörmektedir (Akçakaya vd. 2015, Gürkan vd. 2016, Demircan vd. 2017, IPCC 2007, 2013, Trigo vd. 2006 Türkeş 1996, 2012, Türkeş ve Sümer 2004, Türkeş ve Tatlı 2009, Türkeş vd. 2009, Turp vd. 2014, Öztürk ve vd. 2015).

İklim değişikliğinin bu olumsuz etkilerini önlemek ya da en azından azaltabilmek ve ona uyum açısından Türkiye'nin gelecekteki ikliminin öngörülmesi çok önemli hale gelmiştir. Bulut, 2015, Tatlı ve Türkeş (2008, 2011), Önoğlu ve Semazzi (2009), Altınsoy ve vd. (2012), Önoğlu ve Unal (2014), Öztürk vd. (2012, 2015), Turp vd. (2014), Türkeş vd. (2011), Sen (2009), Sen vd. (2012,2014,2019), Gürkan vd. (2016, 2017, 2019, 2020), Türkiye'nin gelecekte olması muhtemel iklimini, iklimsel değişkenliklerini ve adaptasyon stratejilerini belirlemek için çalışmalar yapmışlardır (Yıldırım vd. 2016, Vanlı. 2019).

1970-2000 yıllarını referans alarak Türkiye'nin, HadGEM2 iklim modeli, RCP4.5 senaryosuna göre çalıştırıldığında, 2070-2100 yıllarında beklenen sıcaklık artışının kış mevsiminde 3.5 °C, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde 4-4.5 °C, yaz mevsiminde ise 4-6.5 °C'lik artışlarda olması öngörülmüştür. Aynı model RCP 8.5 senaryosu ile çalışıldığında ise aynı dönem için, kış mevsimindeki artışın yaklaşık 4.5 °C, yaz mevsimindeki artışın yaklaşık 5-7 °C olduğu belirlenmiştir. Bahar ayları için ise değişken olduğu ve batıdaki 5 °C'lik artışın doğuya doğru gidildikçe 7 °C'ye kadar çıkabileceği beklenmektedir (Akçakaya vd. 2015).

RCP 4.5 senaryosu ve HadGEM küresel iklim modeli yağış sonuçları aynı dönem tahminleri ise en çok yağışın alındığı kış mevsiminde yağışların ülkenin güneyinde 2 mm/gün kadar azalması ve ülkenin kuzey batısında ise 1.6 mm/gün artış şeklindedir. Diğer mevsimlerde yağış rejiminde belirgin değişiklikler beklenmemektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yayınlanan iklim değışikliğı raporuna göre, gelecekte sıcaklığın yükselmesiyle yağış ve yağış rejiminde değışiklik beklenmektedir. 2016-2098 döneminde ortalama sıcaklığın 1.5-3.7 °C artmasıyla yıllık toplam yağışın bölgesel olarak azalacağı ve yağış dağılımının yıl boyunca değışeceği beklenmektedir (Akçakaya vd. 2015, Demircan vd, 2017).

1.4 Tarım ve İklim

Dünya nüfus artışına ve sürekli gelişen dünya ekonomisine göre, önümüzdeki birkaç on yıl içinde, tarımsal üretime olan talep katlanarak artacaktır. Aynı zamanda tarım sektörü talep ve iklim değışikliğinden etkilenecek ve bu da dünyadaki tarım kaynaklarının üretim kapasitesini zorlayacaktır. Artan dünya talebini karşılamak için tarım, iklim değışikliği çalışmalarına hız vermeli ve bu değışikliklere uyum sağlamanın yollarını araştırmalıdır. İklim değışiminin tarım sektörüne etkilerinin bilinmesi, bu etkilere uyum stratejilerinin geliştirilmesine imkân verecektir.

İklim modelleri ve yer örtüsü, toprak tipi, toprak organik maddesi, toprak radyasyonu, toprak sıcaklığı, toprak nemi ve uzun vadeli kuraklık koşulları gibi diğer çevresel bilgilerin bütünleşik biçimde çalışılması gereklidir. Meteoroloji ve iklim tahminleri tarım sektöründe verim artışı, tasarruflu su ve enerji kullanımı, afetlerden korunma, ürün deseni belirleme, gübre kullanım zamanları, ekim ve hasat zamanları vb. bilgiler konusunda son derece faydalıdır. İklim bilgisi sulama altyapısının tasarımında da önemli bir unsurdur.

1.5 Dünyada Bitkisel Üretim

Nüfus artışıyla birlikte kişi başına doğal kaynaklar (özellikle tarım arazisi ve su) azalmaktadır. Öte yandan kişi başı gıda tüketimi ve kentleşme artmakta, tarımın gelişme hızı ve verimliliğı düşmektedir. Son yıllarda küresel tarımsal üretim rekor seviyelerdedir. Dünya tahıl üretimi 2.5 milyar tonu, yağlı tohum üretimi ise 550 milyon tonu aşmıştır. Ancak gıda üretiminin büyüme hızı düşmektedir. Yaklaşık 695 milyon ton tahıl insan beslenmesinde, 939 milyon tonu hayvan beslenmesinde ve 356 milyon tonu endüstriyel amaçlarla kullanılmaktadır (FAO 2016). Çizelge 1.1'de Uluslararası Hububat Konseyi (IGC) raporunda görüldüğü gibi hububat sektörünün en önemli bitkilerinden buğday, arpa, mısır, sorgum, çavdar ve yulafın dünya üzerindeki toplam üretimi; 2016/2017

piyasa yılında 2.19 milyar ton olan üretimin 2017/18 piyasa yılında 2.14 milyar ton, 2018/19 piyasa yılında ise 2.14 milyar ton olmuştur. Ticaretin ise 2016/17 piyasa yılında 353 milyon ton, 2017/18 piyasa yılında 369 milyon tona, 2018/19 piyasa yılında da 364 milyon ton olmuştur.

Çizelge 1. 1 Dünya hububat bilgileri (milyon ton)

	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Üretim	1829	2043	2092	2058	2187	2142	2139
Tüketim	1841	1956	2045	2013	2126	2152	2164
Ticaret	271	310	322	346	353	369	364
Stok	420	506	553	598	658	648	625

Kaynak: Uluslararası Hububat Konseyi

Tahıllar insanların beslenmesinde yaygın olarak kullanıldıklarından dolayı önemli bir yere sahiptir. Günlük kalori ihtiyacının yarısından fazlası tahıllardan ve bu değerinde %20 si ise buğdaydan sağlanmaktadır. Ülkemizde tahıldan elde edilen kalori miktarı %60-65 oranlarında olup dünya ortalamasından belirgin farklılık göstermektedir. Ülkemizde tahıl tüketimi temelde ekmek şeklinde olmakta, yalnızca küçük bir kısmı (yaklaşık %20) makarna, bulgur ve diğer unlu mamullerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Dünya genelinde 2016 yılında 2.54 milyar ton tahıl üretimi gerçekleşmiştir. Üretilen tahılların %43.3 milyar tonu insan beslenmesinde kullanılmakta, %36.0'sı hayvan beslenmesinde ve %20.7 si ise endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır. Dünyada tahıl üretiminin büyüme oranı artmaktadır (FAO 2016).

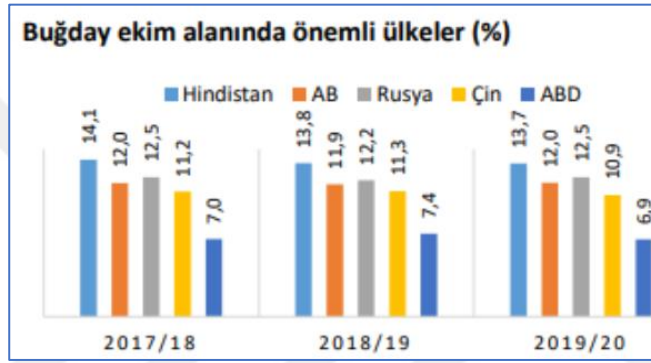
Çizelge 1. 2 Dünya hububat üretim miktarları (milyon ton)

	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
Buğday	659	718	732	740	757	763	732
Mısır	901	1032	1061	1023	1132	1090	1129
Arpa	131	145	144	150	148	145	139
Yulaf	21	24	23	22	24	24	22
Çavdar	14	17	15	13	13	13	11
Diğer**	5	4	4	4	4	5	106
Dünya	1829	2043	2092	2058	2187	2142	2139

Kaynak: IGC (**) Sorgum, Darı, Tritikale ve Karma Hububat

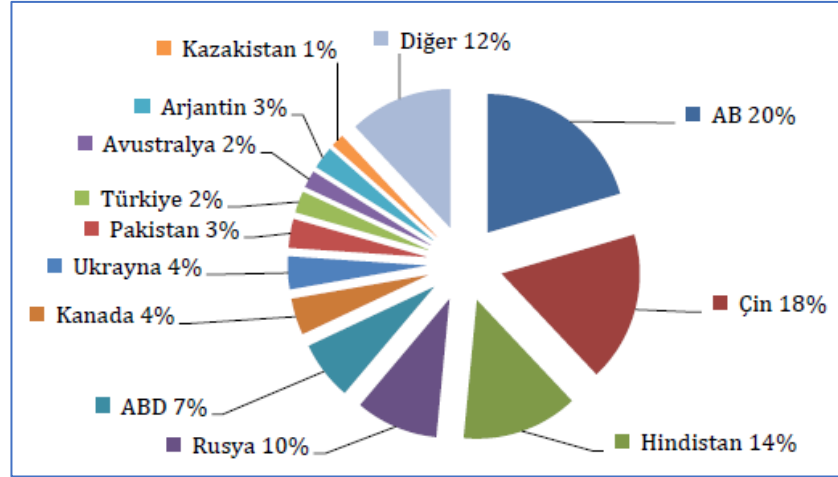
Dünyada 2018/2019 yılı itibariyle 1.13 milyar ton üretimiyle mısır en fazla üretilen tahıl olmuştur. Mısır üretimini sırasıyla 732 milyon ton üretimle buğday, 139 milyon ton üretimle arpa, 106 milyon ton üretimle Sorgum, Darı, Triticale ve Karma Hububat toplamaları, 22 milyon ton üretimle yulaf, 11 milyon ton üretimle çavdar takip etmektedir. (Çizelge 1.2)

Aynı şekilde dünyada buğday ekim alanlarının 2019-2020 grafiğine bakıldığında en fazla ekiliş alanın yaklaşık %14 ile Hindistan ve sırasıyla %13, %12, %11 ve %7 ile Rusya, AB, Çin ve ABD olduğu görülmektedir (Şekil 1.2)



Şekil 1. 2 Buğday ekim alanında önemli ülkeler (Kaynak: IGC.2020)

2019 yılında dünyada buğday üretiminin yapıldığı ilk üç ülke veya birlik AB'nin %20, Çin %18 ve Hindistan %14 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1.3). Türkiye ise %2'lik bir üretim oranına sahiptir.



Şekil 1. 3 Dünya buğday üretiminde ülkeler ve üretimdeki payları

1.6 Türkiye’de Bitkisel Üretim

Tarım arazilerinin tarım vasfının dışına çıkartılmasına rağmen, verim artışı ile üretim artmıştır. Türkiye, tarım arazisinden hasat edilen yaklaşık 23.7 milyon hektar yem bitkisi ve 160 milyon ton bitkisel ürün olmak üzere her yıl tarımsal üretim faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Nadas alanların azalmasına rağmen ekilebilir arazi alanı 15.6 milyon hektara düşmüştür. Ayrıca dikim alanları ekim alanlarının aksine artmaktadır.

Buğday Türkiye’de üretilen tahılların içerisinde birinci sırada yer almaktadır Çizelge 1.3 de Türkiye’de 2019 yılında 6.85 milyon ha alanda 19 milyon ton buğday üretilmiştir (TUİK 2019). Yaklaşık 15 milyon tarım çalışanı buğday üretim süreçlerinde görev almaktadır.

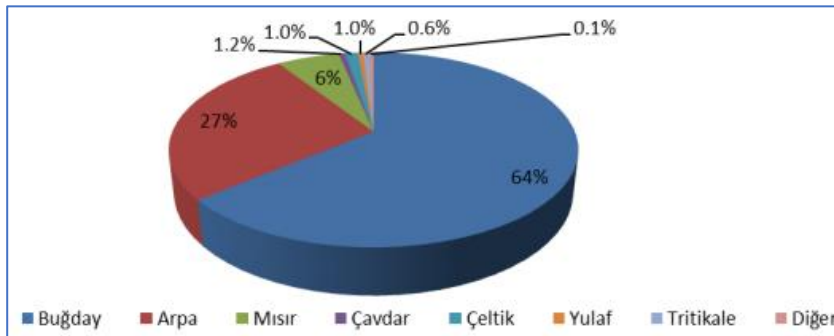
Çizelge 1. 3 Tarla bitkileri ekiliş ve üretim miktarları

BAZI TARLA BİTKİLERİ EKİLİŞ ALANI VE ÜRETİM MİKTARLARI

Ürünler	Ekim Alanı (1000 ha)							Üretim (1000 ton)						
	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Buğday	7.529	7.919	7.867	7.672	7.669	7.299	6.846	20.100	19.000	22.600	20.600	21.500	20.000	19.000
Arpa	2.749	2.787	2.784	2.740	2.424	2.468	2.869	7.100	6.300	8.000	6.700	7.100	7.000	7.600
Çavdar	143	115	112	115	101	111	112	370	300	330	300	320	320	310
Yulaf	89	94	103	99	113	106	110	210	210	250	225	250	260	265
Çeltik	120	111	116	116	110	120	126	880	830	920	920	900	940	1.000
Aspir	16	44	43	40	27	25	16	20	62	70	58	50	35	22
Ayçiçeği	605	657	685	720	780	734	752	1.370	1.638	1.681	1.671	1.964	1.949	2.100
Dane Mısır	623	659	688	680	639	592	639	4.600	5.950	6.400	6.400	5.900	5.700	6.000
Kolza	30	32	35	35	17	38	53	110	110	120	125	60	125	180
Kuru Fasulye	93	91	94	90	90	85	89	200	215	235	235	239	220	225
Kütlü Pamuk	488	468	434	416	502	519	478	2.320	2.350	2.050	2.100	2.450	2.570	2.200
Mercimek	237	250	224	252	293	277	282	438	345	360	365	430	353	354
Nohut	416	389	359	360	395	514	521	518	450	460	455	470	630	630
Patates	174	130	154	145	143	136	141	4.795	4.166	4.760	4.750	4.800	4.550	4.980
Soğan (Kuru)	73	60	58	60	58	53	61	1.736	1.790	1.879	2.121	2.132	1.931	2.200
Soya	32	34	37	38	32	33	35	122	150	161	165	140	140	150
Ş. Pancarı	281	289	274	322	339	307	310	15.000	16.743	16.023	19.465	20.828	18.900	18.085
Tütün	108	99	92	93	95	93	81	73	75	68	70	80	80	70
Çay	76	76	76	76	82	83	85	1.250	1.266	1.328	1.350	1.300	1.500	1.450

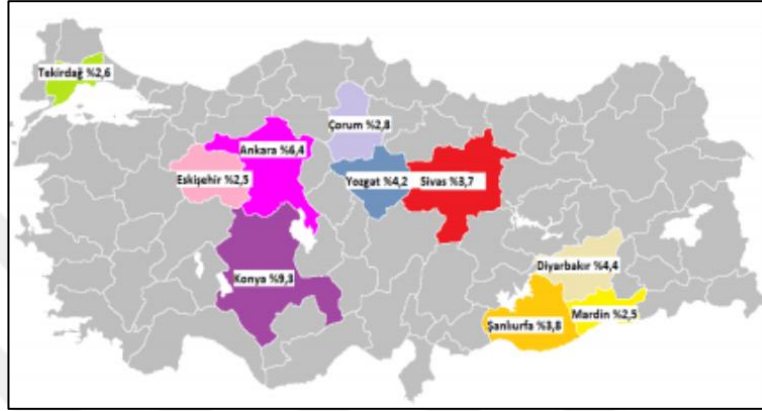
Kaynak: TÜİK.

Şekil 1.4 de Türkiye’de ekimi yapılan tahılların yüzdesel olarak oranları verilmiştir. Buğday, ekim alanları oranlarında %64 ile ilk sırada yer alırken arpa %27 ile ikinci mısır ise yaklaşık %6 ile üçüncü sırada gelmektedir. Aynı zamanda çeltik, çavdar, yulaf ve tritikale sırayla ekim alanı yüksek diğer hububatlarıdır. (TMO 2020, 2019 Yılı Hububat Sektörü Raporu)



Şekil 1. 4 Türkiye’de tahıl ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)

2019-2020 yılı üretim verilerine göre Türkiye’de ekilen buğday alanı dünya buğday ekili alanlarının yaklaşık %3.3’nü oluşturmaktadır. Bu oran aynı zamanda Türkiye’de işlenen tarım arazilerinin de yaklaşık %35’ine denk gelmektedir. 2018-2019 üretim sezonunda Türkiye’de buğday ekili alan 72.9 milyon dekar olmakla birlikte ekim alanı en fazla olan illerimiz sırasıyla; Şekil 1.5 de görüldüğü gibi Konya, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Şanlıurfa, Sivas, Çorum, Tekirdağ, Mardin ve Eskişehir’dir.



Şekil 1. 5 Türkiye iller bazında buğday ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)

1.7 Buğday Tarımı, Üretimi ve Önemi

Yetiştirme döneminde gerekli olan bol nemin yanında düşük sıcaklık istekleri buğday için önemli iklim istekleridir. Gelişiminin ilk evresinde sıcaklığın 5–10 °C ve nemin ise %60 civarında bulunması yeterlidir. Gelişimin ikinci evresinde ise 10-15 °C sıcaklık, %65 nem ve bulutlu havalar uygundur.

Yıllık toplam yağışın 500 mm olduğu ve yıl içerisinde bitkinin gelişme dönemlerine uygun olarak dağılım gösterdiği koşullar maksimum verim için yeterli olmakla birlikte, çok daha düşük yıllık toplam yağışların kaydedildiği bölgelerde de (250 mm ye kadar) yetiştirilebilmektedir. Toprak tipi olarak verimsiz kıraç topraklardan verimli taban alanlarda yetiştirilebilen buğday çeşitleri bulunmaktadır. Buğday için uygun toprak tipi derin killi-tınlı ve uygun biçimde drenajı yapılmış alanlardır. Toprağın su tutma kapasitesi ise %25-30 aralığında olması yeterlidir.

Buğday, beslenmedeki rolü nedeniyle en önemli kültür bitkisi olarak değerlendirilmektedir. Buğdayın değişik iklim ve toprak koşullarına uyumunun yüksek düzeyde olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ülkeler gıda talebini karşılayabilmek için buğdaya yönelmektedirler.

Buğdayın taksonomisi şu şekildedir.

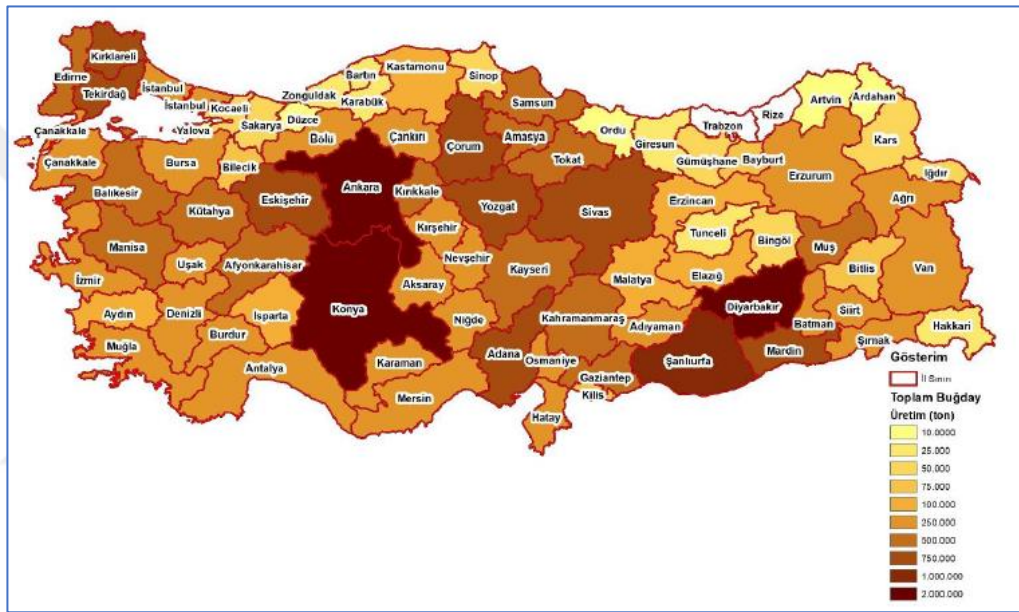
Takım: Poales
Familya: Poaceae
Cins: Triticum
Tür: Triticum aestivum

Buğday, zengin mineral ve B vitamini içeriği nedeniyle önemli bir besin maddesi olup dünya nüfusu enerji ihtiyacının %20'si karşılamaktadır (Cummins and Robert-Thomson 2009). Ülkemizde ise bu oran %53 seviyelerindedir ve küresel ortalamaların çok üzerindedir (Kün 1996). Buğdayın kullanım alanları ise unlu mamuller, gıda ve sanayi sektörleridir. Buğdaydan un, bulgur, makarna, nişasta gıdalar üretilebilirken, sapları kullanılmak suretiyle ise hayvanlara yem ve karton üretimi yapılabilmektedir. Tüm bu yönler bir arada değerlendirildiğinde buğday üretimindeki azalmalar dünya piyasalarında büyük etki yaratmaktadır. Buğday gıda güvenliği perspektifiyle değerlendirildiğinde, stratejik bir ürün olma özelliğindedir. Bu nedenle üretim alanları, yetiştirme koşulları, stoklanması, Pazar koşulları yakından izlenmelidir. Verimin artırılması ve buğday üretiminin artırılmasına yönelik tedbirler alınmalıdır. İklim değişimi konusu ve buğday üretimi birlikte değerlendirildiğinde, iklim değişiminin buğday verimine etkisi, iklim değişimi sonucunda buğday tarımına uygun alanlardaki değişim konuları hem ülkemizde hem de üretimin küresel pazarları etkilemesi nedeniyle küresel ölçekte yakından takip edilmelidir.

Ancak ülkemizde buğday tarımı büyük ölçüde sulama yapılmaksızın gerçekleştirdiği için verim ve dolayısıyla çiftçinin geliri de düşük kalmaktadır (Kızılaslan 2004). Bunun yanı sıra yeni ekim alanları açılması mümkün olmadığından, üretim artışı verim artışına bağlı olmaktadır (Güler ve Akbay 2000). Buğday temel besleyici gıda olarak günümüzden 10.000 yıl önce Neolitik çağda bereketli hilal olarak adlandırılan bölgede üretilmiştir. O

günden bugüne insanoğlu için stratejik öneme sahiptir. Buğday, Anadolu’da binlerce yıldır yaşamış tüm uygarlıklarda önemini korumuştur (Harlan 1995, Van Zeitz ve De Roller 1995).

Ülkemizde buğday üretiminin illere göre dağılımı Şekil 1.6 da sunulmaktadır. Özellikle İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde üretim belirgin ölçüde yaygındır. İç Anadolu bölgesinin geniş tarım arazileri olmasına karşılık, yağış sınırlı kalmaktadır. Buna rağmen bölge ülkemizde buğday üretiminde ön sıralarda yer almaktadır.



Şekil 1. 6 Türkiye’de buğday ekim alanları (%) (TÜİK. 2019)

Son yıllarda tüketiciler daha sağlıklı yiyecekler tercih ettiklerinden vitamin, mineral ve diyet lifi yönünden zengin buğday unları da dahil olmak üzere tam buğday unlarına olan ilgi artmaktadır.

1.8 İklim Değişikliğinin Tarıma Etkisi

İklim değişiminin özellikle sıcaklık ve yağışlarda meydana getireceği değişiklikler nedeniyle vejetasyon dönemi boyunca bitki büyüme süreci ve verimi üzerinde etkili olacağı açıktır. Özellikle bitki büyüme modelleri kapsamında ele alınan iklim parametrelerindeki değişimler ile gelecek verim ve büyüme süreçleri

açıklanabilmektedir. Tarımsal üretim süreci her aşamada meteorolojik koşullara bağımlıdır. Etkilerin ilki bitki fenolojisinin değişmesi olarak karşımıza çıkacaktır.

Bu etki yalnızca ortalama değerler üzerinden değil ekstrem iklim koşullarındaki değişimler ile de kendisini hissettirmektedir. Soğuk ve sıcak hava dalgaları, ekstrem yağışlar, don olayları, kuvvetli rüzgâr, dolu, kuraklık vb. olayların frekans süre ve şiddetleri iklim değişimi kapsamında değişim gösterebilecek ve bu değişimde tarıma olumsuz yönde yansıyabilecektir.

İklim değişiminin tarım sektörü üzerine sadece negatif etkilerinin olacağını düşünmek yanıltıcı olur. Bazı bölgelerde iklim farklı bitki desenlerinin yetişmesine imkân verebilecek hale gelebilir. Ayrıca veriminde artması mümkün olabilir.

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkisi aynı zamanda tarımsal üretime etki edecektir.

Yukarıda kısaca açıklanan etkilerin yanında uygulanacak adaptasyon faaliyetlerinin de tarım sektörünü bir bütün olarak değiştirmesine neden olabilir.

İklim değişikliği günümüzde dünyanın en önemli gündemlerinden biri olmakla birlikte bu değişikliğin buğday verimini de olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Üretimi kötü yönde ve buna bağlı olarak ekonomik olumsuzluklara da oluşturabilmektedir.

Ülkemizde iklim değişimi ve tarım konusunda yapılan az sayıda çalışma mevcuttur. Büyük ölçekte sosyo-ekonomik etki analiz çalışmasında, HadGEM modelinin 2050 yılı projeksiyonları kullanılarak, bu projeksiyonların Türkiye'deki tüm coğrafik bölgelerde yetiştirilen buğday, arpa, mısır, pamuk ve ayçiçeği bitkilerinin verimlerine, ekim alanına, üretimine ve genel olarak bölgelerdeki üretim desenine olası etkileri incelenmiştir (Dellal vd. 2004). Çalışma sonucunda Türkiye genelinde verimlilikte %2 ile %13 oranında azalma olacağı öngörülmüş ve arz talep dengesinde oluşacak değişimin fiyatlarda yükselmeye neden olabileceği yorum getirilmiştir.

Yerel ölçekte, Trakya bölgesinde iklim değişiminin buğday verimine etkileri (Şaylan ve Çaldağ. 2000) ve diğer bir çalışmada ise, Türkiye'de bitki gelişme dönemlerinin iklim değişimi etkisinde değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır (Kadıoğlu vd. 1998).

Dellal vd. (2011) yaptıkları bir çalışmada 2050 yılı için Ayçiçek bitkisinde iklim verileri ışığında verim tahmininde bulunmuş ve İç Anadolu Bölgesi için %7.3 Türkiye içinde ortalama % 6.5'luk bir düşüş olabileceğini ortaya koymuşlardır.

1.9 İklim Değişikliğinin Buğday Üretimine Etkisi

Buğday bitkisi özelinde küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışına her 1°C derecelik yükselme üretimde %6'luk bir düşüşe neden olacaktır (Asseng vd. 2015).

Kuru tarım sisteminde atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu 550 ppm olarak simüle edildiğinde, tahıl veriminde %20'lere yakın bir azalma görölmektedir. Ayrıca iklim değişikliği kapsamında tarım zararlılarının olumsuz etkisi de ortaya çıkabilecektir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak artan sıcaklıklar ve yağış rejiminde meydana gelecek düzensizlik, diğer bitkilerde olduğu gibi buğday üretiminde de zorluklara neden olacaktır. Özellikle kuru tarım yapılan kışlık buğday için etkilenebilirlik fazladır. İklim koşullarının etkisine bağlı olarak buğday çeşidi seçimi yapılmalıdır ve buna bağlı olarak büyüme dönemlerinde de değişimler gözlemlenmelidir.

Yetiştirilecek buğdayın seçiminde de değişen iklim koşullarının etkisi dikkate alınmalıdır. Bitki büyüme modelleri kullanılarak karar vericiler bilgilendirilebilecek, yetiştirmeye uygun olan farklı bölgeler ve yıllar için verim tahmini en iyi şekilde yapılabilecektir. Sıcaklık ve yağış miktarının bitkilerin fenolojik dönemlerindeki etkisine göre verim önemli oranda etkilenmektedir. Ayrıca bölgesel iklim modelleri daha yüksek çözünürlükte analiz edildiğinde arazi kullanımı ve topografik özellikleri göz önünde bulundurduklarından dolayı daha doğru yaklaşım yapabilmektedir.

Ancak, iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkisini belirlemeye yönelik araştırmalar ölkemizde çok az sayıdadır. Bundan dolayı özellikle buğday üretiminin ana deposu olan

Konya ilinde ve Türkiye’deki başat tarımsal ürün olan buğday üzerine bölgesel iklim modeli kullanılarak iklim projeksiyonları ışığında verim tahmini çalışması yapılmıştır.

1.10 Bitki Büyüme Modelleri

Bitki büyüme modelleri, bitkinin büyüme ve gelişmesini hava ve toprak koşulları ile kültürel işlemleri bütünleşik olarak simüle eden modellerdir (Hoogenboom vd. 2004). Bitki büyüme modelleri bitkinin büyüme ve gelişme analizlerini, verim ve risk tahminlerinin gerçekleştirilmesini sağlar.

Bu modeller girdi veri seti olarak mevcut koşullar dikkate alındığında verim tahmini yapılmasına imkân verirler. Aynı şekilde bu modeller, iklim değişikliği senaryolarına dayanan gelecek iklim değişken değerleri kullanarak verimde iklim değişimine bağlı olarak oluşacak değişimleri tahmin etmekte ve bu nedenle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki büyüme modelleri sayesinde uygulama sonuçlarının analiz edilmesi yerine model simülasyonları ile verim tahmini yapılarak hem zamandan hem de maliyetten tasarruf sağlanmaktadır.

Mevcut koşullarda verim analizlerinde uygulama imkânı olmakla birlikte, bu durum gelecek iklim koşulları için mümkün değildir. Dolayısıyla iklim modelleri gelecek verim tahminleri ve bitki gelişim süreci için kullanılan önemli bir araç olarak ortaya çıkmıştır.

Bitki büyüme simülasyon modellerinde son 70 yılda büyük gelişmeler yaşanmış ve farklı bitki türlerine uygulamaları yaygınlaşmıştır. Halihazırda ülkemizde mısır, arpa, buğday, pamuk ve ayçiçeği bitki büyüme modelleri çalışılmıştır (Gürkan 2019).

Tarımsal üretim, oldukça karmaşık mekanizmalardan ibaret olup, üretimin söz konusu teknolojik imkanlar vasıtasıyla tam olarak analizi oldukça pahalı ve kullanımı zaman alıcı ekipman gerektirmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, sadece ilgili bölge koşulları için geçerli olmakta, bu sonuçların farklı bölgelere uygulanması ise mümkün olamamaktadır. Bu durumda bitki gelişimini çeşitli toprak ve atmosfer şartlarının karşılıklı ilişkilerini kapsayacak şekilde incelemek, gelişen bilgisayar

teknolojisinin sunduğu imkanlar ile olanaklıdır. Açıklamalı bitki-iklim modelleri bu bağlamda araştırmacıların en kuvvetli ve güvenilir seçeneği olma özelliğine sahiptir. (Çaldağ vd. 2001).

Bitki büyüme modelleri ampirik ilişkiler temelinde kurgulanan istatistiksel olarak veya karmaşık süreç tabanlı modellere kadar pek çok türde geliştirilmiştir. Fenoloji, tarım, toprak ve iklim bilgilerinin entegre biçimde değerlendirildiği DSSAT (Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemleri-Amerika), APSIM (Tarımsal Üretim Sistemleri Simülatörü- Avustralya), WOFOST (Dünya Gıda Araştırması -Hollanda) ve AquaCrop (FAO) gibi çeşitli modeller mevcuttur. Modellerde kullanılacak veriler ve parametrelerin sonuçlar üzerine etkisi önemli düzeydedir.

1.11 Tezin Amacı

Ülkemizde iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkileri ile ilgili yapılan çalışmaların uluslararası literatür ile karşılaştırdığında sınırlı olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda, genellikle şehirlerde bulunan istasyonlardan alınan ve literatür çalışmalarından elde edilen verilere dayanmaktadır.

Ülkemizde tarım uzun yıllar bilişim teknolojisi ile aynı ortak paydada buluşmasa da son yıllarda bilişim teknolojisinin gelişmesi ile özellikle gelişmiş ülkelerde insanlara, bitkilere, hayvanlara ve çevreye duyarlı değişimler yaşanmıştır. Bu değişim aynı zamanda üretimde kaliteyi ve verimlilik faktörünü de kapsamaktadır. Bu değişim sürecinin ortaya çıkmasıyla birlikte, "hassas tarım" olarak adlandırılan teknoloji, tarım makinelerinin insan gücünden hayvancılığa ve bundan sonrada traktör gücüne geçiş sürecinin, özellikle tarımsal üretimde tarım 4.0'ın gelişmesiyle devamı olarak kabul edilmektedir

Hassas tarım, bilişim çağı ile birlikte gelişen teknolojileri sürdürülebilir tarımsal üretim ile birleştirirken ekonomiyi ve çevre koruma ilkelerini göz önünde tutmaktadır. Türkiye’de hassas tarım çalışmaları 90’ların sonunda başlamıştır (Türker 2001). Hassas tarımın dayandığı prensipler arasında mekânsal değişiklik, zamansal değişiklik ve tahmini değişiklikler bulunmaktadır. Özellikle zamansal değişikliklerin içerisinde iklim ve meteorolojik veriler rol oynamaktadır.

Her geçen yıl artan buğday talebi dikkate alındığında; bu talebi karşılayacak buğday üretimini artırmak için tarımsal mekanizasyon ve hassas tarım uygulamalarının önemi daha da artmıştır. Buğday üretimi insan beslenmesi açısından kültür bitkileri değerlendirildiğinde dünyada ilk sırada yer almaktadır. Bunun nedeni, buğdayın yetiştirilmek istenilen bölgelere çok kolay bir uyum kabiliyetine sahip olmasıdır. Bununla birlikte buğday taneleri, uygun besin değeri, depolama ve işleme kolaylığı nedeniyle yaklaşık 50 ülkede temel gıda haline gelmiştir. Buğdayın dünya nüfusuna sağladığı kalori; bitkisel besinlerin sağladığı toplam kalorinin yaklaşık %20'sini oluşturmakta, ülkemizde ise %53'lük daha fazla bir oranı teşkil etmektedir (Kün 1996). Unlu mamullerin ham maddesi olan buğday, yoğunluklu olarak gıda ve endüstriyel sektörde kullanılmaktadır.

Diğer bitkilerde olduğu gibi buğday bitkisi yetiştiriciliğinde de meteorolojinin etkisi çok büyüktür. Bu bağlamda; Tarımsal Meteoroloji, insanlar tarafından yönlendirilemeyen, sadece ortaya koyduğu koşulların önceden tahminine ve bunların gerektirdiği önlemlerin alınmasına izin vermektedir. Artan sıcaklığın ve nüfusun muhtemel bir sonucu olması tahmin edilen küresel açlık sorununun önüne geçilmesi için, tarımsal meteorolojik araştırmalarda son teknolojik imkânların kullanılması zorunludur. Bitki veriminin arzulanan doğrulukta tahmin edilmesi, oldukça karmaşık toprak-bitki-atmosfer sisteminin işleyişinin maksimum düzeyde temsil edilmesi ile sağlanmaktadır.

İklim, toprak ve toprak verimliliği parametrelerini dolaylı olarak etkilemesinin yanı sıra verimi doğrudan etkilediği için de oldukça önemlidir.

İklimin en önemli parametrelerinden biri olan yağış; verimliliği ciddi şekilde etkilemekte ve başta tarım sektörü olmak üzere ülkemizde verimliliği sınırlayan faktörlerden biridir. Tarımsal üretimde yağışın aylara sari değişimi, toplam yıllık yağış miktarından daha büyük öneme sahiptir. Birim alandaki verim artışı özellikle bitki büyüme döneminde alacağı yağış miktarıyla doğrudan ilişkilidir (Brohi vd. 1994).

Yakın zamanda yeni geliştirilen bitki simülasyon modelleri kullanılarak, çevresel koşulların (toprak, bitki ve atmosfer) verime etkisi öngörülebilmektedir. Uluslararası alanda iklim değişikliğinin etkileri çalışmaları için kullanılan pek çok Bitki Büyüme

Modelleri ve projeler mevcuttur. Buna rağmen Türkiye’de iklim değişikliklerinin bitkisel üretim üzerine olası etkilerinin modellenmesi çalışmalarını kısıtlı kalmıştır. Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün (MGM) 2015 yılında ilgili tüm kurum ve kuruluşların kullanımına sunduğu Türkiye’de alanında ilk olan ve yeni nesil iklim senaryoları (RCP) ile geliştirilen iklim projeksiyonları verileri ile buğday için henüz hiçbir bitki modellemesi çalışması yürütölmemiştir.

Bu nedenle iklim değişikliklerinin bitkisel üretim üzerinde neden olabileceği olası etkilerinin modellenmesi çalışmaları yapmak, gelecek dönem ürün planlamaları açısından karar vericiler için temel oluşturabilecek bilimsel çalışmalar olarak ön plana çıkmaktadır. Bitki büyüme modelleri, hassas tarım ve tarım makineleri açısından oldukça fazla fayda sağlamaktadır. Örneğin bitkinin ekim yapıldığı coğrafyaya uyum göstermesi ve bitkiden verim alınabilmesi, ekim tarihlerinin belirlenmesi, farklı ekim derinliklerinin hesaplanması, iklimsel değişimlerin bitki üretimine etkilerinin ortaya konması, sulama, gübreleme gibi işlemlerin optimizasyonu vb. faaliyetler sıralanabilir. Bitki büyüme modelleri sayesinde bitkisel üretimlerin kısa zamanda ve minimum masraf ile gerçekleşmesi sağlanabilir.

Tez kapsamında son yıllarda buğday yetiştiriciliğinin yoğun olduğu Konya ilinde, dünyada yaygın olarak kullanılan bir Bitki Büyüme Modelini bölgelere göre kalibre edip iklim değişikliğinin buğday verimine olası etkilerinin, bölgesel iklim modeli projeksiyonlarından uygun olanları kullanılarak verim tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, ölkemizdeki buğday üretiminin; son yıllarda en yaygın kullanılan bitki büyüme modellerinden olan DSSAT ile simüle edilip, bu modelden elde edilen verim değerleri ile gerçek verim değerleri karşılaştırılarak, buğday veriminin iklim projeksiyonları ışığında tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Böylece bilinen bir model hem geliştirilecek hem de farklı bir alana uygulanmış olacaktır.

“İklim Değişikliğinin Konya İlinde Buğday (Triticum) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi” isimli doktora tezi çalışmasında 3 küresel iklim modeli ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kapsamında iklim projeksiyonları verisi elde edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda olası iklim değişikliğinin 2020-2098 yılları arasındaki dönemlerde buğday verimliliği üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İklim modelleri gelecekte yaşanması muhtemel iklim koşullarını öngörebilmemizi sağlayan en önemli araçlardır. Modellerin doğrulukları modellerin gündeme geldiği 1950'li yıllardan bugüne kadar büyük ölçüde artmıştır. Bu durum, girdi verilerinin miktar ve kalite olarak artışı, iklimi tanımlayan parametrelerin ve bu parametrelerin dinamik denklemlerinin daha net açıklanması ve ayrıca yüksek kapasiteli bilgisayarların kullanılmaya başlanması, kurumların ve akademinin bu konudaki kapasitesinin artması ve her şeyden önemlisi iklim değişim etkilerinin gözlenmeye başlanması ile tüm seviyelerde farkındalığın artması ile gerçekleşmiştir. Ülkemiz iklim değişimi etkilerinin en çok hissedileceği Akdeniz havzasında yer almaktadır (IPCC 2013). Bu nedenle iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi ve olumsuz etkilere uyum sağlanabilmesi için sektörel bazda stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. İklim değişimi hidrolojik çevrim parametrelerinin en önemlisi olan su döngüsünde büyük etki yaratması beklenmektedir. Bu etki doğrudan tarım sektörünü tehdit etmektedir. Sadece su döngüsünde değil sıcaklıklardaki artışlar bitki fenolojisinde de değişimlere neden olacaktır. Ekstrem hava olayları daha sık, uzun süreli ve yoğun görülebilecek, örneğin don olayları, sıcak hava dalgaları, kuraklıklar, seller, dolu hadisesi vb. olaylar tarım sektöründe büyük zararlara neden olabilecektir. İklim parametrelerindeki değişimler tarım zararlısı böcek ve haşerelerin artışına yol açabilecektir. Bu etkilerin ekonomik yaşamda yansımaları olacak ve tüm tarım sektörünün bugünden farklı biçimde şekillenmesine neden olabilecektir. Dolayısıyla tarım sektöründe iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenerek, uyuma yönelik stratejilerin ortaya konması önem arz etmektedir. Bu kapsamda bu hedefe yönelik olarak bu çalışmada iklim değişiminin buğday verimine etkisi incelenmiştir. Buğday ürününün seçimi dünyada ve Türkiye'de gıda güvenliğinin ana unsurlarından birini oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'de tahıl kullanımı belirgin biçimde dünya ortalamalarından yüksektir.

Konunun önemi uluslararası alanda anlaşılmış olduğundan bu alanda farklı modeller ve bitki türleri kullanılarak yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak ülkemizde ürün deseni olarak sınırlı (mısır, arpa, buğday ve ayçiçeği) üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Küresel iklim modellerindeki gelişmeleri, bölgesel ölçeğe indirerek

metodolojilerindeki ilerlemeler, zaman ve mekân ölçeğinin artması, iklim senaryolarının değişmesi konunun sürekli yeniliklerle çalışılmasına imkân vermektedir.

Akçakaya vd. (2015) değişen iklim koşullarıyla beraber bitkisel üretim değerlerinde önemli değişiklikler gözlenebileceğini, son yıllarda etkisini daha fazla hissetmeye başladığımız iklim değişikliklerinin bitkisel üretimde yüksek oranlarda ürün kayıplarına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünce yayınlanan “Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği TR2015-CC” raporuna göre Türkiye’nin iklim değişikliği bakımından oldukça hassas bir coğrafyada yer aldığını ve yaşadığımız yüzyılda bölgesel bazlı değişmekle birlikte ülke genelinde ortalama sıcaklıklarda 1.5 – 3.6 °C artışlar, toplam yağış miktarlarında ise %30- 40'lara varan oranlarda azalışlar öngörüldüğünü raporda belirtmişlerdir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün hazırladığı raporlara göre bazı havzalarda özellikle de yüzyılın ikinci yarısından itibaren yağışlarda belirgin azalışlar öngörülmektedir. (Akçakaya vd. 2015). Ayrıca Konya kapalı havzası da önümüzdeki dönemlerde iklim değişikliğinin sonuçlarından olumsuz etkilenecek havzalar arasındadır.

İklimin tarımsal üretimi doğrudan etkilediği gibi toprak ve toprak verimliliğini de dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Özellikle yağış verime en fazla etki eden faktörlerden biridir. Yağışa bağlı olarak verimde artış ve azalış görülmektedir. Ayrıca üretim açısından yağışın yıl içerisindeki dağılımı da çok önemlidir. Verim bakımından düşen yağışın bitkilerin vejetasyon döneminde olması halinde daha faydalı olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalar, verim ile yıllık yağış arasında yüksek bir ilişki olduğunu göstermiştir (Brohi vd.1997).

Tarımsal verimliliği etkileyen faktörlerden biri olan sıcaklığın artması Türkiye’nin de bir bölümünün içinde yer aldığı tropik ve subtropik ülkelerde verimlilikte bir azalma yaşanacağını fakat orta ve yüksek enlemlerdeki ülkelerde verimlilikte artış olacağı öngörülmektedir (Türkeş 2008b).

Yıldırım vd. (2016), iklim değişikliğinin haşhaş ekim alanlarına etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlar, bu çalışmada; iklim değişikliği yansımalarının daha iyi

görülebilmesi için HadGEM-2ES iklim değışikliğı modelinin RCP8.5 kötü senaryosunu üç farklı periyot (I. Periyot 2015-2040, II. Periyot 2041-2070 ve III. Periyot 2071-2099) için kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; I. ve II. dönem aralığında haşhaş ekim alanlarında önemli bir değışiklik tespit edilmemiş, fakat III. dönemde haşhaş ekim alanlarında özellikle Balıkesir, Manisa, Uşak ve Denizli illerinde bir daralmanın olduğu iklimatik yaşam alanlarının daralabileceğı belirlenmiştir.

Ülkemizde yapılan tarımsal faaliyetlere bakıldığında en fazla tarımsal üretimin tarla tarımı şeklinde yapıldığı ve bunların başında da buğday, mısır, yağlı tohumlar, yazlık ve kışlık sebzeler, arpa, çeltik, baklagiller ve narenciye ürünlerinin geldiğı görülmektedir. Ayrıca hem sulama yapılarak hem de sulama yapılmaksızın yetiştirilen bitkilerden buğday ve mısır ilk sıralarda yer almaktadır.

Tarımsal üretimi etkileyen en önemli unsurlardan biri iklim ve hava koşulları olup son dönemde iklim değışikliğı ülkemizin büyük bir bölümünde üretimi olumsuz etkilemektedir. Artan sıcaklıklar ve yağıştaki düzensizliklere bağı olarak tarımda kullanılan su gereksinimi artmış ve su kaynaklarında da azalma başlamıştır. Nüfus artışı; giyim, gıda ve enerji ihtiyacını sağlayan tarımsal üretimin devamlılığının sağlanabilmesi için iklim değışikliğinin belirlenmesi ve olumsuz etkilerinin azaltılması gerekmektedir. Buna bağı olarak iklim değışikliğinin belirlenmesi için yüksek çözünürlükteki bölgesel iklim modelleri kullanılmaktadır.

İklim değışikliğinin tarımsal verime olan etkisini belirlemeye çalışan bazı araştırmacılar küresel iklim modeli çıktılarını bitki büyüme modellerinde kullanmaya öncülük etmişlerdir (Rosenzweig ve Parry. 1994, Wolf ve Van Diepen. 1995).

Bitki büyüme modelinin yaşanan fiziksel süreçleri daha iyi tanımlayabilmesi için, detaylı toprak ve meteorolojik verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca bunun yanında bitkinin vejetasyon dönemini etkileyen çevre koşullarının da bilinmesi gerekmektedir. Bu gibi modellerin avantajı, girdi olarak toprak, iklim ve işletim değerlerini kullanmakla beraber dezavantajları ise model sonuçlarının sadece mevsimlik gözlenen sonuçlar ile karşılaştırılabilmeleridir.

Grant vd. (1989) tarafından geliştirilen bitki büyüme modeli kullanılarak mısırın kuru madde miktarı, dane verimi, dane sayısı, dane ağırlığı ve yaprak alan indeksi tahmin edilerek modelin doğruluk analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Modelden elde edilen sonuçlar ile gözlenenler arasındaki fark %20 olarak belirlenmiştir.

Stockle (1991) Washington’da ek bir sulama sistemi kullanmadan sadece doğal yağmurla sulanmak şartı ile dane verimini hesaplanmak için bir simülasyon kullanmıştır. Yetiştirme evresi boyunca su dağılımına, su tutma kapasitesine ve buharlaşmaya bakıldığında modelin günlük olarak bitkinin su tüketimi ve bitkiden buharlaşan su miktarına toplamından sürekli olarak %15 az sonuçlar verdiği gözlemlenmiş ve mısır bitkisinin veriminin de %1- %7 aralığında daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Köksal (1995) CERES-Maize bitki büyüme modelini kullanarak, bu modelin Çukurova şartlarında, su kısıtına karşı hassas olduğunu ve gerçek değerlere göre daha düşük tahminler ürettiğini belirlemiştir. Bununla birlikte, CERES-Maize bitki büyüme modelinde kullanılan katsayıların ikinci ürün mısır için düzenlenerek, modelin ikinci ürün mısır için de kullanılabileceğini belirlemiştir.

Wolf ve van Diepen (1995) tarafından yapılan çalışmada, WOFOST modeli kullanılarak Avrupa Birliği ülkelerindeki mısır üretimi hesaplanmıştır. WOFOST’un iklim değişkenlerine karşı duyarlılığı, iklim değişimleri sebebiyle artış gösteren CO₂’nin üretime etkisi ve ürün yönetimindeki farklılıklar değerlendirilmiştir. Mısır bitkisinin iklim değişikliği senaryolarına göre verimi değerlendirildiğinde; Avrupa Birliği ülkelerinde farklılıklar belirlenmiştir. Kuzey Avrupa’da artış olmasına rağmen, Güney Avrupa’da Orta Avrupa’ya göre daha fazla bir azalma belirlenmiştir. Bununla birlikte, söz konusu ülkelerde mısır üretimi için gerekli suya daha fazla ihtiyaç olacağı öngörülmüştür.

Gençoğlu (1996) Çukurova şartlarında birinci ürün olan mısırın CERES-Maize bitki büyüme modeli ile simülasyonlarının tutarlılığını analiz etmiştir. Modelin tarla kapasitesi, solma noktası su içeriklerine ve sulama randımanına karşı duyarlı olduğunu ve verim unsurlarının tahminde kısıtlılıkların bulunduğu sonucuna varmıştır.

Hundal ve Kaur (1996) Hindistan’da yaptıkları bir çalışmada CERES-wheat, CERES-rice, CERES-maize ve PNUTGRO bitki büyüme modellerini kullanarak sırasıyla buğday, mısır ve yerfıstığının 1, 2 ve 3 derecelik sıcaklık artışlarında buğdayda %8.1, 18.7 ve 25.7, pirinçte % 5.4, 7.4 ve 25.1, mısırdaki % 10.4, 14.6 ve 21.4 ve yerfıstığı veriminde % 8.7, 23.2 ve 36.2’lik azalmanın olacağını tahmin etmişlerdir.

Literatürde bu amaçla kullanılmış bitki büyüme modelleri ve çalışılmış bitkilere örnekler arasında CROPSYST modeli ile buğday, mısır, sorgum ve soya, Pala vd. (1996), Stockle vd. (1997), Donatelli vd. (1997) ve Pannkuk vd. (1998) tarafından; WOFOST modeli ile buğday ve arpa Alexandrov ve Eitzinger (2002) ve Eitzinger vd. (2004) tarafından; CERES-wheat modeli ile buğday, Lal vd. (1998), Attri ve Rathore (2003), Trnka vd. (2004b) ve Dubrovsky vd. (2004) tarafından; CERES-maize ile mısır modellemesi Dubrovsky vd. (2004); CERES-sorgum ile sorgum modellemesi Gangadhar Rao vd. (1995) ve Chatterjee (1998) tarafından yürütülmüştür. Bunlara ek olarak, buğday için ASPIM-N ve WTGROWS modelleri (Asseng vd. 2004, Aggarwal ve Kalra. 1994), soya için SOYGRO ve CROPGRO modelleri (Reddy vd. 2002, Lal vd. 1999, Mall vd. 2004), pamuk için GOSSYM modeli (Reddy vd. 2002), nohut için CROPGRO-chickpea modeli (Mandal, 1998) ve pirinç için ise ORYZA 1 ve CERES-rice modelleri (Mohandass vd. 1995, Mall ve Aggarwal 2002), AgroMetShell modeli ile buğday için (Şimşek 2010), DSSAT modeli ile pamuk için (Baydar 2010), ayçiçeği için (Gürkan 2019), buğday için (Mor 2005, Çaylak 2015, Vanlı 2019), AQUACROP modeli ile patates için (Beyhan 2016) da kullanılmıştır. Söz konusu modeller sayesinde su ve azotun bitkideki ve topraktaki hareketi, bitkinin gelişim aşaması (fenolojik faz), kuru madde biriktirme durumu ve verimin kestirimi yapılabilmektedir.

Küresel ısınmaya bağlı olarak, sıcaklık ve karbondioksit oranındaki artış yağış belirsizliği ile birleştiği zaman tarımsal üretim üzerinde ciddi doğrudan veya dolaylı etkilere sahip olabilir. Bu nedenle gıda güvenliğini sağlamak için başta tahıllar olmak üzere çeşitli ürünlerin küresel ısınmaya ne ölçüde maruz kaldığının belirlenmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin etkisinin belirlenmesi için birçok farklı model kullanılmaktadır. Günümüzde de aynı ürün için farklı bitki büyüme modelleri çalıştırılarak bu bitkilere iklim değişikliğinin etkileri araştırılmaktadır. Bitki büyüme modellerinin ana veri kaynakları zirai meteoroloji, toprak fiziki ve kimyası, bitki genetik özellikleri,

yetiştiriciliği ve agronomi gibi değişik disiplinlerde elde edilen bilgilerden oluşur. Bu veriler matematiksel eşitlikler ile birleştirilerek tarımsal ürünlerin yetiştirme, büyüme ve verim tahminleri yapılabilir. Birçok iklim değişikliği uygulamasında, bitki büyüme modelleri için girdi olarak uzun süreli geçmiş iklim verileri kullanılmıştır. Genel olarak ta 30 yıllık geçmiş iklim verisinin iklim değişikliğini temsil ettiği kabul edilmekte olup farklı iklim değişikliği senaryolarında da yine bu veriler kullanılmaktadır. Aslında iklim değişikliğini sabit kabul ederek örneğin sıcaklık değerlerine 1, 2, 3 gibi sayılar ekleyip ya da çıkartmak ile mevcut sıcaklık değerlerini °C cinsinden artırıp azaltmak ve yine aynı şekilde yağış ve güneş radyasyonu da %20, %10, %5 gibi azaltıp arttırmak en basit yaklaşımdır. Bitki büyüme modelleri için günlük iklim veri setleri kullanılmaktadır. Geçmiş dönem iklim verileri Küresel iklim modelinin sonuçlarını modifiye etmek için kullanılır demek daha doğru bir yaklaşım olur. (Lal vd. 1998, Hoogenboom 2000, Mall vd. 2004, 2006).

Droogers ve Kite (1999) Gediz havzasında yürüttükleri bir başka çalışmada da SWAP modeli ile su dengesi ve su verimliliğini tarla, sulanan alan ve havza ölçeğinde başarılı bir şekilde modellemişlerdir.

Mantel ve Van Engelen (1999) WOFOST v4.1 bitki büyüme modelini kullanarak Kenya için yaptıkları çalışmada mısır bitkisinin üretimine su erozyonunun etkisini araştırma yapmışlar ve 20 yıl erozyona uğraması senaryosuna göre mısırın ekim alanının yaklaşık olarak %35 oranında bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Sahoo (1999) Hindistan'da yaptığı çalışmada CERES-maize bitki büyüme modelinin kullanarak ve CO₂ değerinin 350 ppm de kaldığında sıcaklıktaki 4 derecelik artışın verimde %30 azalışına, ayrıca sıcaklık artışının 1.8 °C olduğunda 2030 yılları için verim kaybının % 18 olacağını öngörmüştür.

Supit ve Van der Goot (1999) WOFOST bitki büyüme modelini kullanarak Fransa'nın buğday üretim tahmininde çalışmalar yapmışlardır.

Dobermann vd. (2000) yaptıkları çalışmada bitki büyüme modelleri WOFOST 7.1 ve ORYZA1 i kullanmışlardır. Çalışmalarında Filipinler de 1968-1991 yılları arasında

gözlenen günlük iklim verilerini kullanarak pirinçte (IR72 tipi) potansiyel ürün verimlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Droogers vd. (2000) Gediz havzasında yaptıkları bir çalışmada pamuk ve buğday ekmişler ve daha sonra ekili olan bu alanlarda SWAP modelini kullanarak toprak-su içeriğini modellemişlerdir. Model verisi ile tarla gözlem verisi arasındaki determinasyon katsayısı buğday için 0.67 ve pamuk içinde 0.85 olduğunu belirlemişlerdir.

Eitzinger vd. (2002) tarafından Avusturya'da yapılan çalışmada, WOFOST, SWAP ve EPIC modellerini; Penman, Penman-Monteith, Hargreaves, Priestley-Taylor evapotranspirasyon yöntemleri ile kullanmışlardır. Çalışmanın yapıldığı 1999 ve 2000 yıllarında arpa ve buğday ekili alanda lizimetre ölçümleriyle karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda FAO Penman-Monteith metodu ve SWAP'tan elde edilen verilerin gerçek evapotranspirasyon verilerine en yakın olduğu tespit edilmiştir.

Attri and Rathore (2003) soya fasulyesinin toprağa uyum sağlanması için ekim tarihinin ve genotiplerin değişmesini önermişlerdir. Mall vd. (2004) aynı şekilde soya fasulyesi için Hindistan'da yaptıkları bir çalışmada ekim tarihlerinin daha ileriki bir tarihte olmasını önermişlerdir.

Dam vd. (2003) bitki büyüme modellerinin kalibrasyon sürecinde yaprak alan indeksi ve toprak üstü organlarının kuru ağırlıkları değerlerini kullanmışlardır. Çalışmalarda buğday, pamuk ve pirinç üzerine analizler yapılmıştır.

Eitzinger vd. (2004) farklı toprak koşullarında ve bitki büyüme dönemindeki toprak-su içeriğini CERES, WOFOST ve SWAP modelleri ile karşılaştırmış ve önemli bir fark bulunmadığını belirlemişlerdir.

Hansen ve Indeje (2004) ECHAM genel dolaşım modelini Kenya için 1960-2000 yılları arasındaki zaman periyodunun verilerini ölçek küçülterek CERES maize modelinde yarı kurak alanlarda ve sulama yapılmaksızın yetiştirilen mısır bitkisinin gelişiminin simülasyonunda kullanmışlardır ve gözlem istasyonlarından günlük olarak elde ettikleri iklim verileri ile çalıştırılan CERES-maize bitki büyüme modelinin sonuçları ile

karşılaştırmışlardır. Sapma oranlarını verim de %28-33 arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Trnka vd.(2004b) CERES-Barley modeli ile Avrupa'nın orta ve batı kesimlerinde baharlık arpa bitkisinin CO₂ konsantrasyonundaki artışı sonucunda, bitkinin büyüme ve gelişmesindeki değişimini ve uyum stratejilerini incelemişlerdir. Çalışmada stokastik iklim üretici ile günlük olarak ortaya konan iklim verileri vasıtasıyla, sınırlı ve olası üretim aşamalarında çok yıllık bitki büyüme simülasyonlarını inceleyerek, CO₂'nin iki katına çıkması ve küresel iklim modellerinden elde edilen 4 farklı senaryo sonuçlarını analiz etmişlerdir. Simülasyon sonuçları ve tarla denemeleri arasında 0.88'lik korelasyon yüksek ilişkiyi göstermiştir. İklim senaryolarına bağlı olarak üretimde % -19 ile % +5 arasında değişim öngörülmüştür.

Lawless ve Semenov (2005) yaptıkları çalışmada Avrupa'nın ve Yeni Zelanda'nın değişik bölgelerinde ve farklı çeşitler olmak üzere buğday gelişim sürelerinin tahmini için Sirius adlı bitki büyüme modelini kullanmışlardır. Aynı zamanda LARS-WG ile rastgele iklim verisi üreterek elde ettikleri veriler ile bitki büyüme modelini çalıştırmışlar ve iklim değişikliğinin verime ve büyüme gibi bitkinin fenolojik sürelerine etkisini araştırmışlardır. Bölgeye ve seçilen çeşidin farklılığına bağlı olarak büyümeye ve verime etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Kodesova ve Brodsky (2006) Çek Cumhuriyeti'nde yaptıkları çalışmada kök bölgesinde su dengesinin benzeşimi için CGMS-WOFOST ve HYDRUS-1D modellerini kullanarak elde ettikleri sonuçlara göre toprak nem içeriği verilerinde CGMS-WOFOST modelinin sonuçlarının HYDRUS-1D modelinin sonuçlarından nispeten daha kötü olduğunu belirlemişlerdir.

Mall vd (2006) bitki büyüme benzetimlerinin, iklim değişikliğinin tarım ve gıda güvenliği üzerindeki etkisini incelemek için yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir. Simülasyon modelinin çıktısı, çiftçilere ve planlayıcılara ürün yönetimi kararları vermede ve tarım sistemindeki alternatifleri belirlemede destek olduğunu göstermektedir.

Utset vd. (2007) İspanya’da yaptıkları çalışmada Akdeniz iklim koşullarındaki şeker kamışı bitkisinin su kullanımını tahmin etmek amacı ile SWAP modelini kullanmışlar ve modelin verimi doğrulukla tahmin edilebildiğini ve tahmin edilen evapotranspirasyon ile ölçülen değerler arasında 0.75’lik determinasyon katsayısı ile lineer bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Ünlü vd. (2007) mevcut koşullarda yaptıkları çalışmalarında Seyhan Ovasının Bölgesel Küresel iklim değişikliği altında toprak özelliklerinin, su rejiminin ve diğer iklim parametrelerinin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkilerini bitki büyüme simülasyonları ile belirlemişlerdir. Bu amaçla 1. ve 2. ürün mısır ve buğday bitkilerinin SWAP bitki büyüme modeli ile 1994-2003 ve 2070-2079 yılları arası için simülasyon çalışması yapmışlardır. Gelecek ve geçmiş dönem için çalıştırılan simülasyon sonuçlarına göre buğdayın yetiştirme döneminde %4, mısırın yetiştirme döneminde %47.6’lık bir azalma, evapotranspirasyonda buğday için %10.9, mısır için % 1.7’lik bir azalma yine buğday için sulama miktarlarında % 9.9 azalmaya karşılık mısır bitkisinde %3.3’lük bir artış, kuru madde ağırlıklarında buğday için % 13.1 ve mısır için % 25.1’lik bir azalma tespit etmişlerdir. En önemli göstergelerden biri olan verimde ise buğdayda % 5.5 ve mısırdan %31’lik bir azalmanın yanında, yetiştirme döneminde buğday için %8.7 ve mısır için %8.2’lik bir azalmada tespit etmişlerdir.

Govindarajan vd. (2008) Hindistan’da yaptıkları çalışmada, pirinç üretiminde gerekli su miktarının farklı rejimlerde verilmesi durumunda ortaya çıkan su verimliliği hesabını SWAP ve SWAT-WOFOST modellerini kullanarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada, agrometeorolojik değişkenler ile verim unsurları değişkenlerini değerlendirmişlerdir. Bu üç modelin de su verimlilik hesabı konusunda başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Hindistan’ın Sırseya bölgesinde uygulanan WATPRO (WATER PRODUCTIVITY study) projesinde, su verimliliğinin tarla ve bölgesel ölçeklerde artırılmasına yönelik olarak uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, bitki ve toprak modellerini bütünleşik olarak uygulanmıştır. SWAP-WOFOST modelleri buğday, pamuk ve pirinç kullanılmış, verimlilik ve evapotranspirasyon belirlenmiştir.

Yuping vd. (2008) kışık buğday üretim seviyesini tahmin etmek ve bölgesel ölçekte modelin gerçek verilerle benzeşim performansını geliştirmek için Çin’in kuzeyindeki

Huabei ovasında yaptıkları çalışmada MODIS uydu verisini WOFOST bitki büyüme modelinde kullanmışlardır. Bitki büyüme modelinin kalibrasyonu yapıldıktan sonra olgunluk ve çiçeklenme dönemi parametreleri için simülasyon ve gözlemlenen veriler arasındaki değerleri 3.4 ve 5.0 gün olarak bulmuşlardır. Aynı zamanda olgunluk ve çiçeklenme dönemleri simülasyon ve gözlenen veri arasındaki korelasyon katsayısı 0.976 ve 0.951 olarak bulunmuştur.

Şen (2009) tarafından gerçekleştirilen “Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi” adlı çalışmasında yine WOFOST bitki-büyüme modelini kullanmıştır.

Koç (2011) yaptığı çalışmada “İklim Değişikliğinin Tarıma Olası Etkilerinin WOFOST Bitki-Büyüme Modeli ile Araştırılması” çalışmasında farklı iklim koşullarında yapılan buğday verimini modellemiş ve etkinliği analiz edilen modelin başarılı sonuçlar elde ettiğini belirlemiştir.

Çaylak (2015) Kırklareli ilinde DSSAT CERES-Wheat modeli kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında buğday bitkisinin sıcaklık ve yağış değişimlerine duyarlı olduğu ve gelecek dönemlerde buğday veriminde azalışlar beklendiğini ortaya koymuştur.

Gürkan (2019) Konya ilinde DSSAT CROPGRO ve Aquacrop modelleri ve RCP4.5 - RCP8.5 projeksiyonlarını kullanarak yaptığı iklim değişikliğinin ayçiçeği verimi üzerine olası etkileri çalışmasında gelecek dönemlerde ayçiçeği veriminde %20-30'lara varan oranlarda azalışlar olabileceğini ortaya koymuştur.

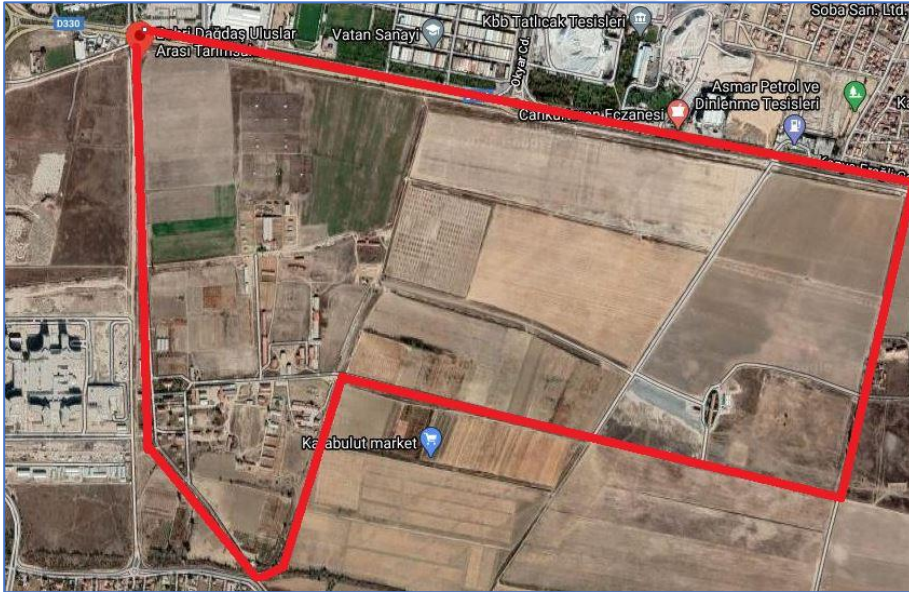
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Buğday üretim verileri

Tezde ana materyal olarak kullanılan buğday ve toprak verileri (toprak kimyasal ve fiziksel özellikleri vb.) 2017-2018 yıllarında Konya ili Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü ekmeklik ıslah çalışması araştırma projesinden temin edilerek değerlendirilmiştir.

Tez çalışması Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Merkez deneme arazisinde 2017 ve 2018 vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Deneme alanı 37.88 Kuzey enlemi ve 32.55 Doğu boylamı arasında bulunmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1 2017-2018 yıllarında deneme alanı uydu görüntüsü

Buğday çeşidi ve özellikleri

Tezde Karahan-99 buğday çeşidi kullanılmıştır. Karahan-99 çeşidi yörede çok tercih edilen bir ekmeklik buğday çeşididir. Karahan-99 buğday çeşidinin özellikleri şu şekildedir.

- Başak Özelliği : Beyaz, Kılçıklı
- Bitki Boyu (cm) : 80 – 100
- Yatmaya Dayanıklılık : Dayanıklı
- Kuraklığa Dayanıklılık : Dayanıklı
- Soğuğa Dayanıklılık : Dayanıklı
- Hastalıklara Dayanıklılık : Paslara, Rastığa, Sürmeye ve kök çürüklüğüne (Orta) seviyede
- Protein Oranı (%) : 11-14
- Dane Rengi : Beyaz
- Sertlik : Orta Sert
- Bin Dane Ağırlığı (g) : 32–38
- Dane Verimi (kg/da) : 200–500

3.1.2 Toprak özellikleri

Proje arazisinde 2017-2018 yılında 0-30 ve 30-60 cm derinliklerden alınan toprak numunelerinin analizi, Konya Toprak Su Kaynakları Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır. Toprak kumlu bünyededir. Yapılan analiz sonucunda toprağın organik madde bakımından zayıf olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Karahan-99 çeşidi için önemli vejetasyon dönemleri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Toprak analiz sonuçları

Toprak Özellikleri	Derinlik (cm) 0-30	Derinlik (cm) 30-60
Kum (%)	44.47	44.5
Silt (%)	24.59	28.86
Kil (%)	30.94	26.64
Bünye Sınıfı	CL	CL
Hacim Ağırlığı (g/m ³)	1.11	1.21
Tarla Kapasitesi (%)	23.12	18.24
Solma Noktası (%)	16.79	9.48
Organik Madde (%)	2.53	1.12
pH	8.3	8.3
EC (dS/m)	0.79	0.79
Fosfor (P ₂ O ₅) (kg/da)	11.06	6.99
Potasyum (K ₂ O) (kg/da)	88.89	62.17
Kireç (CaCO ₃) (%)	29.48	33.16

Çizelge 3. 2 Karahan-99 vejetasyon dönemleri

<i>Ekim Tarihi</i>	29.10.2016	01.11.2017
<i>Çiçeklenme Tarihi</i>	26.05.2017	19.05.2018
<i>Hasat Tarihi</i>	10.07.2017	12.07.2018

3.1.3 Kültürel İşlemler

Buğday bitkisi çalışmanın ilk yılında 29 Ekim 2017, ikinci yıl ise 01 Kasım 2018 tarihlerinde ekilmiştir. İkinci yıl 3 gün daha geç ekilmesine rağmen 6 gün daha erken çiçeklenmiş fakat ilk yıla göre 2 gün daha geç bir tarihte hasat edilmiştir. Hasat tarihleri ilk yıl 10 Temmuz iken ikinci yıl 12 Temmuz olarak kaydedilmiştir.

a) Gübreleme: Çalışmanın yapıldığı 2017 ve 2018 yıllarında eşit şekilde gübreleme yapılmıştır. Yapılan gübreleme çeşidi ve miktarları şu şekildedir:

- Ekimle birlikte 15 kg/da Diamonyum Fosfat (DAP)
- Ekimden sonra 15 kg/da Diamonyum Fosfat (DAP) ve 13 kg/da Üre gübresi uygulanmıştır.

b) Bitki verim ve verim ögeleri: Proje kuru tarım koşullarında uygulandığı için herhangi bir sulama işlemi yapılmamış olup sadece doğal yağmur verileri kullanılmıştır. Aynı zamanda tez çalışması sırasında gözlemlenip materyal olarak kullanılan verim ve verim ögeleri listede belirtilmiştir.

- ✓ Toprak Üstü Aksam Ağırlığı (kg)
- ✓ Tane ağırlığı(gr)
- ✓ Hasatta Verim (kg/da)
- ✓ Yaprak alan indeksi (m/m²)
- ✓ Başak sayısı (adet)



3.1.4 Meteorolojik gözlem verileri

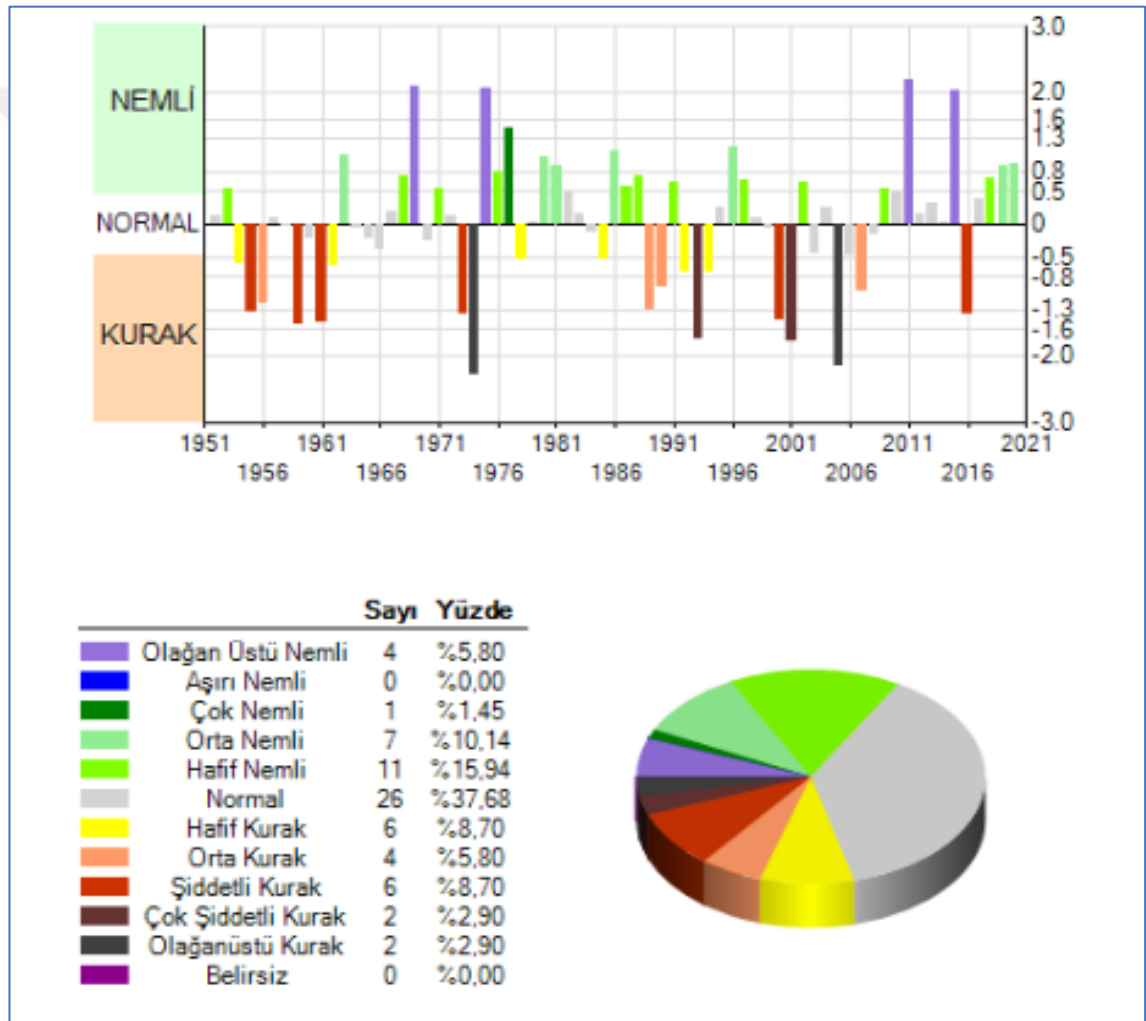
Konya ili Türkiye'nin en kurak illerinden biridir. İklim sınıflandırmasına göre yarı kurak – çok kuraktır. İlin iklim özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3. 3 Konya iklim özellikleri

KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929-2019)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.1	1.4	5.5	11.0	15.8	20.1	23.4	23.2	18.7	12.6	6.5	1.6	11.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.6	6.9	11.7	17.5	22.3	26.6	30.1	30.1	26.0	19.8	13.1	6.5	17.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.1	-3.3	-0.2	4.3	8.5	12.6	15.8	15.5	10.9	5.8	0.8	-2.3	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.5	5.8	7.2	9.0	10.7	11.7	11.3	9.6	7.3	5.3	3.1	88.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.0	8.4	8.8	9.0	10.5	6.6	2.2	1.5	3.1	6.1	6.6	10.1	82.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı	37.9	28.5	28.7	31.9	43.3	25.7	7.1	6.5	13.2	29.9	32.2	42.8	327.7
Ortalama Yağış Miktarı (mm)													

Kaynak: MGM il iklim özellikleri (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KONYA>)

Çizelge 3.3'te verilen meteorolojik veriler incelenerek; buğday ekim ile hasat dönemi arasındaki süre ortalama 9 ay olduğu ve Ekim ayında da ekim yapıldığı düşünülerek 9 aylık kuraklık analizi yapılmıştır (Şekil 3.2). MGM Kuraklık İzleme Sistemi (KİS) ile Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemine göre Ekim-Haziran dönemine 9 aylık periyotlar ile bakıldığında araştırmanın yürütüldüğü 2017 yılı normal nemli, 2018 yılı ise orta nemli olarak belirlenmiştir (Şekil 3.2). 1952-2020 periyodunda kuraklık analizleri yapılmış olup 23 yıl nemli, 26 yıl normaller civarında, 20 yıl ise kurak olarak belirlenmiştir (Anonim. 2020b).



Şekil 3. 2 Konya ili kuraklık analizi

Bitki simülasyon modelleri günlük meteorolojik veriler ile çalıştırılmaktadır. Araştırmada kullanılan meteorolojik parametreler Meteoroloji Genel Müdürlüğü veri

işlem biriminden temin edilmiştir. Kullanılan meteorolojik gözlem verileri 2017 ve 2018 yıllarına aittir (Çizelge 3. 4).

Çizelge 3. 4 Kullanılan Meteorolojik parametreler

Modelde kullanılan meteorolojik gözlem parametreleri
Günlük minimum sıcaklık °C
Günlük ortalama sıcaklık °C
Günlük maksimum sıcaklık °C
Günlük toplam yağış miktarı (mm)
Günlük ortalama nispi nem (%)
Günlük güneşlenme şiddeti (Mjoule/m ²)
Günlük ortalama rüzgâr hızı (m/s)

3.1.5 İklim projeksiyonları

İnsan yaşamının tüm faaliyetleri iklim faktöründen doğrudan etkilenmektedir. Bundan dolayı iklimi ve değişimini tahmin etme fikri çok eski zamanlardan beri insanoğlunun gündeminde olmuştur. İnsanoğlu, var olduğundan bu zamana kadar sistemin karşılaştığı sorunları çözmeye, evreni keşfetmeye, doğal ve rahat yaşam ihtiyaçlarını kontrol etmeyi istemiştir ki bu nedenle sistemin kendisini veya soyut / somut modeller üzerinde deneyler yapmak gerektiğini hissetmiştir. Sisteme müdahale etmek daha zor ve karmaşık olduğundan dolayı modelleme kavramı üzerinde yoğunlaşmış ve zaman içinde bu kavramı geliştirmiştir. Modelleme, gerçekleşmesi muhtemel görüntünün bilgisayar ortamında gerçek gibi görünmesini sağlar. Modeller, oluşturduğumuz hipotezleri test etmemize yardımcı olurlar. Bu nedenle bilimde model kullanmak kaçınılmazdır. Öte yandan modeller idealleştirilmiş gerçeklik biçimleridir. Genellikle karmaşık sistemleri basitleştirirler. Model dinamik bir yapı olmakla birlikte aynı zamanda yeni bilgilerle değişebilirler.

İklim modellerinin asıl amacı; Atmosfer, hidrosfer, biyosfer, litosfer ve kriyosferden oluşan iklim bileşenlerinin arasındaki değişiklikleri ölçülebilir ve gözlemlenebilir (kantitatif) yöntemlerle göstermektir.

Küresel İklim Modeli (GCM), gelecekte ne tür iklim koşullarıyla karşılaşacağımızı en iyi tanımlayan sistemdir. Teknolojinin gelişmesi sayesinde başlangıcı 1950'lere dayanan iklim modelleri üzerine araştırmalar hızla artmıştır. Günümüzde yüksek teknoloji ve yüksek maliyet gerektiren küresel iklim modeli araştırmaları, birçok gelişmiş ülkede, uluslararası araştırma kurumları ve iklim merkezleri tarafından yapılmaktadır.

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1988 yılında dünya çapında iklim değişikliği çalışmalarını yönlendirerek hükümetlere tarafsız ve güvenilir raporlar hazırlamak amacıyla Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) koordinesinde kurulmuştur. IPCC bilimsel temellere dayalı olarak iklim değişikliğinin belirlenmesi, azaltılması, adaptasyon ve uyum sağlanması hususunda hazırladığı raporlar ile hükümetler nezdinde karar vericilere ve topluma yol gösterici olmaktadır. IPCC küresel iklim öngörülerinde kullanılmak üzere geleceğe yönelik eko sistemler, arazi kullanımı, nüfustaki değişim, sosyo-ekonomik gelişim gibi göstergelerde olası durumların öngörüldüğü senaryolar oluşturmaktadır. IPCC'nin AR5 raporlarında Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathways; RCPs) iklim senaryolarının oluşturulmasında temel alınmıştır. Temsili Konsantrasyon Rotalarında öngörülen radyatif zorlama değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Radyatif zorlama birim alandaki toplam güneş enerjisi (Watt/m^2) olarak isimlendirilmektedir. 2018 yılında Amerika Ulusal Atmosfer ve Okyanus İdaresi'nin (NOAA) yaptığı son değerlendirmede küresel radyatif zorlama miktarının 3.1 Watt/m^2 'ye çıktığı belirtilmiştir (Anonymous 2020a). İklim değişikliğine bağlı olarak etki ve adaptasyon çalışmalarında çoğunlukla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılmaktadır.

21. yüzyılın sonunda ışımsal zorlamanın RCP4.5 senaryosuna göre 4.5 Watt/m^2 ye, RCP8.5 senaryosuna göre de 8.5 Watt/m^2 çıkması beklenmektedir. Aynı şekilde sera gazları konsantrasyonlarının 2100'de RCP4.5'te 650 ppm, RCP8.5'te 1370 ppm CO_2 eş değerine çıkması öngörülmektedir (Akçakaya vd. 2015). RCP4.5 senaryosu iklim değişikliği çalışmalarında bulunan gruplarca gerçekleşmesi yüksek olasılıklı senaryo olarak varsayılmaktadır. NASA tarafından Ocak 2021 gözlemlerine göre küresel CO_2 konsantrasyonları 415 ppm e yükselmiştir (Anonymous 2021).

Mevcut durumda meydana gelecek değişimlerin bilimsel bir tabanda açıklanması, bu değişikliklere karşı alınacak önlemlerle azaltma ve uyum projeleri hazırlamak için yöneticilere yol göstermesi açısından geleceğe yönelik iklim projeksiyonları hazırlanmaktadır. 1970’lerden itibaren etkisi belirginleşen iklim değişikliği ve buna yönelik öngörüler pek çok bilim insanının çalışmasına konu olmuştur (Önol 2001, Şen 2009, Şen vd. 2012, 2014, Demir vd. 2013, Gürkan 2019, Akçakaya vd. 2015, Gürkan vd. 2015, 2016, Demircan vd. 2017, Demiroğlu vd. 2020).

Çizelge 3. 5 Seçilen iklim modelleri ve senaryoları (Akçakaya vd.2015)

Küresel İklim Modelleri	HadGEM2-ES	MPI-ESM-MR	GFDL-ESM2M
Kaynak Enstitü	Hadley İklim Tahmin Merkezi / İngiltere	Max Planck Enstitüsü / Almanya	NOAA-GFD Laboratuvarı / A.B.D.
Senaryolar	RCP4.5 ve RCP8.5	RCP4.5 ve RCP8.5	RCP4.5 ve RCP8.5
Bölgesel İklim Modeli	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.	RegCM4.3.4.
Projeksiyon Çözünürlüğü (km)	20	20	20

Küresel iklim modellerinin yatay çözünürlüğü yaklaşık 120 ile 360 km arasında değiştiğinden oldukça düşüktür. Çözünürlüğü düşük modellerden elde edilen iklim tahminleri gelecek için genel bilgi sağlayabilse de lokal ölçek ve hassas sektörlerdeki analizler için yeterli değildir. Küresel iklim modellerinin düşük çözünürlük özelliğini bertaraf etmek için bölgesel iklim modelleri kullanılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü de çalışmasında HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin düşük çözünürlüğünü RegCM4.3.4 versiyonunu 20 km çözünürlükte çalıştırarak iyileştirmiştir.

RegCM, İtalya’da bulunan Abdus Salam Uluslararası Teorik Fizik Merkezince (ICTP) geliştirilmiş bölgesel iklim modelidir. RegCM’in ilk versiyonu 1989’da şu anda kullanımda olan son versiyonu ise 2010’da kullanıma sunulmuştur. Türkiye’de de pek çok araştırmacı RegCM’in versiyonlarını pek çok araştırmada kullanmışlardır. (Önol 2001, Şen 2009, Şen vd. 2012, Demir vd. 2013, Akçakaya vd. 2015, Öztürk vd. 2015)

Bu tez çalışmasında MGM tarafından 1970-2000 dönemi için Türkiye ortalamasına en yakın sonuçları verdikleri için seçilen HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel iklim modelleri tercih edilmiştir. Bu modeller aynı zamanda dünya genelinde ve IPCC raporlarında en çok kullanılan modellerdir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan Türkiye için öngörülerden elde edilen sonuçlara göre 2020-2098 döneminde ortalama sıcaklıklar da 1.5–3.7°C aralığında artış, bölgesel olarak yıllık toplam yağışlarda ise azalış öngörülmüştür. Genel olarak yağışın rejiminde de değişiklik olacağı simüle edilmiştir (Akçakaya vd. 2015, Demircan vd. 2017).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün çalıştırdığı HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M modellerinden RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarından elde edilen verilere göre yapılan simülasyonlarda 2020-2098 yılları arasındaki dönemde Konya ilinde yıllık toplam yağışlarda azalış, yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde ise artış tahmin edilmektedir.

RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklıklardaki artış; en düşük 1.5 ve en yüksek 2.5°C aralığındadır. Aynı zamanda bu 3 modelin öngördüğü ortalama sıcaklık değerleri ortalamasındaki artış ise 1.8°C olarak hesaplanmıştır. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu değerlerdeki artış 2.5–3.6°C aralığında değişmekte iken modellerin öngördüğü ortalama sıcaklık değerleri ortalamasındaki artış ise 2.9°C’dir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3. 6 Konya kapalı havzası sıcaklık projeksiyonları (MGM. 2019)

Konya İlinin Yıllık Ortalama Sıcaklık Değişimi (°C)							
Küresel İklim Modeli		HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
Senaryo		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Periyot	2020-2040	1.8	2.0	0.9	1.0	0.9	1.3
	2041-2070	2.6	3.5	1.5	2.4	1.8	2.5
	2071-2098	3.2	5.3	1.9	4.3	1.7	3.7
	Tüm Dönem (2020-2098)	2.5	3.6	1.5	2.6	1.5	2.5

RCP4.5 senaryosuna göre yağışlardaki azalış; en az %8 ve en çok %13 aralığındadır. Aynı zamanda bu 3 modelin öngördüğü yıllık toplam yağış değerleri ortalamasındaki azalış ise %9 olarak hesaplanmıştır. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu değerlerdeki azalış %10–30 aralığında değişmekte iken modellerin öngördüğü yıllık toplam yağış değerleri ortalamasındaki azalış ise %16’dır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3. 7 Konya kapalı havzası yağış projeksiyonları (MGM. 2019)

Konya İlinin Yıllık Toplam Yağış Yüzde Değişimi (%)							
Küresel İklim Modeli		HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		GFDL-ESM2M	
Senaryo		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Periyot	2020-2040	-8	0	-13	-13	-10	-10
	2041-2070	-8	-16	0	-13	-10	-20
	2071-2098	-8	-16	-13	-26	-10	-30
	Tüm Dönem (2020-2098)	-8	-11	-9	-17	-10	-20

Konya kapalı havzası günümüzde de Türkiye’nin en düşük yağış alan havzası konumundadır. Bu koşullarda, gelecek dönemde yağışlarda öngörülen %10-14’lük azalış ve yağış rejimindeki değişimler ve sıcaklıklardaki 1.8–2.9°C aralığındaki artışın sebep olacağı buharlaşma ve bitkilerde terlemedeki artış bölgedeki su ihtiyacının artmasına neden olacağı için tarımsal üretim ve verimliliği negatif yönde etkileyeceği öngörülebilir.

Bitki büyüme simülasyon modeli olarak son zamanlarda yaygın olarak kullanılan DSSAT-CERES modeli tercih edilmiştir. Materyal olarak kullanılan buğday ve toprak verileri 2017-2018 yıllarında Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü ekmeklik ıslah çalışması araştırma projesinden temin edilmiştir. İklim verileri MGM’ den temin edilmiştir. MGM tarafından 20 km çözünürlüklü üretilen iklim projeksiyonları veri setleri aşağıdaki senaryolar ve küresel iklim modellerinde elde edilmiştir;

- HadGEM2-ES – RCP4.5 ve RCP8.5
- MPI-ESM-MR – RCP4.5 ve RCP8.5
- GFDL-ESM2M- RCP4.5 ve RCP8.5

3.2 Yöntem

Bu çalışmada yöntem olarak DSSAT (Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemleri) bitki büyüme modeli kullanılmıştır. Bitki büyüme modelleri, tarımsal üretimde bitki gelişim evrelerinde karşılaşılan çeşitli sorunların üstesinden gelmek, gelişim durumunu ile verimi önceden kestirmek, en yüksek verimi ve sürekliliğini sağlamak için karar destek mekanizması olarak kullanılır. (Köksal ve Kanber 2003).

Tarımsal Teknoloji Transferi için Karar Destek Sistemleri (**D**ecision **S**upport **S**ystem for **A**grotechnology **T**ransfer) olarak adlandırılan DSSAT bitki büyüme modelinin temeli 1980’li yıllarda ortaya çıkmıştır. 1981-1992 yılları arasında ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı (USAID) tarafından finanse edilen Uluslararası Benchmark Sites for Agrotechnology Transfer Network (IBSNAT) himayesinde başlatılmıştır. IBSNAT Projesi’nin merkezi Hawaii Üniversitesi’nde kurulmuş olup geliştirme ekibinde Florida Üniversitesi, Guelph Üniversitesi, Porto Riko Üniversitesi, Michigan Eyalet Üniversitesi, Uluslararası Gübre Geliştirme Merkezi, USDA-ARS’ den modelciler bulunmaktadır. En son DSSAT 4.7.5 versiyonu 2019 yılında kullanıcılara sunulmuştur (Jones vd. 2003, Hoogenboom vd. 2019).

Çizelge 3. 8 DSSAT bitki listesi

DSSAT modeli bitki ailesi

<i>Tahıllar</i>	Buğday	Arpa	Mısır	Çeltik	Sorgum	Darı	Tef
<i>Baklagiller</i>	Fasulye	Bakla	Nohut	Börülce	Soya	Yer Fıstığı	Bezelye
<i>Yağ Bitkileri</i>	Ayçiçeği	Kanola	Aspir	Ketencik			
<i>Yumrulu Bitkiler</i>	Patates	Kasava	Gövelez (Taro)	Tannier			
<i>Lif Bitkileri</i>	Pamuk						
<i>Yem Bitkileri</i>	Yonca	Bahia çimi	Bermuda çimi	Brachiaria			
<i>Şeker Bitkileri</i>	Şeker Pancarı	Şeker Kamışı					
<i>Meyveler</i>	Narenciye	Çilek	Ananas				
<i>Sebzeler</i>	Domates	Lahana	Tatlı Mısır	Yeşil Fasulye	Kırmızı Biber		

DSSAT bitki büyüme modeli ailesini diğer pek çok modelden farklı kılan yanı tahıllardan meyve-sebzeye, tek yıllık bitkilerden çok yıllık bitkilere kadar çok sayıda bitki ile simülasyon yapabilmesidir (Çizelge 3.8).

DSSAT 'ı diğer modellerden farklı kılan en önemli özelliklerden birisi de içerisinde pek çok bitki büyüme modeli barındırmasıdır. NWHEAT, CERES, CROPGRO, CASUPRO, CANEGRO ve SUBSTOR bitki büyüme modelleri DSSAT içerisinde yer alan farklı bitkiler için simülasyon yapmak amacıyla özelleştirilmiş modellerdir.

CROPGRO bitki büyüme modeli yapraklarda fotosentezle karbon asimilasyonu baz alan bir modeldir. CERES bitki büyüme modeli ise birim biokütle oluşumunda güneşlenmeyle

radasyon hesabını esas alan bir modeldir. DSSAT model gurubunda bu şekilde farklı yaklaşımları bünyesinde barındırmaktadır.

DSSAT bünyesinde farklı yardımcı programları kullanıcılara destek olması amacıyla barındırmaktadır. Model, Bitki rotasyonu, Ekonomik ve Uzun yıllar analizleri, gibi değerlendirmelere olanak sağlar.

DSSAT bitki büyüme modeli bünyesinde çok sayıda farklı bitki simülasyon modeli barındırması dolayısıyla kullanıcılarına çok farklı alanlarda analiz yapma imkânı sunabilmektedir. DSSAT bitki, iklim, toprak, toprak-bitki-atmosfer etkileşimini ile sulama, gübreleme ve ekim şekli gibi tarla yönetimi uygulamalarını sayısal denklemlerle benzeşim yapmaktadır. Bu model 1980'lerden beri kullanımda olup sürekli güncellenen versiyonlarıyla 150'den fazla ülkede farklı alanlardaki kullanıcılara (akademisyenler, çiftçiler ve yöneticiler) hizmet veren bitki simülasyon modellerindendir.

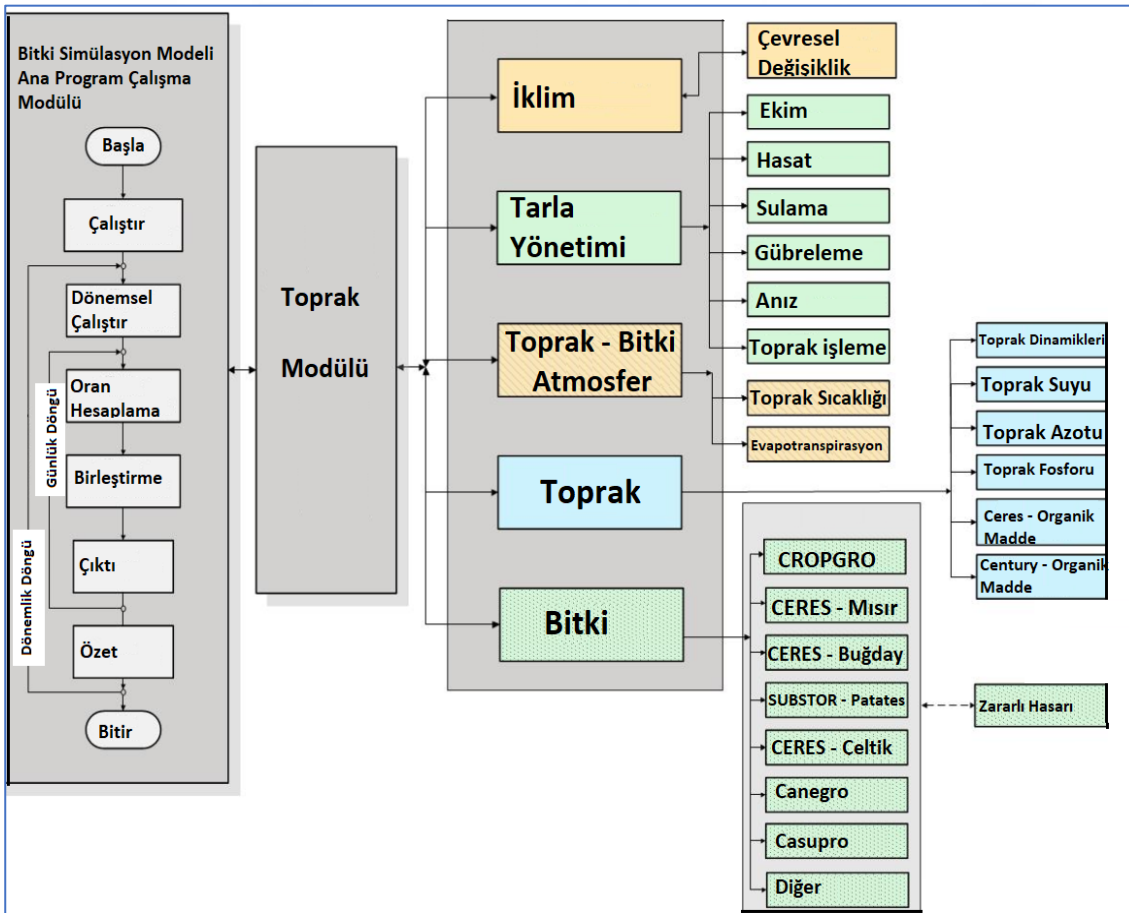
DSSAT bitki büyüme modeli sahip olduğu uygulamalarla noktasal bazlı, toprak nem içeriği, bitki su tüketimi, sulama miktarı ve periyodu planlaması, duyarlılık, ekonomik, iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerinin analizleri konularında karar vericilere bilimsel temelli veri sağlayıcı bir rol oynamaktadır.

DSSAT sahip olduğu önceki versiyonlarda Gencalc (Genotype Coefficient Calculator) isimlendirilen, mevcut versiyonda Genelleştirilmiş Olasılık Belirsizlik Tahmin (GLUE) olarak güncellenen uygulaması bitkiye ait en uygun genetik katsayısı belirlemede kullanılan bir yazılımdır. Uygulama binlerce kez otomatik olarak çalışarak optimum genetik katsayıyı belirler. Bu işlem sonucunda kullanıcı hatalarının büyük oranda önüne geçilerek büyük ölçüde zamandan tasarruf sağlamaktadır.

DSSAT bitki büyüme modelinin bir diğer avantajı da geniş bir veri tabanına sahip olmasıdır. Araştırmacılara sağlanan bitki çeşitlerinin genetik katsayıları, saha yönetimi bilgileri, toprak veri tabanları ve meteorolojik parametre veri tabanları gibi veriler, kullanıcılara kolaylık sağlamak için daha önce model veri tabanında kullanılmıştır.

DSSAT modeli diğer modellere göre nispeten fazla girdi parametresi gerektirir. Buna karşılık model kullanıcı ihtiyaçlarına göre birçok parametreyle ilgili çıktı üretir. DSSAT'ın iyi bir benzeşim yapabilmesinin ardında, kapsamlı veri desteği yatmaktadır. Bunun için günlük iklim verileri, detaylı toprak yüzeyi ve profili bilgileri ile ayrıntılı bitki gelişim dönemi verilerine ihtiyaç duymaktadır.

DSSAT bitki simülasyon modelinde hesaplamalar; Bitki, Toprak, İklim, Tarla yönetimi ve Toprak-Bitki-Atmosfer etkileşimi olmak üzere 5 başlık altında gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3. 3DSSAT iş akış şeması

Kullanıcılar modeldeki tüm girdi parametrelerini sağlayabilirse, birçok parametreyi DSSAT ile modelleyebilirler. Bununla birlikte model girdi olarak bazı minimum parametrelerin sağlanmasıyla simülasyonu çalıştırmaya yeterli olup temel hesaplamaları

gerçekleştirebilir. DSSAT modelinin çalışması için gerekli olan minimum parametre listesi Çizelge 3.10 da belirtilmiştir.

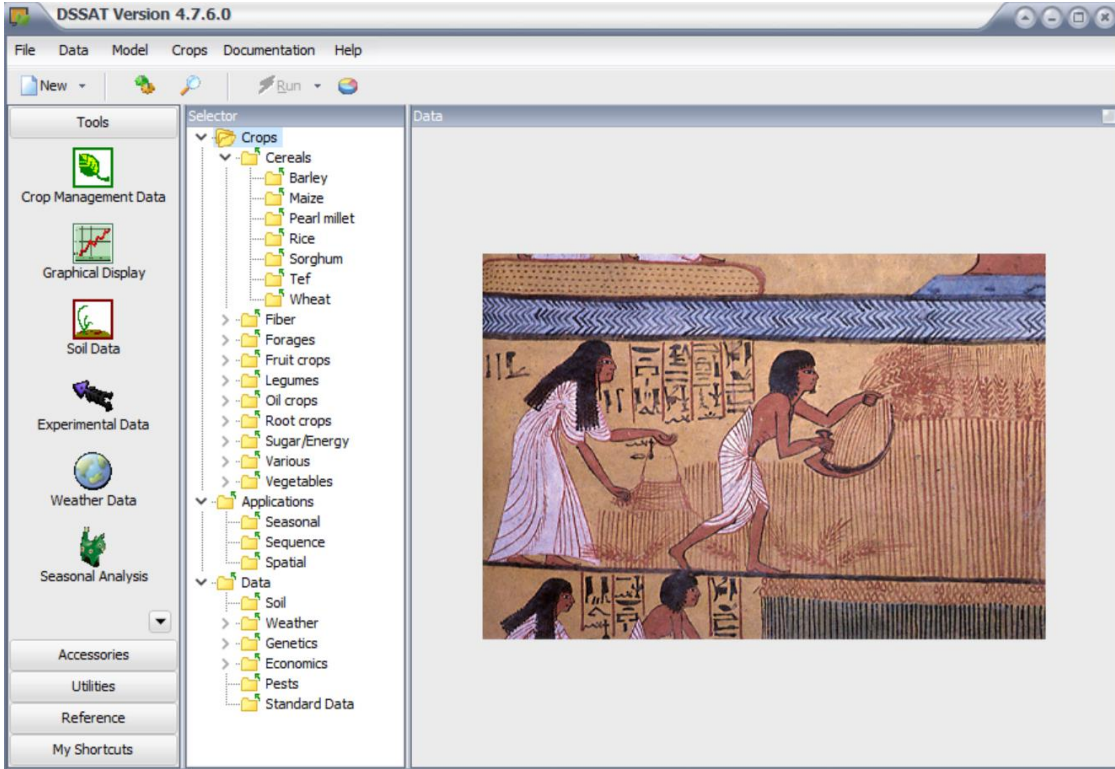
Çizelge 3. 9 DSSAT minimum çalışma parametreleri

Meteorolojik parametreler	Günlük maksimum ve minimum sıcaklık
	Günlük toplam yağış,
	Günlük güneşlenme şiddeti
	Meteorolojik istasyonun koordinat bilgileri
Toprak	Yüzde kum, kil, silt oranları
	Hacim ağırlığı,
	pH,
	Tarla kapasitesi, daimî solma noktası ve doyma noktası
	Organik karbon
	Toprak derinliği
Bitki ve tarla yönetimi verileri	
Bitki vejetasyon dönemi gelişme verileri	

DSSAT'ta buğday simülasyonu için CERES, CROPGRO ve APSIM modellerinden herhangi biri seçilebilir. DSSAT bünyesinde yer alan CERES modeli birçok bitkinin simülasyonunda kullanıcılar tarafından tercih edilmektedir. Modelin simülasyonu gerçekleştirebilmesine yönelik her bitki özelinde genetik katsayılar tanımlanmıştır. Genetik katsayılar çeşit, ekotip ve tür özelinde kategoriye ayrılmıştır.

Modelde buğday bitkisi için çeşit bazında 7 (Çizelge 3.11), ekotip bazında 29 (Çizelge 3.12) alt kategoride farklı genetik katsayı belirtilmiştir. Bu çeşitliliğe özgü 7 genetik katsayıdan 3'ü fenolojik gelişim aşaması ile ilişkili olsa da 4'ü verim faktörleri ile ilgilidir.

DSSAT bitki büyüme modeli incelendiğinde veri giriş aşamaları Şekil 3.4 – 3.10'da gösterildiği şekilde yapılmıştır.



Şekil 3. 4 DSSAT kullanıcı arayüzü

Şekil 3.4’de görüldüğü üzere DSSAT bitki yönetimi ara yüzü bölümündeki tahıllar grubundan buğday seçimi yapılmıştır.

General Information- C:\DSSAT47\WHEAT\TRKN1701.WHX(Experimental)

File Type		Experimental	
Experiment Name *			
BAHRI DAGDAS 2017 BUGDAY X FILE			
Experiment Identifier (file name)			
Institute Code *	TR	General Information	
Site Code *	JN		
Year *	2017		
Experiment Number *	1		
Crop *	Wheat	People	-99
		Address	-99
		Site	-99



Şekil 3. 5 DSSAT Deneme alanı bilgi giriş ekranı

Öncelikle Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsünde çalışılan bitki ve bu bitkiye ait olduğu yıla ait bilgi girişi yapılmıştır.

... Editing soil profile: TRKON20151 ...

General Information

Country: Turkey Soil Data Source: -99

Site Name: Konya Soil Series Name: Konya Toprak Su ve Collesme ile Mucadele Ens.

Institute Code: TR Soil Classification: Clay

Latitude: 37.804

Longitude: 32.51

Surface Information

Color: Brown % Slope: 1

Drainage: Well Runoff Potential: Lowest

Fertility Factor (0 to 1): 1

Şekil 3. 6 DSSAT Toprak Sınıflandırma giriş ekranı

Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü toprak sınıflandırması ve çalışılan alanın enlem-boylam bilgileri eklenmiştir.

Level 1 Measurement Date (MM/dd/yyyy): 10/29/2016

Year: 2016 Initial Conditions for soil: KONYA BAHRI DAGDAS ARASTIRMA (TRKONYA018)

2017

2018

Depth, base of layer, cm	Volumetric Water, cm ³ cm ⁻³	Ammonium (NH ₄) g[N] Mg ⁻¹ [soil]	Nitrate (NO ₃) g[N] Mg ⁻¹ [soil]
30	0.2	0.4	3.2
60	0.115	0.4	3.2

Edit

Water (% Available): Nitrogen (kg/ha):

Recalculate

Note: initial condition data will be overwritten when you select recalculate

Soil Analysis Layers

Depth, base of layer, cm	Bulk density, moist, g cm ⁻³	Organic carbon, %	Total nitrogen, %	pH in water	pH in buffer	Phosphorus, extractable, mg kg ⁻¹	Potassium, exchangeable, cmol	Stable Organic Carbon, %
30	1.1	1.6		8.3				

Şekil 3. 7 DSSAT Toprak Profil giriş ekranı

Tarla denemesinde elde edilen toprak katmanları ve bunlara ait veriler toprak verileri arayüzü kullanılarak girilmiştir.

TRND	DATE	LND	SWD	SWND	LWD	LWN
1	81344	0.00	0	0	60	59
1	82081	0.00	0	0	99	99
1	82079	0.00	0	0	125	124
1	82081	0.12	0	0	170	170
1	82082	0.20	0	0	225	225
1	82101	0.31	0	0	339	339
1	82115	0.44	225	0	765	807
1	82125	0.96	433	0	1230	1470
1	82130	1.02	1857	0	2240	4846
1	82152	0.33	2236	0	1230	9127
1	82162	0.00	1862	1990	1128	5082
1	82168	0.00	1889	2147	1152	5940
1	82175	0.00	1889	2323	1171	5984
2	81344	0.00	0	0	105	105
2	82081	0.00	0	0	139	140
2	82079	0.00	0	0	140	140
2	82081	0.17	0	0	214	214
2	82082	0.29	0	0	269	269
2	82101	0.53	0	0	522	520
2	82115	1.14	274	0	1239	1629
2	82125	1.84	632	0	1891	2600
2	82130	1.70	3621	0	3196	7254
2	82152	0.69	3972	0	2430	8919
2	82162	0.00	2092	2339	1730	7339

Şekil 3. 8 DSSAT Vejetasyon dönemi giriş ekranı

Vejetasyon dönemlerine ait veriler yine arayüz kullanılarak girişi sağlanmıştır.

File
Data
Model
Crops
Documentation
Help

New
Run

Tools

Crop Management Data

Graphical Display

Soil Data

Experimental Data

Weather Data

Seasonal Analysis

Rotational Analysis

Genotype Coefficient Calculator

Accessories

Utilities

Reference

My Shortcuts

Crops
Cereals
Barley
Maize
Pearl millet
Rice
Sorghum
Tef
Wheat
Fiber
Forages
Fruit crops
Legumes
Oil crops
Root crops
Sugar/Energy
Various
Vegetables
Applications
Seasonal
Sequence
Spatial
Data
Soil
Weather
Genetics
Economics
Pests
Standard Data

Data
Experiments
Data
Outputs

	#	Experiment	Description	Modified
☐	1	KSAS8101.WHX	N RESPONSE,KANSAS STATE 3FE(N)*ZIR (DSSAT3)	22:57:50, Cum, 1 Mar 2019
☐	2	RORC7401.WHX	N RESPONSE,ROTHAMSTED 8FE(N) (DSSAT3)	22:57:50, Cum, 1 Mar 2019
☐	3	SWSW7501.WHX	N RESPONSE,SWIFT CURRENT 7FE(N)*ZIR (DSSAT3)	16:37:15, Pzt, 2 Mar 2020
☐	4	TRON1701.WHX	BAHRI DAGDAS 2017 BUGDAY X FILE	16:16:28, Car, 6 May 2020
☐	5	TRON1801.WHX	BAHRI DAGDAS 2018 BUGDAY X FILE	17:10:50, Cum, 10 Nis 2020

Treatments

Şekil 3. 9 DSSAT Bitki deneme bilgi giriş ekranı

DSSAT içerisinde çalışılan bitki kolonunun açık hali ekranda görüldüğü şeklide kayıt altına alınmıştır.

Çizelge 3. 10 DSSAT CERES buğday çeşit özelinde genetik katsayı listesi

GENETİK KATSAYI	AÇIKLAMA
P1V	Optimum Vernalizasyon Sıcaklığında Gerekli Sayısı (Gün)
P1D	Foto Periyot Katsayısı
P5	Tane Dolum Süresi (°C / Gün)
G1	Başaktaki Tane Sayısı (adet/gr)
G2	Optimum koşullarda Dane Ağırlığı (mg)
G3	Optimum koşullarda Başak Ağırlığı (dane dahil- g)
PHINT	Ardışık Yaprak Ucu Görünüm Aralığı (°C/gün).

Çizelge 3. 11 DSSAT CERES buğday ekotip özelinde genetik katsayı listesi

Genetik Katsayı	Açıklama
P1	Vejetatif dönem sonu – Başakcık evresi sonu arasındaki süre
P2FR1	Başakcık evresi sonu – Kardeşlenme evresi arasındaki süre
P2	Başakcık evresi sonu – Yaprak gelişme evresi sonu arasındaki süre
P3	Yaprak gelişme evresi sonu – başaklanma evresi sonu arasındaki süre
P4FR1	Başaklanma evresi sonu – çiçeklenme arasındaki süre
P4FR2	Çiçeklenme evresi süresi
P4	Başaklanma- dane dolum evresi sonu arasındaki süre
VEFF	Vernalizasyon etkisi
PARUE	Radyasyon – Kuru madde birikimi oranı (Son yaprak dönemi öncesi) (g/MJ)
PARU2	Radyasyon – Kuru madde birikimi oranı (Son yaprak dönemi sonrası) (g/MJ)
LA1S	Standart yaprak alanı(cm ²)
LAFV	Vejetatif dönemde potansiyel yaprak alanı büyüme oranı
LAFR	Generatif dönemde potansiyel yaprak alanı büyüme oranı
SLAS	Spesifik yaprak alanı(cm ² /g)
LSPHS	Son yaprağın sararma başlangıcı
LSPHE	Son yaprağın sararma sonu
TIL#S	Başaklanma başlangıcı
TIPHE	Başaklanma sonu
TIFAC	Başak oluşum oranı
TDPHS	Başak olgunlaşma evresi başlangıcı

Çizelge 3. 12 DSSAT CERES buğday ekotip özelinde genetik katsayı listesi (devam)

Genetik Katsayı	Açıklama
TDPHE	Başak olgunlaşma evresi sonu
TDFAC	Başak olgunlaşma oranı (% / gün)
RDGS	Erken dönem kök büyüme oranı(cm/gün)
HTSTD	Standart bitki boyu(cm)
KCAN	Fotosentetik olarak aktif radyasyonun bitiş katsayısı
RS%S	Kökün özümlediklerinin depolanma oranı (%)
GN%S	Danedeki standart Azot oranı (%)
GN%MN	Danedeki Minimum Azot oranı (%)
TKFH	Maksimum soğuk zarar sıcaklığı(°C)

DSSAT CERES modelinde buğday bitkisi özelinde belirlenmiş kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerini ifade eden çeşitli genetik katsayılar oluşturulmuştur. Buğday bitki türü özelindeki belirlenmiş genetik kategoriler Çizelge 3.12’de belirtilmektedir.

Çizelge 3. 13 DSSAT CERES buğday bitkisi özelinde genetik katsayı listesi

DSSAT_CERES modelinde bitki kategorisinde belirlenen bazı katsayılar		
Fotosentez ve Fotoperiyot katsayıları	Vejetatif büyüme katsayıları	Fenoloji katsayıları
Solunum katsayıları	Yaprak gelişimi katsayıları	Bitki besin maddesi stres katsayıları
Bitki kompozisyonu katsayıları	Yaprak sararma katsayıları	Tane ve kabuk gelişim katsayıları
Tane kompozisyonu katsayıları	Kök katsayıları	Evapotranspirasyon katsayıları
Karbon ve azot alımı katsayıları	Azot fiksasyonu parametreleri	Fosfor içeriği katsayıları

Bu kategorilerdeki katsayılar modelde bitki vejetasyon sürecinde hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Genel olarak model çalışmalarında bitki türlerine ve ekotipe göre belirlenen genetik katsayıların değiştirilmesine gerek yoktur. Ancak kalibrasyon sürecinden dolayı çalışılan türlere ait genetik katsayılar için uygun sonuçlar elde edilemiyorsa ekotip ve tür için oluşturulmuş katsayılar değiştirilebilir.

Model, kullanıcı gereksinimlerine, girilen parametrelere ve bitki türüne göre birçok çıktı parametresi üretir. Elde edilen sonuçlar için görsel grafikler oluşturulabileceği gibi model sonucunu gözlem verisi ile karşılaştırarak modelin simülasyon yeteneğini değerlendiren istatistiksel bir değerlendirme yapılabilir.

DSSAT bitki büyüme modeli sahip olduğu uygulamalarla verim, toprak su içeriği, bitki su tüketimi, sulama planlaması, hassasiyet, girdi maliyetlerini, iklim değişikliğinin tarımsal üretime etkilerinin tahmininde karar vericilere bilgi sağlayarak destek olmaktadır. Dünyada en çok kullanılan modellerden biri olan DSSAT bitki simülasyon modeli kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır (Tatar 2001, Mor 2005, Okay 2006, Çaldağ 2009, Baydar 2010, Leite 2014, Nasim 2016, Çaylak 2015).

Bu çalışmada DSSAT bitki büyüme modelinin tercih edilmesinin sebebi dünyada en çok kullanılan modellerden biri olmasının yanında, sadece verim değil aynı zamanda bitki fenolojisi, ekonomik analiz ve uzman bir kalibrasyon sistemine sahip olmasıdır. Çalışma konusu olarak buğday bitkisi seçildiğinden bitki büyüme alt modeli olarak ta çok yaygın kullanıma sahip olan CERES tercih edilmiştir.

Gelecek dönem model simülasyon beklentilerinin doğruluğu sağlayabilmek amacıyla 2017 vejetasyon dönemi gözlem verileri kullanılarak model kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon işlemi için modelde bulunan GLUE (Maksimum Olasılık Belirsizlik Tahmini) arayüzü kullanılmıştır. Kalibrasyon işleme yapılırken önce fenolojik dönemlerin daha sonra da verim unsurlarının genetik katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla GLUE genetik katsayıların belirlenebilmesi amacıyla binlerce kez çalıştırılmıştır.

Model verifikasyonu işlemleri için 2017 yılı verileri ile yapılan kalibrasyon işlemi sonucunda elde edilen genetik katsayılar kullanılarak 2018 vejetasyon gözlem verileri ile model verileri bağıl hata istatistik yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

3.3 Değerlendirmede Kullanılan İstatistikî Analiz Yöntemleri

Tezde, modelin tahmin kabiliyetinin belirlenmesine yönelik gerçek gözlem verileri ile model tarafından üretilen veriler kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama için bağıl hata istatistiksel yöntemi kullanılmıştır.

Bağıl Hata (BH): Gerçekleşen gözlem değeri ile model sonucu farkının, gerçekleşen gözlem değerine bölümü ile elde edilir ve çoğunlukla yüzdesel olarak ifade edilir. Yabancı kaynaklarda Relative Error (RE) olarak tanımlanır.

$$\text{Bağıl Hata (B. H)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100$$

b= simülasyon değeri
a= gözlemlenen değeri

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasında 2017 ve 2018 yıllarında Konya ilinde karasal iklim koşullarında Karahan-99 buğday çeşidi seçilerek yürütülen araştırmaya ait veriler kullanılmıştır. Kurak koşullara uyum kabiliyeti olan buğdayda sulama yapıldığında verimde önemli artışlar elde edilmektedir. Bunun yanında çiçeklenme ve başak dolumu gibi susuzluğa hassas olduğu dönemlerde su stresi çekilmesi durumunda verimde önemli miktarda azalmalar olacağı pek çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Öztürk ve Akten 1996, Yang vd.1991, Karahan 1996, Ahmadi ve Baker 2001, Kutlu 2010, Balkan ve Gençtan 2013, Kutlu vd. 2017, Dolgun ve Çifci 2018). Bu çalışmada, iklim değişikliğinin olası geniş kapsamlı etkilerini ortaya çıkarmak için kuru koşullarda değerlendirmeler yapılmıştır. DSSAT modeli 2017 yılında denemede sulama yapılmaksızın gözlemlenen verilere göre kalibre edilmiş ve modelin öngörülebirliliği 2018 yılı susuz koşul verileri kullanılarak verifikasyon değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen gözlem verileri ve model tutarlılığı ile iklim değişikliğinin buğday verimi üzerindeki olası etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryolarının HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel iklim modellerine ait iklim öngörülleri kullanılmıştır. Araştırmada 2020-2040, 2041-2070, 2071-2098 dönemleri gelecek dönem periyotları olarak ele alınmıştır. Gelecek dönem analizlerinde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisiyle değişen iklim koşullarının bitki gelişim ve büyüme dönemleri üzerine etkileri de incelenmiştir.

4.1 DSSAT CERES Modeli Kalibrasyonu

Kalibrasyon süreci model çalışmasının en önemli aşamalarından biridir. 2017 yılı bitki, iklim, kültüvasyon işlemleri ve toprak verileri modelin kalibrasyon sürecinde girdi olarak kullanılmıştır. DSSAT bitki büyüme modelinde yer alan tüm bitkiler için çeşit, ekotip ve tür olmak üzere üç farklı genetik katsayı gurubu bulunmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan Karahan-99 buğday çeşidi daha önce DSSAT modeli ile çalışılmadığından veri tabanında bu buğday çeşidi için veri bulunmamaktadır. Bu nedenle Karahan-99 buğday çeşidinin ekildiği 2017 tarla denemesi verileri kullanılarak genetik

katsayı kalibre edilmiştir. Kalibrasyon işlemi için modelde bulunan GLUE (Maksimum Olasılık Belirsizlik Tahmini) arayüzü kullanılmıştır.

Kalibrasyon işleminde Karahan-99 buğday çeşidi için 7 farklı genetik katsayı belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de bulunan 7 genetik katsayının 3 tanesi fenolojik dönemler ile ilgiliyken 4 genetik katsayı verim unsurları ile ilgilidir.

Kalibrasyon işleme yapılırken önce fenolojik dönemlerin daha sonra da verim unsurlarının genetik katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. GLUE yazılımıyla uzun sürede yapılan kalibrasyon çalışmaları sonunda Çizelge 4.1 de belirtilen bitki genetik katsayıları bulunmuştur.

Çizelge 4. 1 DSSAT buğday- Karahan-99 çeşidi özelinde genetik katsayılar

Parametre Adı	Parametre Tanımı	Katsayı
P1V	(Optimum Vernalizasyon Sıcaklığında Gerekli Sayı)	6.623
P1D	(Foto Periyot Katsayısı)	80.80
P5	(Dane Dolum Süresi)	483.9
G1	(Başaktaki Tane Sayısı)	77.04
G2	(Optimum Koşullarda Dane Ağırlığı)	72.84
G3	(Optimum Koşullarda Başak Ağırlığı)	1.031
PHINT	(Ardışık Yaprak Ucu Görünüm Aralığı)	100

Karahan-99 buğdayının genetik katsayısının belirlenmesi sürecinde iyi bir benzeşim yapabilmek için çeşide özgü genetik katsayının kalibrasyonun yanı sıra türlerin özelliklerine göre oluşturulan ekotip genetik katsayıları da bölge koşullarını daha iyi temsil edecek şekilde kalibre edilmiştir. Kalibrasyon işlemi sonucunda bulunan Karahan-99 buğdayına ait ekotip genetik katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 DSSAT buğday- Karahan-99 ekotip özelinde genetik katsayılar

Parametre Adı	Katsayı	Parametre Adı	Katsayı
P1	421	PHL2	13
P2FR1	.25	PHF3	1.0
P2	300	LA1S	2.1
P3	200	LAFV	0.10
P4FR1	.25	LAFR	0.25
P4FR2	.10	SLAS	485
P4	200	LSPHS	6.7
VEFF	0.5	LSPHE	6.5
PARUE	5.6	TIL#S	4.5
PARU2	2.4	TIPHE	2.0
TIFAC	0.5	TDPHS	2.5
TDPHE	6.0	TDFAC	20.0
RDGS	3.0	HTSTD	100
AWNS	0.0	KCAN	.85
RS%S	60	GN%S	2.0
GN%MN	0.9	TKFH	-15

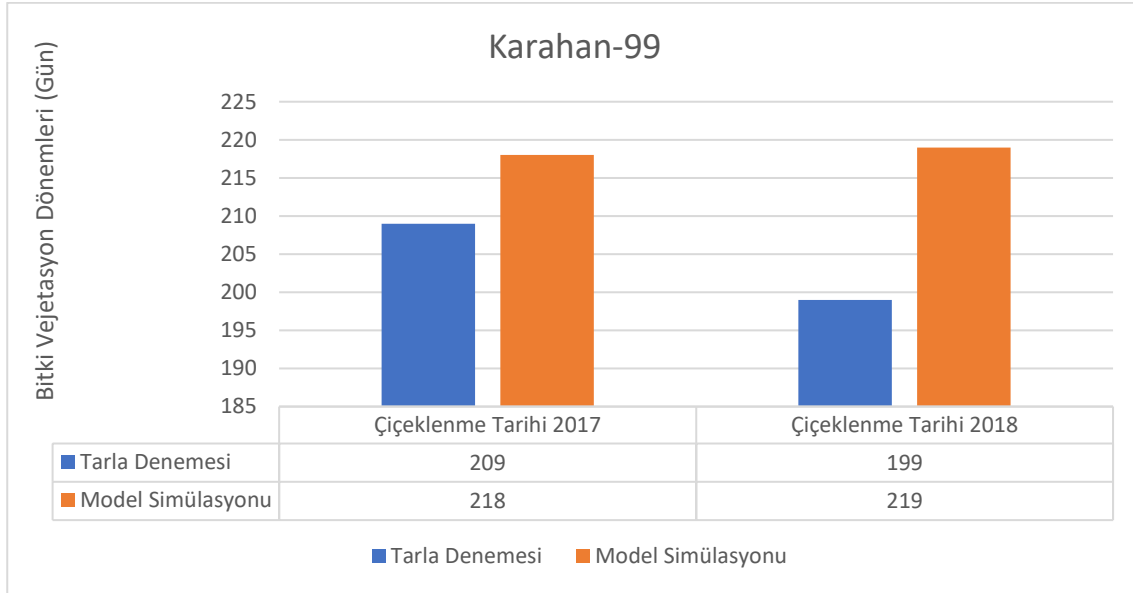
Kalibrasyon işleminde en iyi sonuçları elde etmek için elde edilen genetik katsayılarda buğday türünün özelliklerine göre bazı ayarlamalar yapılmıştır.

4.2 DSSAT CERES Modeli Verifikasyonu

DSSAT CERES model doğrulama süreci için 2018 yılına ait susuz koşullardaki veriler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme iki kategoriye ayrılır; bitki fenolojisi aşamaları ve verim parametrelerinin analizidir.

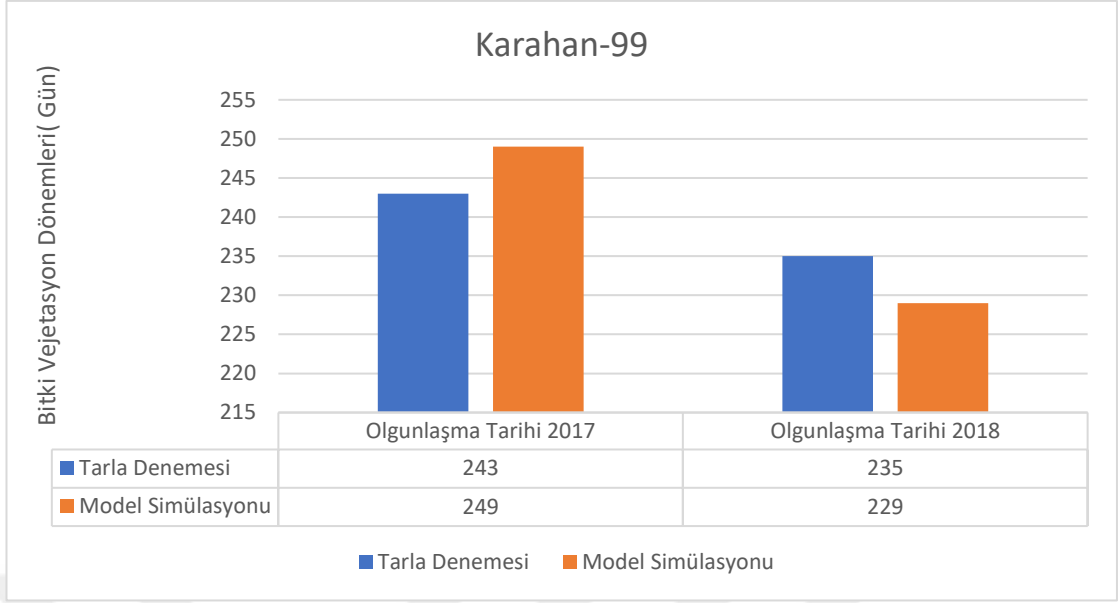
Bitki fenolojik aşamalarına ait 3, verim unsurlarına 4 olmak üzere toplam 7 parametreye ait veriler değerlendirilmiştir. Bu parametreler çiçeklenme tarihi, olgunlaşma tarihi, hasat indeksi ve verim şeklinde sıralanmaktadır.

2018 yılına ait verifikasyon sonuçlarına göre, susuz koşullarda elde edilen gözlem verileri ile model verilerinin birbiriyle uyumlu olduğu saptanmıştır. Şekil 4.1 çiçeklenme tarihleri için gözlemlenen verilerin elde edilen model verileriyle karşılaştırılmasını göstermektedir.



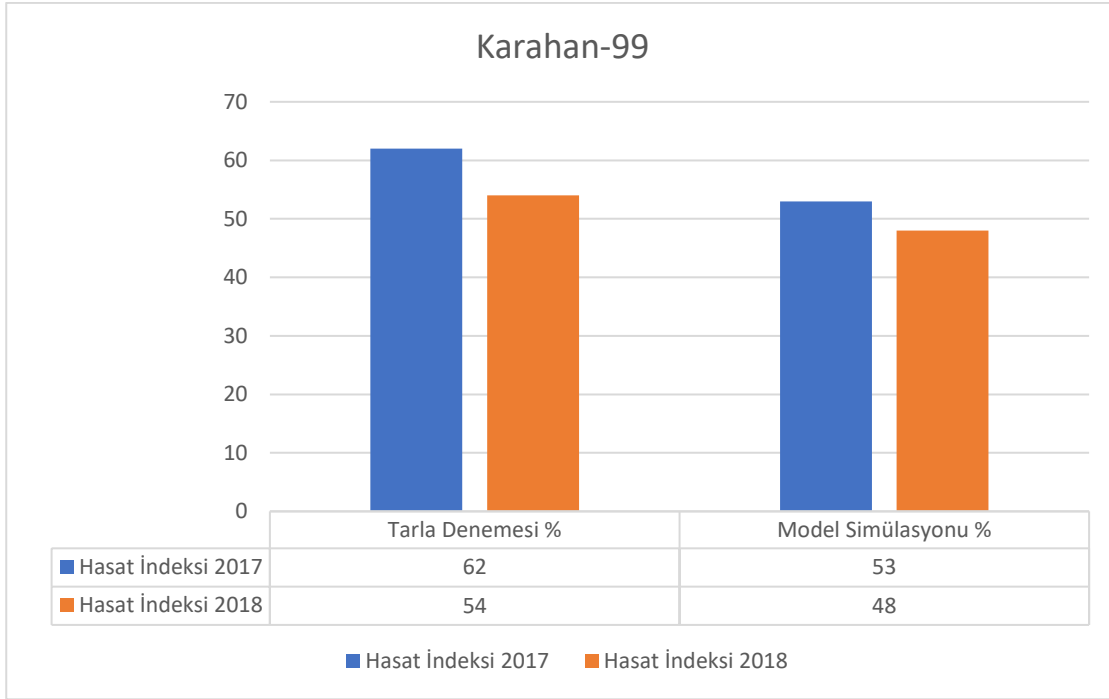
Şekil 4. 1 Çiçeklenme tarihleri (2017-2018)

Şekil 4.1 incelendiğinde; 2017 yılında tarla denemesinde kayıt altına alınan çiçeklenme, ekim tarihinden itibaren 209’uncu günde oluşmuş iken model çalışması sonucunda 9 günlük bir sapma ile bulunan değer 218’inci gün olmuştur. Modelin 2017 çiçeklenme tarihi tutarlılık oranı yaklaşık %95.5 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde 2018 yılı tarla denemesinden elde edilen çiçeklenme tarihi 199’uncu gün iken model çalışması sonucunda 20 günlük bir yaklaşım ile 219’uncu gün olarak hesaplanmış ve tutarlılık oranı %90 olarak bulunmuştur.



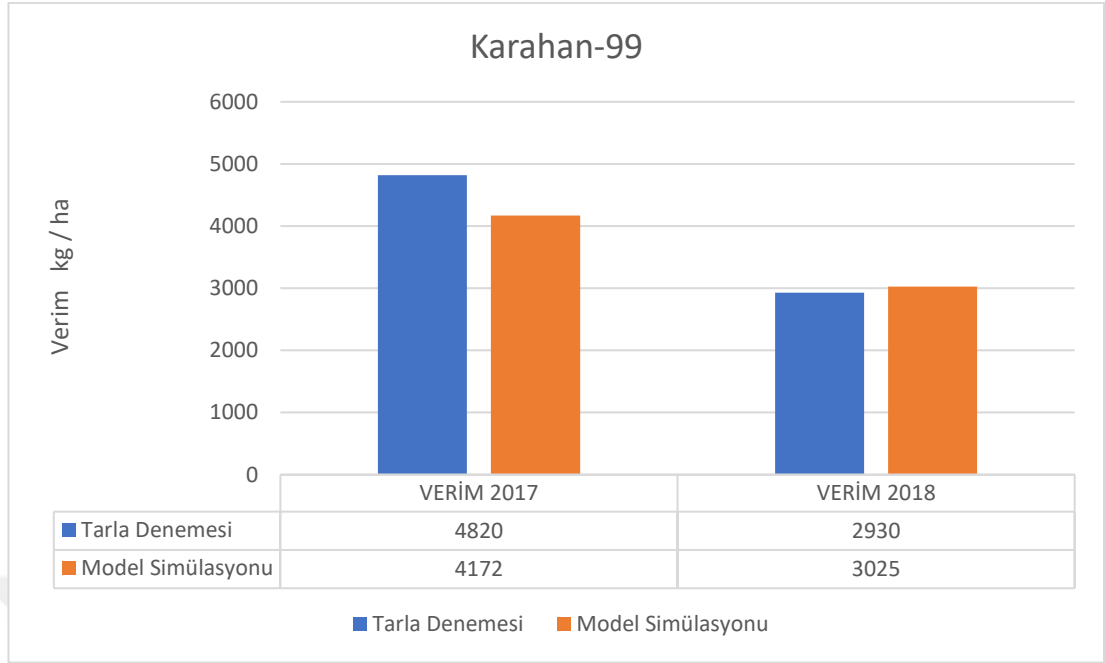
Şekil 4. 2 Olgunlaşma tarihleri (2017-2018)

Şekil 4.2'ye göre 2017 yılı tarla denemesinde kayıt altına alınan olgunlaşma tarihi ekim tarihinden itibaren 243'üncü gün olmuş iken model çalışması sonucunda elde edilen sonuç 6 günlük çok yakın bir yaklaşım ile 249'uncu gün olmuştur. Olgunlaşma tarihi tarla denemesi ve model çalışması arasında tutarlılık oranı %97 olarak hesaplanmıştır. Yine aynı şekilde 2018 tarla denemesinden elde edilen olgunlaşma tarihi 235'inci gün olmuş, model çalışması sonucunda elde edilen sonuç yine 6 günlük bir sapma değeri 229 olmuştur. 2018 yılı olgunlaşma tarihi tarla denemesi ve model çalışması arasında tutarlılık oranı %97 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 3 Hasat indeksi (2017-2018)

Şekil 4.3 incelendiğinde; 2017 yılında tarla denemesinde kayıt altına alınan hasat indeksi %62 iken model çalışması sonucunda bulunan hasat indeksi değeri %53 olmuş ve hasat indeksi tutarlılık oranı %86 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde 2018 yılı tarla denemesinden elde edilen hasat indeksi %54 iken model çalışması sonucunda elde edilen hasat indeksi değeri 48 bulunmuş ve tutarlılık oranı %89 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 4 Verim değerleri (2017-2018)

Şekil 4.4'e bakıldığında; 2017 yılında tarla denemesinde kayıt altına alınan verim değeri 4820 kg/ha iken model çalışması sonucunda bulunan verim değeri 4172 kg/ha olmuş ve verimde tutarlılık oranı %87 olarak bulunmuştur. İlk yıl verimlilik kg cinsinden ikinci çalışılan yılın verim değerlerine göre çok yüksek olmasına rağmen ikinci yıl, bu değer çok düşük olduğu belirlenmiştir. Tarla denemesinden 2018 yılında elde edilen verim değeri 2930 iken model çalışması sonucunda elde edilen verim değeri 3025 olarak bulunmuş ve tutarlılık oranı %96 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3'de 2017-2018 dönemi ele alınarak yapılan model doğruma işleminin sonuçları verilmiştir. Fenolojik evreler ekimin gerçekleştirildiği tarihten itibaren geçen gün sayısı şeklinde verilmiş olmakla birlikte, model doğrulama işlemi sonuçları gözlem-model verisi yüzde farkı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 3 DSSAT-buğday gözlem verileri değerlendirilmesi

<i>Yıl</i>	<i>2017</i>				<i>2018</i>			
<i>Fenolojik Evre</i>	<i>Gözlem</i>	<i>Model Sim.*</i>	<i>Tutarlılık (%)</i>	<i>Hata Oranı (%)</i>	<i>Gözlem</i>	<i>Model Sim.*</i>	<i>Tutarlılık (%)</i>	<i>Hata Oranı (%)</i>
<i>Çiçeklenme Tarihi</i>	209	218	95.9	4.1	199	219	90.9	9.1
<i>Olgunlaşma Tarihi</i>	243	249	97.6	2.4	235	229	97.4	2.6
<i>Hasat İndeksi</i>	62	53	85.5	14.5	54	48	88.9	11.1
<i>Verim</i>	4820	4172	86.6	13.4	2930	3025	96.9	3.1

*= Model Simülasyonu

Yapılan karşılaştırmada çiçeklenme evresi için belirlenen farklar 2017 ve 2018 yılları için sırasıyla %4.3 ve %10.05 olarak hesaplanmıştır. Çiçeklenme tarihi 2018 yılında 20 günlük fark ile modellenmiştir. Bununla birlikte 2018 yılı değerlendirmesinde olgunlaşma tarihi ve verim tahmininde sırasıyla %97 ve %96’lık bir başarı elde edilmiştir. Hasat indeksinde ise %89 ile yine oldukça yüksek bir modelleme tutarlılığı sağlanmıştır.

DSSAT CERES model kalibrasyon ve verifikasyon işlemlerinde buğday Karahan-99 çeşidinin 2017 ve 2018 yıllarındaki gözlem verileri ile model verileri karşılaştırılmıştır. Buna göre DSSAT olgunlaşma tarihi ve verimi yüksek tutarlılıkla tahmin etmiştir.

DSSAT buğday dane verimi ile gözlem dane verimini karşılaştırmak için “Bağıl Hata” analiz metodu tercih edilmiştir. 2017 ve 2018 yılları gözlem değerleri ile model öngörülleri kıyaslanmıştır.

Model doğruluk analizleri sonucunda DSSAT CERES modelinin yüksek tahmin kabiliyetine sahip olduğu ortaya konmuştur

4.3 DSSAT CERES Buğday Verim Projeksiyonları

İklim değişikliğinin buğday verimine olası etkilerinin tahmin edilebilmesi amacıyla RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryolarının HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin RegCM4.3.4 modeliyle 20 km çözünürlükte ölçek küçültmesiyle elde edilen iklim projeksiyonları kullanılmıştır. Verim değişiminin analizi

2020-2040, 2041-2070 ve 2071-2098 dönemleri olmak üzere 3 farklı periyotta ele alınmıştır.

İklim değişikliğinin Konya ilinde buğday üretimi üzerine etkilerinin incelenmesinde verim ile bitki büyüme ve gelişme dönemleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla susuz tarım koşuluna göre verim projeksiyonları analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.4’de DSSAT CERES modeli ile susuz koşullardaki buğday verim değişimi projeksiyonları yüzde olarak ifade edilmiştir. Çizelgede iklim 2 senaryosu ve 3 küresel iklim modeli özelindeki buğday verim değişim projeksiyonları yer almaktadır.

Çizelge 4. 4 DSSAT CERES buğday verimi değişimi

<i>Parametre</i>	Buğday Verimi Değişimi (%)					
<i>Senaryo</i>	RCP 4.5 Senaryosu			RCP 8.5 Senaryosu		
<i>İklim Modeli / Gelecek Dönem</i>	2020-2040	2041-2070	2071-2098	2020-2040	2041-2070	2071-2098
<i>HadGEM2-ES</i>	-10.95	3.92	6.47	-19.01	2.45	-11.88
<i>GFDL-ESM2M</i>	8.94	-8.33	0.39	-14.26	6.60	-17.17
<i>MPI-ESM-MR</i>	4.04	5.24	-12.40	-6.95	-10.17	-2.40
<i>Ortalama</i>	0.68	0.28	-1.84	-13.40	-0.37	-10.48

RCP4.5 senaryosu temelindeki projeksiyonlarından HadGEM2-ES göre verim değişim 2020-2040 döneminde yaklaşık %11’lik azalış beklemekle birlikte diğer projeksiyonlarda yine aynı dönemlerde yaklaşık %4 ile %9 aralığında artış beklenmektedir. Bunlarla birlikte 2041-2070 döneminde HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR da yaklaşık %4 ile %5 civarında bir artış beklenirken GFDL-ESM2M projeksiyonunda aynı dönem için %8’lik bir azalış öngörülmektedir. 2071-2098 dönemi için GFDL-ESM2M ve HadGEM2-ES’de sırasıyla yaklaşık %0.4 ve %6.5 artış öngörülürken MPI-ESM-MR’a göre yaklaşık %12’lik bir azalış öngörülmektedir.

RCP8.5 senaryosu temelindeki verim tahminlerinde 2020-2040 dönemi için her üç projeksiyonda azalma beklenmekte ve MPI-ESM-MR yaklaşık %7, GFDL-ESM2M’de

yaklaşık %14 ve HadGEM2-ES ise yaklaşık %19 olarak azalma öngörmüştür. 2041-2070 döneminde ise HadGEM2-ES'e göre %2.45 artış, GFDL-ESM2M'e göre %6.6'lık bir artış öngörmüşken MPI-ESM-MR' a göre %10.2'lik bir azalma öngörülmüştür.

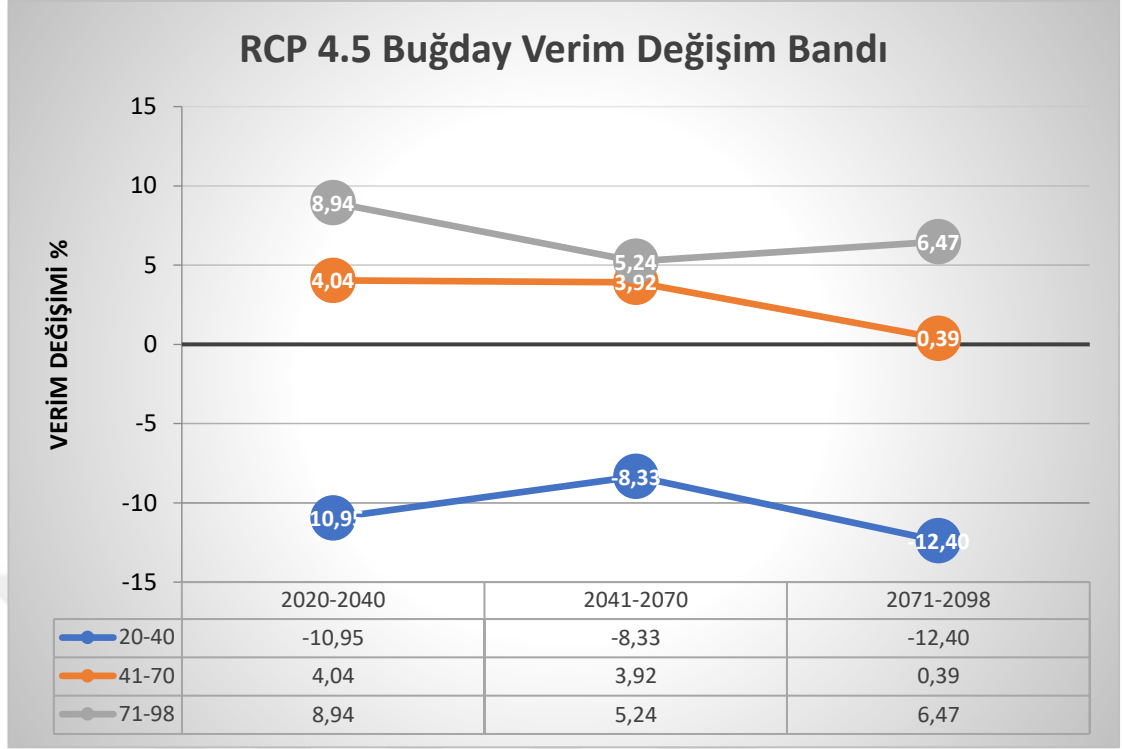
2071-2098 döneminde ise MPI-ESM-MR' de %2.4 azalış ile en az verim kaybı tahmininde bulunurken, HadGEM2-ES %12 ve GFDL-ESM2M ise %17'lik bir azalış ile en çok verim kaybı tahmininde bulunmuştur.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa RCP 4.5 senaryosunun 2020-2040 döneminin ortalaması %0.68 değerinde bir artış, 2041-2070 döneminin ortalaması %0.28 değerinde bir artış iken 2071-2098 döneminin ortalaması ise verimde %1.85 değerinde bir azalış olarak hesaplanmıştır.

RCP 8.5 senaryosunun her üç periyodunda da dönemlik ortalama değerlere göre HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M ve MPI-ESM-MR projeksiyonları verimde azalış beklerken bunların yüzdeler azalış oranları sırasıyla 13.40, 0.37 ve 10.48 olarak hesaplanmıştır.

Bu üç küresel model ve 2 farklı senaryoların buğday veriminin dönem ortalamasının aritmetik ortalama yöntemi ile hesaplanması yanlış yorumlara sebebiyet vereceği düşünülerek, bu üç modelin dönemsel ortalamasını bant genişliği olarak verilmesinin daha doğru olacağı düşünülmüştür.

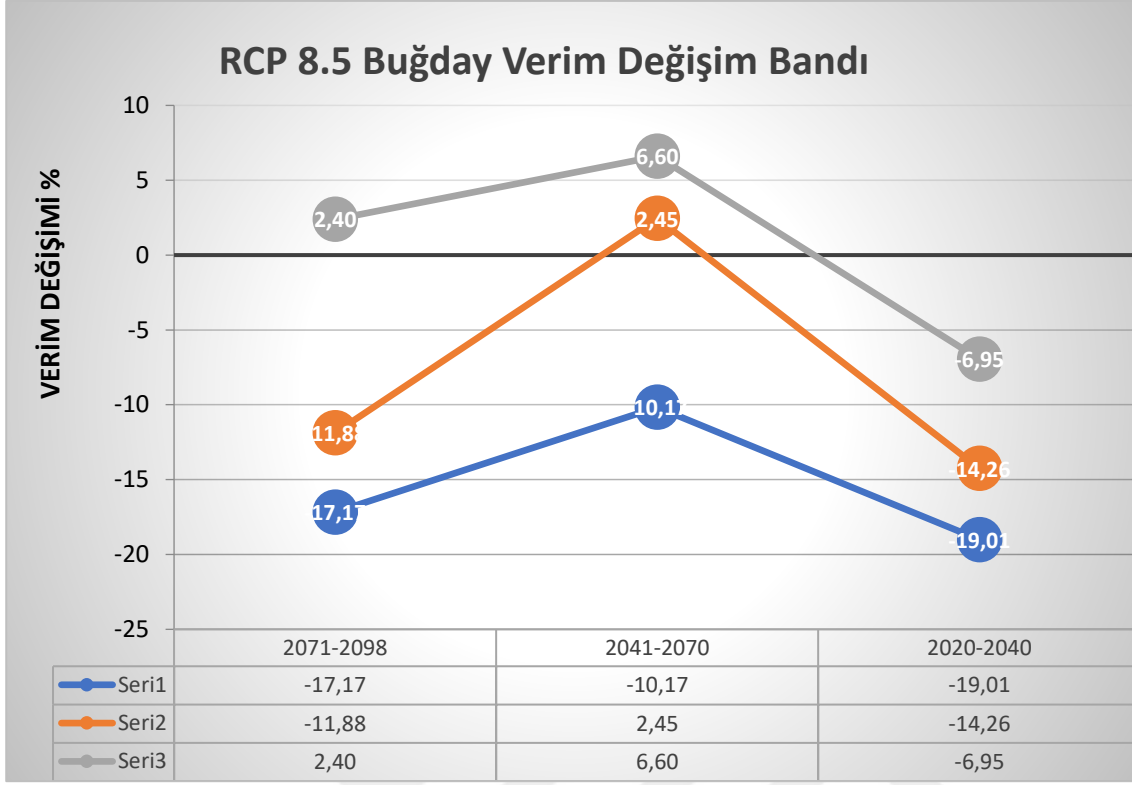
RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarının verim değişim oranları bant şeklinde verilerek ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken her üç dönem için kötümser beklenti, ortanca beklenti ve iyimser beklenti gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 RCP 4.5 senaryosu Konya buğday verim değişim bandı

Şekil 4.5’de RCP 4.5 buğday verim değişim bandına bakılarak kötümser, ortanca ve iyimser beklentiler;

- ✓ Kötümser beklentiye göre verim düşüşü %10.95 - %12.4 aralığında,
- ✓ Ortanca beklentiye göre verim artışı %0.39 - %4 aralığında,
- ✓ İyimser beklentiye göre verim artışı ise %6.5 - %9 aralığında (Şekil 4.5).



Şekil 4. 6 RCP 8.5 senaryosu Konya buğday verim değişim bandı

Şekil 4.6’da RCP 8.5 buğday verim değişim bandına bakılarak en kötü, orta ve en iyi ihtimal senaryoları;

- ✓ En kötü senaryo ihtimaline göre verim düşüşü %17.2 - %19 aralığında,
- ✓ Orta senaryo ihtimaline göre verim düşüşü %12 - %14 aralığında,
- ✓ En iyi senaryo ihtimaline göre verim önce %7 düşüş daha sonra %2 yükseliş aralığında beklenmektedir (Şekil 4.6).

Vejetasyon Dönemi Toplam Yağış Değişimi özellikle bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinde çok etkili bir meteorolojik parametredir. Hatta çoğu zaman yıllık toplam yağışa göre daha önemli bir göstergedir. Model öngörülerine göre Vejetasyon Dönemi Toplam Yağış Değişimi Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5 Vejetasyon dönemi toplam yağış değişimi

<i>Parametre</i>	Vejetasyon Dönemi Toplam Yağış Değişimi					
<i>Senaryo</i>	RCP 4.5			RCP 8.5		
<i>İklim Modeli / Gelecek Dönem</i>	2020-2040	2041-2070	2071-2098	2020-2040	2041-2070	2071-2098
<i>HadGEM2-ES</i>	-10.90	-5.32	-8.90	0.95	-13.91	-25.55
<i>GFDL-ESM2M</i>	-11.47	-16.85	-8.15	-13.40	-17.19	-25.60
<i>MPI-ESM-MR</i>	-7.72	-3.0	-12.74	-7.03	-13.70	-26.01

RCP4.5 senaryosuna göre 2020-2040 döneminde her üç küresel iklim modeli azalış beklemekle birlikte HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M modelleri sırasıyla %10.9 ve 11.47 ile kendi aralarında yakın bir oranda, MPI-ESM-MR modeli ise %7.72 kısmen daha düşük bir oranında azalma beklenmektedir. 2041-2070 döneminde HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M modelleri sırasıyla % 5.32 ve % 3.0 gibi yakın oranlar ile yine düşüş beklenmekte iken GFDL-ESM2M modeli farklı bir oran ile %16.85 ‘lik bir düşüş beklenmektedir. 2071-2098 döneminde her üç küresel iklim modeli de kısmen yakın oranlarda düşüş trendinde olmuşlar ve HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR modelleri için sırasıyla %8.9, %8.15 ve %12.74 beklemişlerdir.

RCP 8.5 senaryosuna göre 2020-2040 dönemi için üç model kendi arasında değişiklik göstermekle birlikte HadGEM2-ES %0.95’lik bir oranda artış beklenirken, GFDL-ESM2M %13.4 ve MPI-ESM-MR %7.03 düşüş beklemektedir. 2041-2070 döneminde yine bütün modeller HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR sırasıyla %13.91, %17.19 ve %13.7 düşüş öngörmüşleridir.

2071-2098 dönemi ise her üç model hemen hemen aynı oranlarda düşüş trendinde olarak HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M, MPI-ESM-MR sırasıyla %25.55, %25.6 ve %26.01 beklemişlerdir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Besin kaynağı olarak insan hayatında önemli bir yere sahip olan buğday bir serin iklim tahılıdır. Üretim miktarı ve ekiliş alanı bakımından Türkiye’de ve Dünyada ilk sırada gelmektedir. Buğday dünya nüfusunun %40’nın temel besin ihtiyacını karşılarken aynı zamanda kalori ihtiyacının da %20’sini karşılamaktadır (Wiese 1991). Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de buğday önemli bir tahıl bitkisidir. Geniş çevre koşullarına uyum sağlayabilmesi, üretim maliyetlerinin düşük olması, gittikçe artış gösteren dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanmasında önemli bir alternatif olması sebebiyle yaygın olarak ekiminin yapılmasına yol açmaktadır. Benzer şekilde Demircan vd. (2017) yaptıkları çalışmada da iklim değişikliğinin Türkiye’de yüksek ihtimalle olumsuz etkilerinin olacağını belirtmişlerdir.

Geçen yüzyılın en önemli sorunlarından biri olan küresel iklim değişikliği, tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Gelecekteki iklim senaryoları, artan sıcaklıkların genel olarak tarımsal üretimde verimliliği düşmesi yönünde beklendiğini göstermektedir. Araştırmalar, iklim değişikliğinin birçok bitki gibi buğday verimini de olumsuz etkileyeceğini göstermiştir. Özdoğan (2011) çalışmasında, Türkiye için küresel iklim modeli öngörülerine bağlı olarak buğday rekoltesinde %5 ile %35 oranında azalma görülebileceği tahmininde bulunmuştur.

Bu doktora çalışmasında, iklim değişikliği öngörülerini ışığında Konya yöresinde buğday veriminde gelecekteki olası değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. İklim öngörülerinde mevcut olan belirsizliği minimize etmek için üç farklı küresel iklim modeli (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve GFDL-ESM2M) ve 2 farklı senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) verisi kullanılmıştır. Öngörülerde; iklim değişikliği için kullanılan küresel iklim modellerinin 20 km’ye dinamik olarak ölçek küçültülmesi RegCM4.3.4 modeli ile yapılmıştır.

Konya ilinde RCP4.5 senaryosuna göre 2020-2098 dönemi sıcaklıklardaki ortalama artış; en düşük 1.5 ve en yüksek 2.5 °C aralığındadır. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu değerlerdeki artış 2.5 – 3.6 °C aralığında değişmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre 2020-2098 dönemi toplam yağışlardaki azalış; en az %8 ve en çok %13 aralığındadır. Aynı

zamanda bu 3 modelin öngördüğü yıllık toplam yağış değerleri ortalamasındaki azalış ise %10 olarak hesaplanmıştır. RCP8.5 senaryosuna göre ise bu değerlerdeki azalış %8–20 aralığında değişmekte iken, modellerin öngördüğü yıllık toplam yağış değerleri ortalamasındaki azalış ise %14’tür. Benzer şekilde pek çok çalışmada Konya ve İç Anadolu Bölgesi için benzer oranlarda sıcaklıklarda artış yağışlarda azalış öngörülmüştür (Topçu vd. 2010, Şen vd. 2012, 2014, Demir vd. 2013, Ömer L. Şen 2013, Gürkan 2019, Akçakaya vd. 2015, Gürkan vd. 2015, 2016, Demircan vd. 2017, Demiroğlu vd. 2020).

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerine olumsuz etkileri her geçen yıl artmaktadır. Bu olumsuz etkilerden oluşacak en büyük risk ise sıcaklık ve yağışa bağlıdır. Sıcaklıklardaki yükseliş ve yağış rejimi değişikliği bunlara örnek gösterilebilir. Türkiye konumu gereği iklim değişikliğine karşı hassas ülkelerden biridir ve bu yüzden tarımsal üretim yüksek risk altındadır. Bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Dellal vd. 2011, Soylu ve Sade 2012, Demir 2013, Bulut 2015, Gürkan 2015, Şensoy 2015). İklim değişikliği-bitkisel üretim hassasiyet çalışmaları karar vericilere katkı sağlayabilecektir.

Bitki simülasyon modelleri ürün rekolte tahmin çalışmalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde farklı bitkiler özelinde geliştirilmiş ve yüksek doğruluk kapasitesine sahip modeller vardır.

Çalışmada, Konya ilinde susuz koşullarda, buğday bitkisinin olası verim değişim öngörülere oluşturulmuştur. Bu amaçla, verim tahminlerinin belirlenmesi için DSSAT CERES bitki simülasyon modeli kullanılmıştır. İklim projeksiyonları ise MGM tarafından üretilen üç küresel iklim modeli ve iki iklim senaryosu verilerinden temin edilmiştir.

İklim değişikliğinin kuru koşullar altında yetiştirilen buğdayın verimine olası etkilerini geniş yelpazede değerlendirmiştir. Çalışmada öncelikle DSSAT modelinin doğruluk analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda modelin buğday verim tahmin kabiliyetinin yüksek (%96) olduğu belirlenmiştir.

DSSAT-CERES modeli ile susuz koşullardaki iklim değişikliği buğday verim değişimi analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna yonelik olarak gelecek periyot  dönem (2020-2040, 2041-2070 ve 2091-2098) halinde ele alınmış ve iki iklim senaryosu (RCP4.5 ve RCP8.5) uygulanarak 6 farklı veri seti oluşturulmuştur.

Buğday verim değişim nrleri uygulanan küresel iklim modellerine göre değişebilmektedir. Tek bir veri seti üzerinden yapılan değerlendirmeler yanlı sonuçlara sebebiyet vereceğinden dolayı bilimsel çalışmalarda en az üç ya da daha fazla veri seti kullanılması tercih edilmelidir. Bu nedenle bu tez çalışmasında üç küresel iklim modeli ve iki senaryo ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Konya ili buğday veriminin RCP4.5 senaryosuna göre %12 azalış- %9 artış aralığında, RCP8.5 senaryosuna göre %19 azalış- %7 artış aralığında olduğu saptanmıştır.

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları varsayımlarına göre gelecek dönemlerde CO₂ konsantrasyonlarının artması beklenmektedir. 2021 Ocak ayı güncel verilerine göre 415 ppm düzeyinde olan CO₂ konsantrasyonlarının 2100 yılın da RCP4.5 senaryosuna göre 650 ppm, RCP8.5 senaryosuna göre ise 1370 ppm seviyesine çıkacağı tahmin edilmiştir. (IPCC 2013). Bir C3 bitkisi olan buğday yeterli sulama koşullarında artan CO₂ konsantrasyonlarından olumlu etkilenmektedir. İklım projeksiyonlarında nrlen sıcaklık artışları ve yağış azalışlarının olumsuz etkisi CO₂ artışlarının olumlu etkisini ortadan kaldırması sebebiyle gelecek dönemlerde buğday veriminde azalışlar nrlmektedir.

Bunun yanı sıra modellerin gelecek dönemlerdeki verim değişim beklentilerinde farklılıklar da bulunmaktadır. Örneğin HadGEM2-ES modeli RCP 4.5 senaryosuna göre gelecek üç dönem verim değişimi incelendiğinde;

- ✓ 2020-2040 döneminde %11 azalış
- ✓ 2041-2070 döneminde %4 artış
- ✓ 2071-2098 döneminde ise %6 artış olması beklenmektedir.

Bunun temel gerekçesi ise yağış azalış oranının 2020-2040 döneminde en fazla olacağı beklentisidir.

Diğer taraftan modeller arası aynı dönem içinde farklı verim beklentilerinin olmasının ana sebebi vejetasyon dönemi içerisindeki yağış dağılımındaki farklılıklardır. Örneğin RCP 4.5 senaryosunun 2041-2070 dönemi beklentilerine göre HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modelleri öngörülleri birbiri ile uyumlu iken (%4-5 artış) GFDL-ESM2M model, verim değişimi beklentisi %8 azalış ile diğer iki modelden ayrılmaktadır. Bu periyottaki vejetasyon dönemi toplam yağış miktarı değişimleri incelendiğinde, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinde nispeten daha az yani %5-%3 azalış olması öngörülmüşürken, aynı periyotta GFDL-ESM2M modelinde %17 oranında azalış olması öngörülmüştür. Bu durum vejetasyon dönemi içinde beklenen yağışların verim üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Bu tespitler modeller arasında, ayrışmanın temel sebebini de açıklamaktadır.

Çalışma sonucunda, Konya ilinde buğday tarımının iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceği ortaya konmuştur. Aynı durum Kapur (2010) tarafından Çukurova koşullarında iklim değişikliğinin buğday bitkisi üzerine etkilerini incelendiği çalışmada kısıtlı sulama koşullarında verimde azalışlar olacağı öngörüsü ortaya koymuştur.

Yapılan iklim değişikliği projeksiyon çalışmalarına göre, Türkiye iklim değişikliği bakımından hassas bir coğrafyada bulunmaktadır. Tarımsal üretim iklim değişikliklerinden etkilenmektedir. İklim değişikliğinin Türkiye’de tarımsal üretim üzerine etkilerinin incelendiği araştırmalar ise giderek artmaktadır (Demir 2013, Bulut 2015, Gürkan 2015, 2019, Gürkan vd. 2016, 2017, 2020, Yıldırım vd. 2016).

Bitki simülasyon modelleri uluslararası alanda on yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak Türkiye’de kullanımları henüz sınırlıdır. Bitki simülasyon modelleri, zaman ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Modellerin hasat öncesi verim tahmini amacıyla kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Modellerin sağladığı bu avantajlar çiftçiler ve karar vericilere destek olmaktadır. Bunların yanı sıra Türkiye’de yapılan model çalışmalarının büyük bir bölümü sadece model tahmin kabiliyetinin belirlenmesine yönelik olup iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi yönelik yürütülen çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Yeterli ve güvenilir verinin temini bitki modelleme çalışmalarının temel sorunları arasında yer almaktadır (Zalud vd. 2003, Morice vd. 2014). Bitki büyüme modellerinin tahmin kabiliyeti girdi parametrelerinin (İklim, Toprak, bitki ve kültürel işlemler) güvenilir olmasına bağlıdır. Son çeyrek asırdır uluslararası çalışmalarda veriler her ne kadar güvenilir ve detaylı olsa da maalesef Türkiye özelinde yeterli ve güvenilir veriye ulaşmada zorluk çekilmektedir. Türkiye’de yapılan araştırmalara belirli bir standart getirilmesi halinde model çalışmaları için gerekli olan yeterli düzeyde güvenilir veriye ulaşmak mümkün olacaktır.

Bitki büyüme modellerinin diğer bir kullanım alanında iklim değişikliği bağlamında bitki uygunluk bölgelerinin belirlenmesi çalışmalarıdır. Bu çalışmalar ile bitki türlerinin gelecek dönemlerde yetiştirilmesine uygun alanların olası değişimi (genişleme-daralma) analiz edilebilmektedir. Örneğin günümüzde Türkiye’de yetişme olanağı olmayan tropik bitkilerin gelecek dönemlerde yetiştirilip yetiştirilemeyeceği bu çalışmalar ile tahmin edilebilir.

Ekonomik açıdan önem arz eden faktörlerden biride erken dönemde rekolte tahmininin yapılmasıdır. Hasattan önce doğru tahminler yapmak, karar vericiler için ürün fiyatlarını belirlemede, ithalat-ihracat kararlarını önceden almak için çok önemlidir. DSSAT bitki büyüme modeli ile alansal erken dönem rekolte tahminlerinin oluşturulması mümkündür. Bunun için mevsimlik iklim tahmin verileri mutlak gereklidir. Gelecekte ilgili kamu kurumları ve üniversiteler arasında yapılacak iş birliği sayesinde bölgesel ve ülke genelinde ekili olan bitkisel ürünlerinin rekolte tahminlerini oluşturabilmek mümkün olacaktır.

Uluslararası alanda yaygın olarak kullanılan bitki simülasyon modelleri kaynakların verimli kullanılmasında, maliyet azaltmada, zamandan tasarruf etmede, ekim zamanı planlamasında, ürün rekolte tahminlerinde, iklim değişikliğinin olası etkilerinin tahmin edilmesinde ve tarımda gelişen teknolojiye uyum sağlamaya yönelik kullanılmasında Türkiye tarımı için de yarar sağladığı düşünülmektedir. Uluslararası alanda pek çok araştırmacı ve merkezler tarafından geliştirilmiş farklı bitki simülasyon modelleri bulunmaktadır.

Araştırmada tercih edilen DSSAT bitki simülasyon modelinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. DSSAT bitki simülasyon ailesi kullanımda olan en eski model sistemlerinden birisidir. Bünyesinde farklı bitkiler için özelleştirilmiş CROPGRO, CERES, APSIM gibi alt modeller bulunmaktadır. Modelde sadece hasattaki verim ve verim ögeleri değil, bitki fenolojik dönemlerine yönelik de tahminler oluşturulmaktadır. Bunun yanı sıra ilgili su, ıstıılık, tohum vb. birim maliyetlerinin girdi olarak kullanılması ile ekonomik analiz yapabilmeye yönelik alt bir bölüm de yer almaktadır. DSSAT bitki simülasyon modelinin bir diğerk avantajı ise otomatik hale getirilmiş genetik katsayı belirleme alt modülü sayesinde eş zamanlı olarak on binlerce farklı olasılığa yönelik genetik katsayı belirleme işlemi yapılabilmektedir. Ayrıca modelle uyumlu olarak noktasal ölçekten yerel ve bölgesel ölçeğe tahmin yapabilmeye yönelik alt program da bulunmaktadır. DSSAT bitki simülasyon model ailesinin en önemli dezavantajı ilk başlangıçta kullanıcıya çok karmaşık gelen ara yüzü ve fazla girdi parametresi isteğidir. 30 yılı aşkın süredir dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan modellerden biri olmasına rağmen bir eğitim video alt yapısına sahip değildir. Buna rağmen model gelişim ekibi zaman zaman düzenlediğı internet tabanlı soru cevap etkinlikleri ve geliştirme ekibine doğrudan ulaşabilme imkânı ile kullanıcıların sorularına destek olmaya çalışmaktadır. Kullanıcılar elde etmek istedikleri sonuç doğrultusunda, en uygun modeli belirleyebilirler. Bunun yanında günümüzde pek çok modelin eş zamanlı kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır.

2021 Ocak ayı verilerine göre 415 ppm düzeyinde olan CO₂ konsantrasyonlarının 2100 yılına gelindiğinde;

- ✓ RCP4.5 senaryosuna göre 650 ppm seviyesine,
- ✓ RCP8.5 senaryosuna göre ise 1370 ppm seviyesine erişeceği öngörülmektedir.

Bu senaryolar ışığında araştırmadan elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Genel olarak Türkiye’de yağışa dayalı tarım sistemi ile yapılan buğday yetiştiriciliğinde değişikliğe gidilmemesi halinde iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesi tahmin edilmektedir.

- ✓ İklim değışikliğinin en büyük göstergelerinden olan sıcaklıkların artması ve yağışların düzensizleşmesinden dolayı tarımsal üretim risk altındadır.
- ✓ Sıcaklıkların artması ile hasat ve çiçeklenme tarihlerinin daha erken olacağı öngörülmektedir.
- ✓ Çiçeklenme döneminde ekstrem hava sıcaklıklarının olumsuz etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.
- ✓ Özellikle İlkbahar dönemindeki yağışların azalmasının verimi olumsuz etkilediği görülmektedir.
- ✓ Konya Bölgesinde mevcut koşullarda susuz tarım yapıldığı; fakat ilerleyen periyotlarda susuz tarıma devam edilirse, iklim değışikliğinin buğdayda olası verim oranlarına olumsuz yansıtacağı belirlenmiştir.
- ✓ İklim değışikliğinden kötü yönde etkilenen, Konya bölgesinden farklı ekim alanları araştırılmadır.
- ✓ Konya bölgesinde buğday tarımına devam edilecekse sulama bazlı tarım teknikleri geliştirilmelidir.

RCP4.5 senaryosu temelinde incelendiğinde buğday verim tahminlerinin;

- ✓ 2020-2040 döneminde % -11 ila +9 aralığında,
- ✓ 2041-2070 döneminde % -8 ila +5 aralığında,
- ✓ 2071-2099 döneminde % -12 ila +6 aralığında değışeceği görülmektedir.

RCP8.5 senaryosu temelinde incelendiğinde buğday verim tahminlerinin;

- ✓ 2020-2040 döneminde % -7 ila -19 aralığında,
- ✓ 2041-2070 döneminde % -10 ila +6 aralığında,
- ✓ 2071-2099 döneminde % -17 ila +2 aralığında değışeceği görülmektedir.

Yapılan projeksiyonlar ve model sonuçları ışığında önlem olarak;

- ✓ Havzalar arası su aktarımı daha da geliştirilerek Konya kapalı havzasında su açığının giderilmesinin sağlanması oldukça isabetli bir yatırım olacaktır.
- ✓ Daha az sulama isteyen ve kuraklığa daha fazla dayanıklı buğday çeşitleri geliştirilmeye çalışılmasını önermekteyim.

- ✓ Verim tahmini için kullanılan Bitki büyüme modellerinin çıktıları karar vericiler ve çiftçiler için öngörü oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Konya ili buğday tarımının gelecek dönemlerde iklim değişikliği olası etkilenebilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada DSSAT bitki büyüme modeli ve iklim projeksiyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların gelecek dönem üretim planlamalarında, ilgili kullanıcılara altlık teşkil ederek katkı sağlaması beklenmektedir.



KAYNAKLAR

- Aggarwal, P. K. ve Kalra, N. 1994. Simulating The Effect Of Climatic Factors, Genotype And Management On Productivity Of Wheat In India, Indian Agricultural Research Institute Publication, New Delhi, India, Pp. 156.
- Aggarwal, P. K. ve Mall, R. K. 2002. 'Climate Change And Rice Yields In Diverse Agro-Environments Of India. II. Effect Of Uncertainties In Scenarios And Crop Models On Impact Assessment'. Climatic Change, 52(3), 331–343.
- Ahmadi, A. and D.A. Baker 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. J. Of Agric. Sci. 136: 257-269.
- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F. 2015. Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, 149 s., Ankara.
- Alexandrov, V. ve Eitzinger, J. 2002. Potential Climate Change Impact On Winter Wheat And Spring Barley In Austria. Global Change Biol. 8 4, Pp. 372–389.
- Altınsoy, H., Öztürk, T., Türkeş, M. and Kurnaz M. L. 2012. Simulating the climatology of extreme events for the central Asia domain using the RegCM 4.0 regional climate model. In: C.G. Helmig and P. Nastos (eds.) Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, pp.365-370. Springer Atmospheric Sciences, Springer-Verlag, Berlin
- Anonim. 2020b. Web Sitesi: <http://kuraklikizle.mgm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 15.10.2020.
- Anonymous. 2020a. Web Sitesi: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>, Erişim Tarihi: 01.08.2020.
- Anonymous. 2021. Web Sitesi: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>, Erişim Tarihi: 10.01.2021.
- Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J. W., Howden, S. M., 2004. Simulated Wheat Growth Affected By Rising Temperature, Increased Water Deficit And Elevated Atmospheric CO₂. Field Crops Research 85 (2004) 85–102
- Asseng, Senthil, Zhu, Y., Wang, E., & Zhang, W. 2015. Chapter 20- Crop modeling for climate change impact and adaptation A2- Sadras, Victor O. In D. F. Calderini (Ed.), Crop Physiology (Second Edition) (pp. 505–546). San Diego: Academic Press. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00020-0>

- Attri, S. D. ve Rathore, L. S. 2003. Simulation Of Impact Of Projected Climate Change On Wheat In India, Int. Journal Of Climatology 23, 693–705.
- Balkan, A. ve T. Gençtan. 2013. Ekmeklik buğdayda (*Triticum Aestivum* L.) osmatik stresin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. Namık Kemal Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. ISSN. 10 (2): 44-52.
- Baydar, A. 2010. Seyhan Ovası Koşullarında İklim Değişikliklerinin Pamuk Bitkisi Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Brohi, A., A. Aydeniz, M. R. Karaman, S. Erşahin. 1994. Bitki Besleme. Gazi Osman Paşa Üniv., Ziraat Fak. Yayınları: 4 Kitaplar Serisi: 4, Tokat.
- Bulut, H. 2015. Türkiye'de İklim Faktörlerinin ve İklim Değişikliğinin Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Carter, T.R.1996. Developing Scenarios of Atmosphere, Weather and Climate for Northern Regions. Agric. Food Sci. Finl. 5, 235-249.
- Chatterjee, A.1998. Simulating The Impact Of Increase In Temperature And CO₂ On Growth And Yield Of Maize And Sorghum, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- Cummins A. G. and Roberts-Thomson I.C. 2009. Prevalence of Celiac Disease in the Asia Pacific Region. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 1347-1351. doi:10.1111/j.1440-1746.2009.05932.x
- Çaldağ, B. 2009. Trakya Bölgesi'nin Tarımsal Meteorolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çaldağ, B., L. Saylan, o. Sen, h. Toros, f. Bakanoğulları. 2001. Toprak ve Atmosferik Faktörlerdeki Değişimin Buğdayın Verimine Etkilerinin Belirlenmesinde Model Kullanımı. Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu, Kırklareli, 24-27 Mayıs 2001, s.257-265.
- Çaylak (2015). İklim Değişikliğinin Buğday Bitkisinin Gelişimi ve Verimine Olası Etkilerinin Bitki-İklim Simulasyon Modeli ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Dellal, İ., McCarl, B. A., & Butt, T. 2011. The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture. Journal of Environmental Protection and Ecology, 12(1), 376-385.
- Dellal İ., Butt, T., McCarl, B., Dyke, P. 2004. 'İklim Değişikliğinin Türk Tarımı Üzerine Ekonomik Etkileri', Ankara İklim Konferansı, Ankara.

- Demircan, M., Gürkan, H., Eskioglu, O., Arabaci, H., & Coskun, M. 2017. Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios. Turkish Journal of Water Science and Management, 1(1), 22-43.
- Demiroglu, O.C., Turp, M.T., Kurnaz, M.L. et al. The Ski Climate Index (SCI): fuzzification and a regional climate modeling application for Turkey. Int J Biometeorol.2020. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01991-0>
- Demirtaş, M. 2018 The high-impact 2007 hot summer over Turkey: atmospheric-blocking and heat-wave episodes Meteorol. Appl., 25 (2018), pp. 406-413.
- Dobermann, A., Dawe, D., Roetter, R. P., ve Cassman, K. G. 2000. Reversal Of Rice Yield Decline In A Long-Term Continuous Cropping Experiment. Agron. J. 92:633–643 .2000.
- Dolgun, C. ve Çifci, E.A. 2018. Farklı Kuraklık Stresi Seviyelerinin Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg., 32 (2), 99-109.
- Dubrovsky, M., Trnka, M., Zalud, Z., Semerádova, D.2004. Estimating the Crop Yield Potential of the Czech Republic in Present and Changed Climates. In *Proceedings of the 5th European Conference on Applied Climatology*, Nice, France, Sept 27-30, 2004, pp. 315.
- Droogers, P., Bastiaanssen, W. G. M., Beyazgül, M., Kayam, Y., Kite, G. W., Murray-RUST, H. 2000. Distributed Agro-Hydrological Modeling Of An Irrigation System In Western Turkey. Agricultural Water Management 43 (2000) 183-202.
- Eitzinger, J., Marinković, D., Hösch, J.2002. Sensitivity Of Different Evapotranspiration Calculation Methods In Different Crop-Weather Models. In: Rizzoli, A. E., Jakeman, A. J. (Eds.) : Integrated Assessment And Decision Support, Proc., 1st Biennial Meeting Of The International Environmental Modelling And Software Society, Iemss 2002, 24-27 June 2002, Lugano, Switzerland, Vol. 2, 395-400
- Eitzinger, J., Trnka, M., Hösch, J., Z. Zalud, Dubrovsky, M.,2004. Comparison Of CERES, WOFOST And SWAP Models In Simulating Soil Water Content During Growing Season Under Different Soil Conditions, Ecological Modelling 171.2004. 223–246.
- Erlat, E. ve Türkeş, M. 2008. Türkiye’de don olaylı gün sayılarındaki değişiklikler ve Arktik Salınım ile bağlantısı içinde: IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 426-436, 25-28 Mart 2008: İstanbul.

- Erlat, E. and Türkeş, M. 2012. Analysis of observed variability and trends in numbers of frost days in Turkey for the period 1950–2010. *International Journal of Climatology*, 32: 1889–1898.
- Erlat, E. and Türkeş, M. 2013. Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3556.
- FAO, 2016 Web Sitesi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Erişim Tarihi: 08.11.2020.
- Gangadhar Rao, D., Katyal, J. C., Sinha, S. K. ve Srinivas, K. 1995. Impacts Of Climate Change On Sorghum Productivity In India: Simulation Study, American Society Of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA, Climate Change And Agriculture: Analysis Of Potential International Impacts. ASA Spacial Publ. No. 59. Pp. 325–337.
- Gençoğlu, C. 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımları ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye uygunluğunun İrdelenmesi. Doktora Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Govindarajan, S., Ambujam, N., Karunakaran, K. 2008. Estimation Of Pad Dy Water Productivity (WP) Using Hydrological Model: An Experimental Study. *Paddy And Water Environment*, Volume 6, Number 3, September 2008, pp. 327-339(13).
- Grant, R. F., Jackson, B. S., Kınırı, J. R. ve Arkın, G. F. 1989. Water Deficit Timing Effects On Yield Components In Maize. *Agron. J.* 81:61–65.
- Güler, M., G. Akbay, “Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)’da Sulama ve Azotlu Gübrelemenin Protein Verimine Etkileri”, *Doğa- Tr. J. Agriculture and Forestry*, 24, 317- 325, Tübitak .2000.
- Gürkan, H. 2015. Türkiye’de İklim Faktörlerinin ve İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürkan, H., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Demircan, M., Yazıcı, B., Kocatürk, A., and Akçakaya, A. 2015. Temperature and Precipitation Projections Based on MPI-ESM-MR GCM and Scenarios of RCP4.5 and RCP8.5, VII. Atmospheric Science Symposium, 28,30 April 2015, İstanbul, Türkiye.
- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H., Koçak, N., Eskioğlu, O., Demircan, M. 2016. The Effect of Climate Factors On The Yield Of Sunflower And Sunflower Yield Predictions Based On Climate Change Projections: Example Of Marmara Region, 19th International Sunflower Conference Proceedings p: 885-895, 2016, Edirne, Türkiye.

- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H. 2017. İklim Değişikliği Nedeniyle Artan Kuraklığın Ayçiçeği ve Pamuk Verimi Üzerine Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 20(), 216-221. DOI: 10.18016/ksudobil.349207
- Gürkan, H. 2019. Konya Havzasında İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürkan, H., Bayraktar, N., Yeşilekin, N., Yıldırım, Y.E., Hoogenboom, G., Gündüz, A. 2019. Estimation of Possible Effects of Using Different Irrigation Levels on Future Periods Crop Productivity. 6th Congress on Soil and Water Resources with International Participation, İzmir, Turkey.
- Gürkan, H., Özgen, Y., Bayraktar, N., Bulut, H., Yıldız, M. 2020. Possible Impacts of Climate Change on Sunflower Yield in Turkey. Intechopen, Book of Climate Change & Food Security, İngiltere. DOI: 10.5772/intechopen.91062
- Hansen, J. W., Indeje, M. 2004. Linking Dynamic Seasonal Climate Forecasts With Crop Simulation For Maize Yield Prediction In Semi-Arid Kenya. Agricultural And Forest Meteorology 125 (2004) 143–157.
- Harlan J. R. 1995. The Living Fields: Our Agricultural Heritage. Cambridge Univ. Press. Cambridge. U. K.
- Hoogenboom, G., White J.W., Messina, C.D. 2004. From genome to crop: integration through simulation modelling. Field Crop Res. 90, 145-163.
- 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, and J.W. Jones. 2019. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
- Hoogenboom, G. 2000. Contribution Of Agrometeorology To The Simulation Of Crop Production And Its Applications, Agric. Forest Meteorology 103, 137–157.
- Hundal, S. S. ve Kaur, P. 1996. Climate Change And Its Impact On Crop Productivity In The Punjab, India', In Climate Variability And Agriculture (Abrol, Y. P., Gadgil, G. And Pant, G. B. Eds.), New Delhi, India, Pp. 410.
- IPCC. 2001. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. pp 398-400.

- IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary For Policymakers Contribution Of Working Group I To Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), IPCC Secretariat, WMO, Geneva.
- IPCC. 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 1535 pp.
- Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy* 18:235-265.
- Kadıoğlu, M., Şaylan, L. ve Şen Z.1998. Effect of climate change on the growing season in Turkey, Second Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, July 27-29,
- Kapur, B.2010. Artan CO₂ ve küresel iklim değişikliğinin Çukurova Bölgesinde buğday verimliliği üzerine etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Karahan, S. 1996. Buğdaylarda (*Triticum spp.*) Kurağa Dayanma Mekanizmasının Laboratuvar. Sera ve Tarla Şartlarında İncelenmesi ve Dayanıklı Genotiplerin Seçimi ve Sonuçların Islah Programlarında Kullanılması Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Kızılaslan H .2004. Dünya’da ve Türkiye’de Buğday Üretimi ve Uygulanan Politikaların Karşılaştırılması. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 21:23-28.
- Koç, E. M. 2011. İklim Değişikliğinin Tarıma Olası Etkilerinin WOFOST Bitki İklim Modeli ile Araştırılması. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kodesova, R., ve Brodsky, L.2006. Comparison Of CGMS-WOFOST And HYDRUS-1D Simulation Results For One Cell Of CGMS-GRID50. *Soil & Water Res.*, 1, 2006 (2): 39–48.
- Köksal, H.1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Köksal, H., Kanber, R.2003. Bitki Büyüme Modelleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Şube Müdürlüğü, Yayın No: 122, Sulama ve Drenaj Mühendisliği, Ankara, s. 188-202
- Kutlu, İ. 2010. Tahıllarda Kuraklık Stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 3(1): 35- 41.

- Kutlu, İ , Turhan, E , Yorgancılar, Ö , Yorgancılar, A .2017. Kuraklık Stresinde Buğday Genotiplerinde Verim Komponentleri ve Antioksidan Enzim Metabolizmasında Değişimler. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, Cilt: 20 Sayı: Özel Sayı, 273-277. DOI: 10.18016/ksudobil.349252
- Kün, E. 1996. Serin iklim tahılları (3. Baskı). Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No:1451, Ders Kitabı: 431. 322 s.
- Lal, M., Singh, K. K., Srinivasan, G., Rathore, L. S. Ve Saseendran, A. S.1998. Vulnerability Of Rice And Wheat Yields In NW-India To Future Change In Climate, Agric. Forest Meteorology 89, 101–114.
- Lal, M., Singh, K. K., Srinivasan, G., Rathore, L. S., Naidu, D. ve Tripathi, C. N.1999. Growth And Yield Response Of Soybean In Madhya Pradesh, India To Climate Variability And Change, Agr. And Forest Meteorology, 93, 53–70.
- Lawless, C., Semenov, M. A.2005. Assessing Lead-Time For Predicting Wheat Growth Using A Crop Simulation Model. Agricultural And Forest Meteorology, 135., 2005. 302–313.
- Leite, J., Silva, J., Justino, F., Ittersum, M. 2014. A Crop Model-Based Approach For Sunflower Yields. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.71 no.5 Piracicaba Sept./Oct. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0356>.
- Mall, R. K. and Aggarwal, P. K.2002, ‘Climate Change and Rice Yields in Diverse Agro-Environments of India. I. Evaluation of Impact Assessment Models’, Clim. Change 52, 315–330.
- Mall, R. K., Lal, M., Bhatia, V. S., Rathore, L. S. ve Singh, R. 2004. Mitigating Climate Change Impact On Soybean Productivity In India: A Simulation Study, Agricultural And Forest Meteorology, 121 (1–2), pp. 113– 125.
- Mall, R. K., Singh, R., Gupta, A., Srinivasan, G. ve Rathore, L. S.2006. Impact Of Climate Change On Indian Agriculture:A Review. Climatic Change .2006. 78: 445–478.
- Mandal, N.1998. Simulating The Impact Of Climatic Variability And Climate Change On Growth And Yield Of Chickpea And Pigeonpea Crops, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- Mantel, S. ve Van Engelen, V. W. P. I.1999. Assessment Of The Impact Of Water Erosion On Productivity Of Maize In Kenya: An Integrated Modelling Approach., Land Degradation & Development 10, 577-592.,1999.
- MGM. 2019. Türkiye İklim Projeksiyonları. Web Sitesi: <https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/Workspace>, Erişim Tarihi: 01.08.2019.

- Mohandass, S., Kareem, A. A., Ranganathan, T. B. Ve Jeyaraman, S.1995. Rice Production In India Under Current And Future Climates, In Matthews R. B., Kropff M. J, Bachelet D. And Laar Van H. H. (Eds.), Modeling The Impact Of Climate Change On Rice Production In Asia, CAB International, U.K. Pp. 165–181.
- Mor, A. 2005. Bitki-İklim Modeli (DSSAT) Kullanılarak Bursa’da Buğday İçin Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Analizi. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Mourice, S. K., Rweyemamu, C. L., Tumbo, S. D., & Amuri, N. 2014. Maize Cultivar Specific Parameters for Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Application in Tanzania. American Journal of Plant Sciences, 05(06), 821-833. doi:10.4236/ajps.2014.56096
- Nasim, W., Ahmad, A., Belhouchette, H. & Fahad, S. 2016. Evaluation of the OILCROP-SUN Model For Sunflower Hybrids Underdifferent Agro-Meteorological Conditions of Punjab - Pakistan. Field Crops Research 188 (2016) 17–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.011>.
- Natelli, M., Stockle, C.O., Ceotto, E., Rinaldi, M.1997. Evaluation Of Cropsyst For Cropping Systems At Two Locations Of Northern And Southern Italy. Eur. J. Agron. 6, 35–45.
- Okay, D. 2006. Bursa Koşullarında Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkisinin Ceres-Maize Bitki Gelişme Modeliyle Belirlenmesi. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Önol, B., Unal, Y. 2014. Assessment of climate change simulations over climate zones of Turkey. Regional Environmental Change, 14(5): 1921-1935.
- Önol, B., Semazzi F.2008. Regionalization Of Climate Change Simulations Over Eastern Mediterranean. Journal Of Climate: In Press.
- Öztürk A ve Akten Ş.1996. Buğday ve kuraklık stresi. Atatürk Ü.Zir.Fak.Der.27 (1) 163-176,1996.
- Öztürk, T., Altınsoy, H., Türkeş, M., Kurnaz M. L. 2012. Simulation of temperature and precipitation climatology for central Asia Cordex domain by using RegCM 4.0. Climate Research, 52: 63–76
- Öztürk, T., Ceber, Z. P., Türkeş, M., & Kurnaz, M. L. 2015. Projections of climate change in the Mediterranean Basin by using downscaled global climate model outputs. International Journal of Climatology, 35(14), 4276–4292. <https://doi.org/10.1002/joc.4285>

- Pala, M., Stockle, C. O., Harris, H. C. 1996. Simulation Of Durum Wheat (*Triticum Durum*) Growth Under Differential Water And Nitrogen Regimes In A Mediterranean Type Of Environment Using CropSyst. *Agric. Syst.* 51, 47–163.
- Pannkuk, C.D., Stockle, C.O., Papendick, R.I. 1998. Validation Of Cropsyst For Winter And Spring Wheat Under Different Tillage And Residue Management Practices In A Wheat-Fallow Region. *Agric. Syst.* 57, 121–134.
- Piticar, A., Croitoru, A.E., Ciupertea, F.A., Harpa, G.V. Recent changes in heatwaves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. *Int. J. Climatol.* 2018, 38, 1777–1793.
- Reddy, K. R., Doma P. R., Mearns L. O., Hodges, H. F., Richardson, A. G., Boone, M. Y. L., Kakanı, V. G. 2002. Simulating The Impacts Of Climate Change On Cotton Production In The Mississippi Delta. *Clim. Res.* 22:271–281.
- Rosenzweig, C., Parry, M. L. 1994. Potential Impact Of Climate Change On World Food Supply. *Nature* 367, 133–138.
- Sahoo, S. K. 1999. Simulating Growth And Yield Of Maize In Different Agro- Climatic Regions, M.Sc. Thesis (Unpublished), Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- Şen, B. 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. Ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Sen B, Topcu S, Türkeş M, Sen B, Warner JF. 2012. Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Clim Res* 52:175-191. <https://doi.org/10.3354/cr01074>
- Sen, O.L., Ezber, Y., Bozkurt, D. 2019: Euro-Mediterranean climate variability in boreal winter: A potential role of East Asian Trough, *Climate Dynamics*, 52, 7071-7084. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4573-9>.
- Şen, K, Aksu, H. 2021. İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri. *Teknik Dergi*, 32 (1), 1-2. DOI: 10.18400/tekderg.647558
- Stockle, C. O., James L. G., Bassett D. L., Saxton K. E. 1991. Effect Of Evapotranspiration Underprediction On Irrigation Scheduling And Yield Of Corn: A Simulation Study *Agricultural Water Management*, Volume 19, Issue 2: March, 1991. Pages:167-179.
- Stockle, C.O., Cabelguenne, M., Debaeke, P. 1997. Validation Of Cropsyst For Water Management At A Site In Southern France Using Submodels Of Different Complexity. *Eur. J. Agron.* 7, 89–98.

- Supit, I., Van Der Goot, E. 1999. National Wheat Yield Prediction Of France As Affected By The Prediction Level. *Ecological Modelling*, 116.1999. ,203–223.
- Şaylan, L. ve Çaldağ B. 2000, Potential Impacts Of Climate Change On Agriculture, 2nd International Symposium On New Technologies For Environmental Monitoring And Agro-Applications, AGROENVIRON-2000, 18-20 October 2000, Tekirdağ.
- Tatar, D. 2001. Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezinde Bitki-İklim Modellemesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tatlı, H. ve Türkeş, M. 2008. Türkiye’deki 2006/2007 kuraklığı ile geniş ölçekli atmosferik değişkenler arasındaki bağlantının lojistik regresyonla belirlenmesi. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 516-527. İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.
- TMO, Toprak Mahsulleri Ofisi.2020: 2019 Yılı Hububat Sektörü Raporu, Ankara, 2020, s.44
- Topcu S, Sen B, Odemis B, Sen B. 2010. Vulnerability of water resources under changing climate conditions in Upper Mesopotamia. In: Kirby C (ed) BHS 3rd Int Symp, Role of hydrology in Managing consequences of a changing global environment. Newcastle, UK. British Hydrological Society, London, p 166–175.
- Trnka, M., Dubrovsky, M., Semerádova, D., Zalud Z. 2004b. Projections Of Uncertainties In Climate Change Scenarios Into Expected Winter Wheat Yields. *Theoretical And Applied Climatology*, 30 March, 2004. 77, 229–249.
- Trigo, R. vd. 2006. Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. Pp. 179-226: Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., and Boscolo, R. (Eds.), Chapter 3, Mediterranean Climate Variability. Elsevier Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Amsterdam.
- Tuik .2020. Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim Tarihi: 20.12.2020.
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M., Kurnaz, M. L. 2014. RegCM4.3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1): 1-24
- Türker, U. 2001. Hassas Tarım Tekniği ve Ülkemizde Uygulama Olanakları. *Türk-koop Ekin Dergisi*. Sayı:16, sayfa 100-106.

- Türkeş, M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Türkeş, M. 2008a. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1: 45-64.
- Türkeş, M. 2008b. İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirmesi. *Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi*, Bağlam Yayınları, 308, İstanbul.
- Türkeş, M. 2012. Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. S: 1-42. Ed. N. Özgen. *Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinler arası Bir Yaklaşım*. Eğiten Kitap, Ankara
- Türkeş, M., Sümer, U. M. 2004. Spatial And Temporal Patterns Of Trends And Variability In Diurnal Temperature Ranges Of Turkey. *Theoretical And Applied Climatology* 77: 195-227.
- Türkeş, M. ve Tatlı, H. 2009. Use Of The Standardized Precipitation Index (SPI) And A Modified SPI For Shaping The Drought Probabilities Over Turkey. *Int. J. Of Climatol.* 2009.
- Türkeş 2019- Türkeş M. 2019. “İklim Değişikliğinin Bilimsel Temelleri, Türkiye’ye Etkileri”, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi: İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 1, 2019 s70.
- UNFCCC .1992. Web Sitesi: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, Erişim Tarihi: 11.09.2020.
- Utset, A., Velicia, H., Del Rio, B., Morillo, R., Centeno, J.A., Martinez, J. C. 2007. Calibrating And Validating An Agrohydrological Model To Simulate Sugarbeet Water Use Under Mediterranean Conditions. *Agricultural Water Management* 94, 2007. 11–21.
- Ünlü M., Barutçular C., Koç M., Koç D. L., Kapur B., Tekin S., Aydın M., Kanber R. 2007. Çukurova Koşullarında, İklim Değişiminin Buğday ve Mısır Bitkisinde Evapotranspirasyon, Gelişme ve Verim Üzerine Etkileri. *ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları*. Mart, 2007. 89-101.
- Vanlı, Ö., Dssat Bitki Simülasyon Modeli ve Uzaktan Algılama Verilerinden Elde Edilen İndisler Kullanılarak Buğday Verim Tahmini: İslâhiye ve Nurdağı Örneği. 2019 Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Bilişim Enstitüsü, İstanbul
- Van Zeist W. and De Roller G.J. 1995. Plant Remains from Asikli Höyük, a Pre-Pottery Site in Central Anatolia. *Veget. Hist. Archeobot.*, 4: 179-185

- Wolf, J. ve Van Diepen, C. A. 1995. Effects Of Climate Change On Grain Maize Yield Potential In The European Community, *Clim. Change* 29, 299– 331.
- Yang, R.C.,S.Jana,J.M.Clarke. 1991.Phenotypic Diversiyy and Associations of Some Potentially Drought Responsive Characiars in Dımın Wheat.*Crop Sci.* 31:1484-1491
- Yıldırım M.U., M. Demircan, F.A. Özdemir, E.O. Sarıhan. 2016. İklim Değişikliğinin Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Üretim Alanlarına Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2):289-295
- Yuping, M., Shılı, W., Li, Z., Yingyu, H., Lıwei, Z., Yanbo, H., Futang, W.2008. Monitoring Winter Wheat Growth In North China By Combining A Crop Model And Remote Sensing Data. *International Journal Of Applied Earth Observation And eoinformation* 10 (2008) 426–437.
- Wiese, M.V. 1991. Compendium of Wheat Diseases. St. Paul, Minnesota, U.S.A. American Phytopathology. p,112.
- Zalud, Z., McMaster, G. S., & Wilhelm, W. W. 2003. Evaluating SHOOTGRO 4.0 as a Potential Winter Wheat Management Tool in the Czech Republic. *European Journal of Agronomy*, 19(4), 495-507. Doi:10.1016/s1161-0301(02)00186-7.