

Araştırma Makalesi

İklim Değişikliğinin Pamuk Yetiştiriciliğine Etkisinin Modellenmesi

Huzur Deveci^{1*} 

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ
*Sorumlu yazar: huzurdeveci@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.03.2024

Kabul Tarihi: 19.06.2024

Öz

Günümüzde iklim değişikliği göz ardı edilemeyen bir durumdur. Pamuk, Türkiye’de yetiştirilen önemli bir endüstri bitkisidir. Dolayısı ile iklim değişikliğinden tarım sektöründe önemli bir yer tutan pamuğun nasıl etkileceğini belirleyebilmek, gelecekte yetiştirilme alanlarının nasıl değişeceğini doğru bir şekilde tahmin edebilmek çok önemlidir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan pamuk bitkisinin coğrafi dağılımının gelecekte nasıl değişeceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmektir. Bu amaçla, Türkiye’de referans (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak pamukta iklimsel uygunluk tahmini yapılmıştır. Sonuç olarak, referans dönemde uygun olmayan alanların %93.2 iken HADGEM2_ES model RCP4.5’te %84.6’ya ve RCP8.5’te %80.7’ye gerileyeceği, uygun alanların ise referans dönemde %6.8 iken HADGEM2_ES model RCP4.5’te %15.4’e ve RCP8.5’te %19.3’e yükseleceği tahmin edilmiştir. Referans dönem ile gelecek dönemler karşılaştırıldığında Türkiye’de olası iklim değişikliğinden pamuk yetiştirilen alanların olumlu etkileeneceği, bu olumlu etkilenişin 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosuna göre RCP8.5 senaryosunda daha fazla olacağı öngörülmüştür. Karar vericilerin ve üreticilerin planlamalarını yaparken bu tahminler doğrultusunda hazırlık yapmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Gossypium hirsutum* L., Ecocrop, HADGEM2_ES, DIVA-GIS, Uygunluk.

Modeling the Impact of Climate Change on Cotton Cultivation

Abstract

Today, climate change is a psignificant situation that cannot be ignored. Cotton is an important industrial plant grown in Türkiye. Therefore, it is very important to be able to determine how cotton, which has an important place in the agricultural sector, will be affected by climate change and to accurately predict how its cultivation areas will change in the future. The aim of this study is to predict how climate change will alter change the geographical distribution of cotton cultivated in Türkiye in the future by using a plant suitability model. For this purpose, the climatic suitability of cotton was estimated by using the Ecocrop module in the DIVA-GIS program in line with the results of HADGEM2_ES model RCP4.5 and RCP8.5 scenario results for the reference (1950-2000) and future period (2050-2059) in Türkiye. As a result, it was estimated that unsuitable areas will decrease from 93.2% in the reference period to 84.6% in HADGEM2_ES model RCP4.5 and 80.7% in RCP8.5, while suitable areas will increase from 6.8% in the reference period to 15.4% in HADGEM2_ES model RCP4.5 and 19.3% in RCP8.5. As we compare the reference period and future periods, it is anticipated that cotton cultivated areas will be positively affected by the possible climate change in Türkiye and this positive effect will be more in the HADGEM2_ES model RCP8.5 scenario compared to RCP4.5 scenario in 2050s. It is recommended that decision makers and producers should make preparations in line with these predictions while making their planning.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L., Ecocrop, HADGEM2_ES, DIVA-GIS, Suitability.

Giriş

Türkiye, Doğu Akdeniz Havzasında yer alması nedeniyle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin belirgin bir şekilde hissedileceği ve etkilenme riski yüksek olan ülkelerden birisidir. Sanayi devrimiyle birlikte, arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle fosil yakıtların aşırı kullanımı, endüstrileşme ve ormansızlaşma gibi insan etkileri ile 19. yüzyılın ortalarından beri Dünya tarihinde

ilk kez, iklimdeki doğal değişebilirlikle beraber insan faaliyetlerinin de etkili olduğu bir dönem başlamıştır. Bu dönemde, yükselen deniz seviyeleri, yükselen sıcaklıklar, geri çekilen buzullar, afetlerin sıklığı ve şiddetinde artış ayrıca daha fazla sıcak hava dalgasıyla birlikte iklim değişikliğinin birçok etkisi hissedilir hale gelmiştir. Bu etkilerin ileride yoğunlaşması ve daha da fazla oluşması beklenmektedir (SYGM, 2020).

Türkiye’de gerçekleştirilen “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında, RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modelleri 30 yıllık referans dönem (1971-2000) için ve gelecek 2100 yılına kadar 10 yıllık dönem bazında tüm Türkiye için değerlendirilmiştir. Bu projenin sonuç raporuna göre 2100 yılında Türkiye’de sıcaklık artışı RCP4.5 senaryosuna göre 3.4°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise 5.9°C’ye kadar çıkabileceği tahmin edilmiştir. Yüzyıl boyunca sıcaklıkların Türkiye’nin güney enlemlerinden başlayarak kuzeye doğru artacağı öngörülmektedir. Yağış tahminleri değerlendirildiğinde ise dönemsel ve mevsimsel farklılıklar olmakla birlikte 2100 yılına kadar RCP4.5 senaryosuna göre -53.7-41.4 mm arasında, RCP8.5 senaryosunda ise -62.5-19.7 mm arasında yağış değişimleri olacağı tahmin edilmiştir (SYGM, 2016). Bunlar olası sonuçlardır. Gerçekleşen durumlar ele alındığında ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün son iklim değerlendirmesi raporuna göre 2023 yılı Türkiye ortalama sıcaklığı 15.1°C ile 1991-2020 ortalaması olan 13.9°C’nin 1.2°C üzerinde gerçekleşmiştir. Türkiye ortalama sıcaklıklarında 2007 yılından bu yana (2011 yılı hariç) pozitif sıcaklık farkları mevcuttur. 2023 yılı 15.1°C ile en sıcak üçüncü yıl olmuştur. 2023 yılı alansal ortalama yağışı 641.5 mm ile uzun yıllar ortalaması (1991-2020 dönemi) olan 573.4 mm’nin yaklaşık %12 üzerinde gerçekleşmiştir (MGM, 2023a). Avrupa ve Asya’nın kavgasında yer alan Türkiye, farklı coğrafyası ve iklim yapısı nedeniyle iklim değişikliğinin etkilerine karşı oldukça hassas ve savunmasızdır (Kurnaz, 2023). Sonuç olarak Türkiye iklim değişikliği sürecinden son yıllarda oldukça etkilenmektedir ve etkilenmeye de devam edeceği öngörülmektedir.

İklim değişikliğinin sağlık, ulaşım, ticaret, vb. sektörlerle etkilerinin yanı sıra en ciddi etkilerinin görüldüğü sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir (Dudu ve Çakmak, 2017; Gürkan ve ark., 2017; Hayaloğlu, 2018; Bozoğlu ve ark., 2019; Dellal, 2021; Karahasan ve Pınar, 2023; Kurnaz, 2023). Dolayısıyla tarım sektöründe değişen iklim koşullarına uyumun sağlanması gerekmektedir.

Pamuk lifi öncelikle tekstil ve giyim sanayi için bir hammadde olmakla birlikte enerji, hayvan yemi ve yağ alanlarında da kullanılan önemli bir endüstri bitkisidir. Türkiye’nin de aralarında bulunduğu yedi ülkede, küresel ölçekte seksene yakın ülkede üretilen pamuğun %80’inden fazlası üretilmektedir. Türkiye’nin üretim, istihdam ve ihracatında çok önemli bir yere sahip olan, sanayileşmesinin ve küresel pazar varlığının önemli bir parçası olan hazır giyim ve tekstil sektörünün gelişmesine paralel olarak pamuğa olan talep her geçen gün artmaktadır. Pamuğun üretimini artırabilmek Türkiye açısından çok önemlidir (Özüdoğru, 2021).

Mayıs 2022’de Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığının yayınladığı pamuk bültenine göre Türkiye’de 2021 yılında 4.3 milyon dekar alanda 2.25 milyon ton kütlü pamuk üretimi karşılığı 832.500 ton lif pamuk üretimi gerçekleşmiştir. 2021 yılında Türkiye’de üretilen pamuğun %87’sini Adana (%5), İzmir (%7), Hatay (%9), Aydın (%12), Diyarbakır (%14) ve Şanlıurfa (%40) karşılamaktadır (Anonim, 2023). Türkiye 2021/22 üretim döneminde, dünyada pamuk ekim alanında on birinci, birim alandan elde edilen lif pamuk veriminde beşinci, pamuk üretim miktarında yedinci; pamuk tüketiminde ve pamuk ithalatında da dördüncü sırada yer almaktadır (TEPGE, 2023). Dolayısı ile pamuk Türkiye için yetiştiriciliği büyük önem taşıyan bir bitkidir.

Dünyada ve Türkiye’de çeşitli bitkilerde iklim değişikliğine karşı yetiştiricilik için uygunluğun belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Dünyada pamuk (Lane ve Jarvis, 2021; Zagaria ve ark., 2023) ve diğer bitkiler için (Makinano-Santillan ve Santillan, 2015; Hummel ve ark., 2018; Remesh ve ark., 2019; Hunter ve Crespo, 2019; Egbebiyi ve ark., 2019; Taba-Morales ve ark., 2020; Egbebiyi ve ark., 2020; Ezekannagha ve Crespo, 2020; Manners ve ark., 2021; Mumo ve ark., 2021; Gardner ve ark., 2021; Möller ve ark., 2021; Mulinde ve ark., 2022) iklimsel olarak uygun ya da uygun olmayan alanlar belirlenmiştir. Türkiye’de ise kanola, buğday, mısır, dallı darı, pamuk, aspir, biyoenerji bitkileri, ıspanak ve Trakya Bölgesi’nde buğday, ayçiçek ve kanolada iklimsel uygunluk haritaları oluşturulmuştur (Aydın ve Sarptaş, 2018; Aydın-Kandemir ve Sarptaş, 2023; Deveci, 2023; Şen ve ark., 2024). Türkiye’de iklimsel uygunluk tahmini ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Dolayısıyla iklim değişikliğine karşı hassasiyeti azaltabilmek için bu çalışmaların özellikle stratejik bitkilerle, çeşitli modeller ile denemeler yapılarak desteklenmesi ve çoğaltılması gerekmektedir. Araştırmada ilk kez DIVA-GIS'e entegre edilen Ecocrop Model Türkiye'de kullanılarak pamuk bitkisinin uygunluğu iki farklı senaryo sonuçlarına göre belirlenmiştir. İklim değişikliğiyle birlikte, öngörülemez durumlar ortaya çıktığında, tarım ve tekstil sektöründe önemli bir yere sahip olan pamukta ekim alanlarının doğru bir biçimde tahmin edilebilmesi, üreticilere ve bu konuda çalışanlara planlamalarını yaparken yol gösterici olacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye'de referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) için HADGEM2_ES (Hadley Centre Global Environmental Model, version 2 Earth System) model ile RCP4.5 ve RCP8.5 (RCP: Representative Concentration Pathway) senaryo sonuçları doğrultusunda pamuk için DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak iklimsel uygunluk tahmini yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bitki yetiştiriciliği için en önemli etken olan sıcaklık ve yağış değişiminin pamuk yetiştiriciliğine etkisi ortaya konmuştur.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı: Yaklaşık 780.000 km²'lik yüzölçümüne sahip olan Türkiye 26°-45° doğu boylamları ile 36°-42° kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin yüzey alanının %97'si Asya Kıtasında (Anadolu), geri kalanı ise Avrupa kıtasındadır (Trakya). Türkiye'nin doğusunda Gürcistan, Azerbaycan-Nahçıvan, İran ve Ermenistan batısında Bulgaristan ve Yunanistan, güneyinde Irak ile Suriye yer alır (DSİ, 2023). Araştırma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2022 yılı verilerine göre toplam tarım alanı 38.501 bin hektardır ve tarım alanlarının %42.9'unu (16.529 bin hektar) ekilen alanlar oluşturmaktadır (TUİK, 2023).



Şekil 1. Araştırma alanı
Figure 1. Research area

Araştırma Alanının İklimi: Türkiye yarı kurak bir iklime sahiptir. Türkiye'de kıyılar boyunca yüksek sıradağlar uzanır. Türkiye'de yağış, sıcaklık ve rüzgârlar bölgesel ve zamansal olarak farklılık göstermektedir (DSİ, 2023). 1970-2023 yılları arasında Türkiye'nin ortalama sıcaklığı 13.3°C (MGM, 2023b), maksimum sıcaklık ortalaması 19.2°C (MGM, 2023d), minimum sıcaklık ortalaması 7.9°C (MGM, 2023e), yıllık toplam yağış ortalaması 619.0 mm (MGM, 2023c) ve ortalama bağıl nem %63.5'tir (MGM, 2023f).

Bitki Uygunluk Modeli (Ecocrop): Ecocrop, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiş bitkilerin belirli bir ortam için uygunluğunu belirlemek için kullanılan bir veri tabanıdır. Bu veri tabanında 2.568 tane bitkinin ayrıntılı verilerine ulaşmak mümkündür (FAO, 2023). Ecocrop verileri DIVA-GIS'e entegre edilmiştir. DIVAGIS'in içinde ise 1.710 bitki mevcuttur. DIVAGIS'e entegre edilen Ecocrop modelde girdiler minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin), maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax), bitkinin öldüğü sıcaklık (KT_{mp}), bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (T_{min}), optimum maksimum sıcaklık (TOP_{max}), optimum minimum sıcaklık (TOP_{mn}), bitkinin büyümeyi durdurduğu maksimum sıcaklık (T_{max}), minimum yağış miktarı (R_{min}), maksimum yağış miktarı (R_{mx}), optimum minimum yağış miktarı (ROP_{mn}), optimum maksimum yağış miktarı (ROP_{mx}) verileridir. Model çıktı olarak ise uygunluk haritalarını vermektedir. Pamuğa ait veriler Ecocrop'tan elde edilerek Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ecocrop model bu verileri kullanarak yani sadece sıcaklık ve yağış değişimini dikkate alarak 0 ile 100 arasında uygunluk indeksi hesaplayıp, iklimsel uygunluk haritaları oluşturmaktadır. Bu haritaları oluştururken uygunluk indeksi 0 uygun olmayan, %1-20 çok marjinal, %21-40 marjinal, %41-60 uygun, %61-80 çok uygun, %81-100 mükemmel olarak sınıflandırmaktadır.

Çizelge 1. Pamuk için iklim ve büyüme dönemi verileri (FAO, 2023)

Table 1. Climate and plant growth period data for cotton (FAO, 2023)

İklim ve büyüme dönemi verileri	Birim	Pamuk
Minimum büyüme sezonu uzunluğu	gün	150
Maksimum büyüme sezonu uzunluğu	gün	200
Bitkinin öldüğü sıcaklık	°C	0
Minimum sıcaklık	°C	15
Optimum minimum sıcaklık	°C	22
Optimum maksimum sıcaklık	°C	36
Maksimum sıcaklık	°C	42
Minimum yağış	mm	450
Optimum minimum yağış	mm	750
Optimum maksimum yağış	mm	1.200
Maksimum yağış	mm	1.500

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.): Pamuk, neredeyse her türlü toprakta yetişebilen bir bitkidir. Toprağın alüvyal olması yüksek kalite ve verim açısından önemlidir. Pamuk tarımı için derin, kumlu-killi, su tutma yeteneği yüksek, geçirgenliği, işlenmesi ve sulanması kolay topraklar ideal topraklardır. Sıcaklık, yağış, gün ışığı ve oransal nem pamuk tarımında en önemli iklim faktörleridir. Yaz ayları sıcaklığının 25°C, yıllık ortalama sıcaklığın ise 19°C olması idealdir. Sıcaklık tarak oluşmasından önce 20°C, çiçeklenme döneminde 25°C, kozaların gelişme döneminde ise 30-32°C olmalıdır. Hasat döneminde kozaların iyi açılabilmesi için sıcaklığın 15°C ye kadar azalması gerekmektedir. Genetik saflığı yüksek tohum kullanımı yüksek kaliteli ürün ve yüksek verim alabilmek için çok önemlidir (Gencer, 2023).

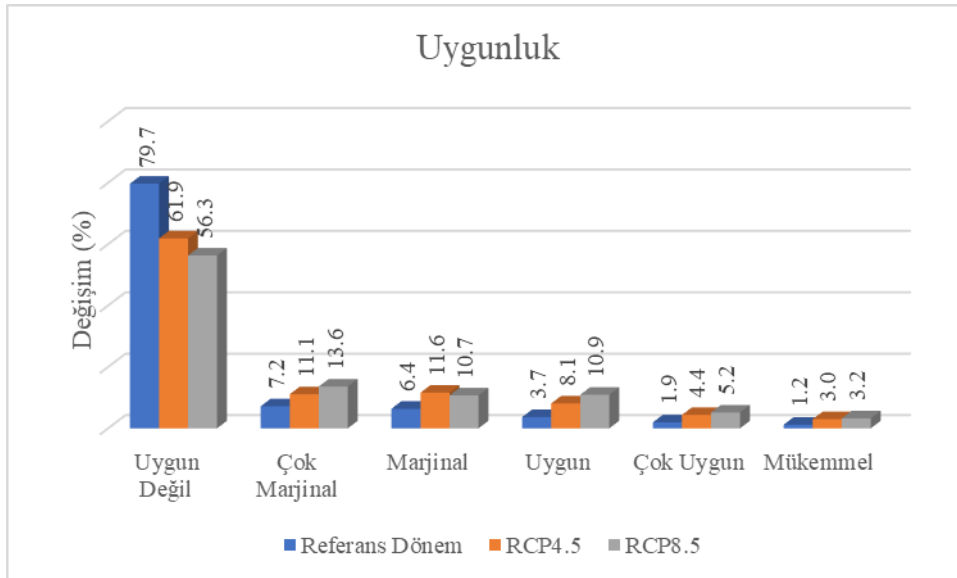
Referans ve Gelecek Dönem İklim Verileri: Bu çalışmada kullanılan referans dönem iklim verileri WorldClim veri tabanından elde edilmiş olan ve DIVA-GIS tarafından iklim dosyasına dönüştürülmüş verilerdir. Bu veriler yağış (mm), minimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve maksimum sıcaklık (°C) verilerini kapsamaktadır ve DIVA-GIS sitesinden elde edilerek kullanılmıştır (DIVAGIS, 2023). Çalışmada kullanılan gelecek 2050'leri kapsayan iklim verileri ise CCAFS (Climatic Change, Agriculture, and Food Security) sitesinden elde edilen HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını kapsayan minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileridir (CCAFS, 2023).

Yöntem: İklim değişikliğinin etkisi ile Türkiye'de pamuk yetiştirilen alanların referans dönemde (1950-2000) ve gelecek dönemde (2050-2059) nasıl değişeceğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada DIVA-GIS sitesinde iklim dosyasına dönüştürülmüş olan referans verileri (1950-2000) ile pamuk için referans dönem iklimsel uygunluk haritaları DIVA-GIS 7.5 (Hijmans ve ark., 2012) programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak oluşturulmuştur. Sonrasında ise CCAFS

sitesinden elde edilen HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarını gelecek dönem (1950-2000) iklim verileri ile DIVA-GIS için iklim dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosya ile pamuk için uygunluk analizi DIVA-GIS 7.5 programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen referans ve gelecek dönem iklimsel uygunluk haritaları QGIS (Quantum GIS) version 3.28.3. programına aktarılarak bu haritalar üzerinde analiz ve harita çıktısı düzenleme işlemleri gerçekleştirilmiştir (QGIS, 2023).

Bulgular ve Tartışma

İklim değişikliğinin Türkiye’de pamuk yetiştirilen alanlara etkisini belirlemek için referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HadGEM2_ES iklim modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları kullanılarak elde edilen iklimsel uygunluk değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Pamuk için referans dönem ve gelecek dönem iklim değişikliği sonuçları değerlendirildiğinde mevcut duruma göre pamuk yetiştiriciliği için uygun olmayan alanların her iki senaryoda da azalacağı, çok marjinal, marjinal, uygun, çok uygun ve mükemmel alanların ise her iki senaryoda da artacağı tahmin edilmiştir (Şekil 2). Türkiye’de pamuk yetiştiriciliği için uygun olmayan alanlar referans dönem için % 79.7 oranında iken HADGEM2_ES model RCP4.5’ta % 61.9’a, RCP8.5’ta % 56.3’e düşeceği model tarafından tahmin edilmiştir. Çok marjinal alanların referans dönem için % 7.2 iken RCP4.5’ta % 11.1’e, RCP8.5’ta % 13.6’ya, marjinal alanların referans dönem için % 6.4 iken RCP4.5’ta % 11.6’ya, RCP8.5’ta % 10.7’ye, uygun alanların referans dönem için % 3.7’den RCP4.5’ta % 8.1’e, RCP8.5’ta % 10.9’a, çok uygun alanların referans dönem için % 1.9’dan RCP4.5’ta % 4.4’e, RCP8.5’ta % 5.2’ye, mükemmel alanların ise referans dönem için % 1.2 iken RCP4.5’ta % 3.0’a, RCP8.5’ta % 3.2’ye kadar yükseleceği tahmin edilmiştir.



Şekil 2. Pamuk için referans dönem (1950-2000), gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5 ve HADGEM2_ES model RCP8.5 için iklimsel uygunluk değişimi

Figure 2. Shift in climatic suitability for cotton reference period (1950-2000), future period (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5 and HADGEM2_ES model RCP8.5

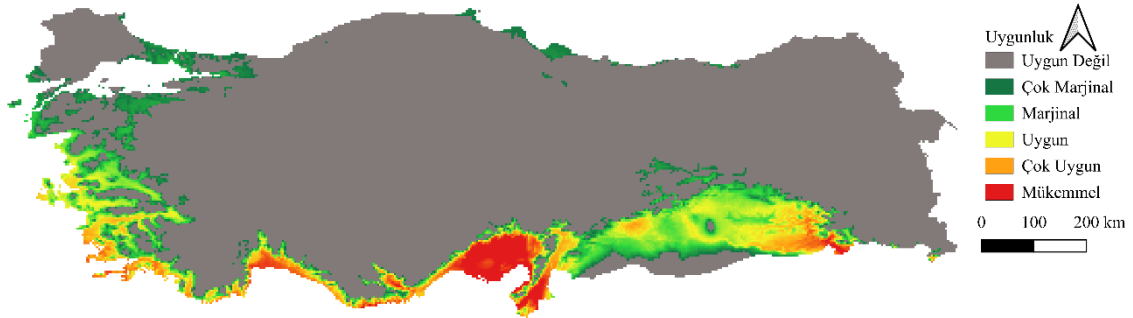
İklim değişikliğinin pamuk yetiştiriciliğine etkisi değerlendirilirken Çizelge 2’de uygun alanlar (uygun+çok uygun+mükemmel) ve uygun olmayan alanlar (uygun değil+çok marjinal+marjinal) kendi içinde gruplandırılmıştır. Buna göre referans dönemde uygun olmayan alanlar %93.2 iken HADGEM2_ES model RCP4.5’te %84.6’ya ve RCP8.5’te %80.7’ye gerilemiştir. Uygun alanlar ise referans dönemde %6.8 iken HADGEM2_ES model RCP4.5’te %15.4’e ve RCP8.5’te %19.3’e yükselmiştir. HadGEM2_ES iklim modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise 2050’lerde RCP4.5’e göre RCP8.5 senaryosunda pamuk yetiştiriciliğinde uygun alanların daha da artacağı yani olumlu bir etkilenmenin söz konusu olacağı öngörülmektedir (Şekil 2, Çizelge 2). Aynı olumlu etkilenme referans dönem ile gelecek dönemler RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında da görülmektedir.

Çizelge 2. Pamuk için referans dönem (1950-2000), gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5 ve HADGEM2_ES model RCP8.5 için alanların karşılaştırılması
Table 2. Comparison of areas for cotton reference period (1950-2000), future period (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5 and HADGEM2_ES model RCP8.5

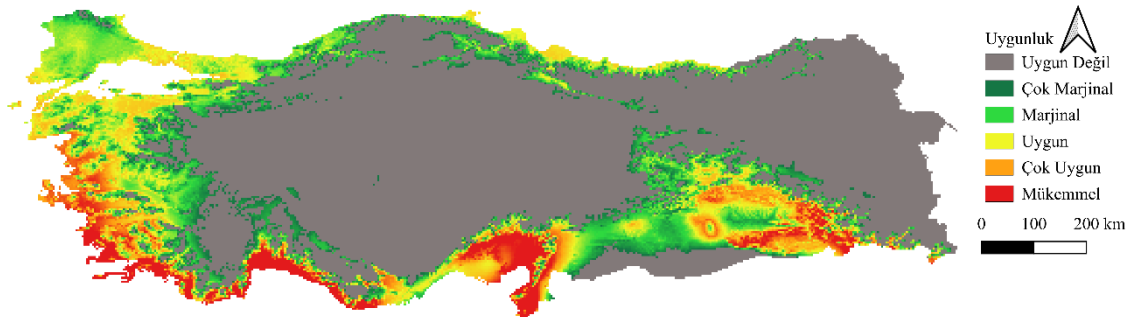
Alanlar	Referans Dönem (1950-2000)	Gelecek Dönem (2050-2059) RCP4.5	Gelecek Dönem (2050-2059) RCP8.5
Uygun Olmayan Alanlar (%) (Uygun Değil+Çok Marjinal+Marjinal)	93.2	84.6	80.7
Uygun Alanlar (%) (Uygun+Çok Uygun+Mükemmel)	6.8	15.4	19.3

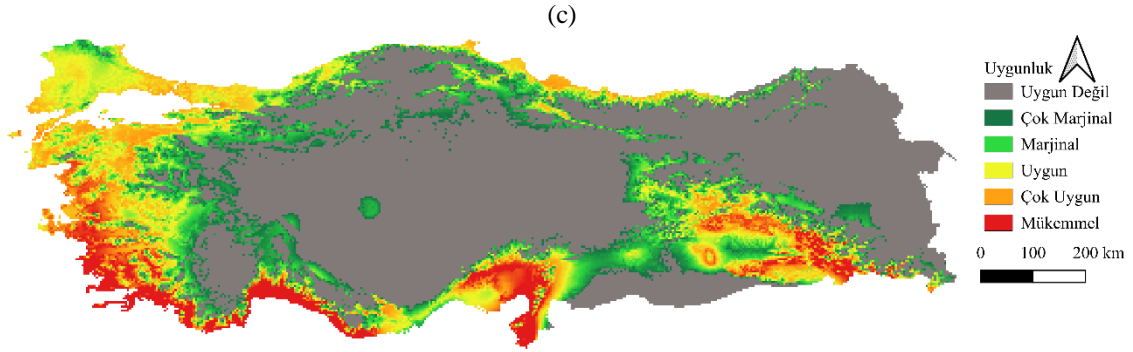
Türkiye için pamukta referans dönem (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) iklimsel uygunluk haritaları değerlendirildiğinde, Şekil 3 (a)'da referans dönem için Çukurova Bölgesi uygunluk değerlendirilmesinde mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. HADGEM2_ES model RCP4.5'te ise pamuk yetiştiriciliğinin bu bölgeyle birlikte kıyı Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde de genişleyerek daha fazla yapılabileceği kırmızı ile gösterilen mükemmel alanların oluşabileceği göze çarpmaktadır (Şekil 3b). Aynı zamanda da Adana ve Mersin illerinin kesişiminde referans dönemde mükemmel derecede pamuk yetiştiriciliği yapılabilecek alanların 2050'lerde her iki senaryoda da çok uygun, uygun hatta marjinal alana dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3b, Şekil 3c). Ayrıca referans dönemde Marmara Bölgesi'nde uygun olmayan alanların; marjinal, uygun, çok uygun alanlara dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3). Karadeniz Bölgesi'nde ise referans dönem için genelde uygun değil ve az miktarda çok marjinal alanlar mevcutken, RCP4.5 senaryosunda Orta Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinde ince bir şerit halinde uygun alanlar oluşabileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3a, Şekil 3b). Güneydoğu Anadolu'da ise bir kısım alanların referans döneme göre RCP4.5 senaryosunda daha uygun hale genişleyerek dönüşebileceği tahmin edilmiştir (Şekil 3b). HADGEM2_ES model RCP8.5'te ise hem referans döneme hem de HADGEM2_ES model RCP4.5'e göre aynı alanlarda bir miktar genişlemeyle birlikte, iklimsel uygunluk sınıflaması bakımından Akdeniz, kıyı Ege, Trakya, Marmara, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde daha uyguna giden bir artışın söz konusu olduğu görülmektedir (Şekil 3c).

(a)



(b)





Şekil 3. Pamuk için iklimsel uygunluk haritaları (a) Referans dönem (1950-2000), (b) Gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5, (c) Gelecek dönem (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP8.5

Figure 3. Climatic suitability maps for cotton (a) Reference period (1950-2000), (b) Future period (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP4.5, (c) Future period (2050-2059) HADGEM2_ES model RCP8.5

Türkiye’de esas olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi olmak üzere üç bölgede pamuk tarımı yapılmaktadır (Çopur, 2018). Fakat bu çalışmaya göre gelecek yıllarda bu bölgelere ilave olarak Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimlerinin de eklenebileceği tahmin edilmiştir. Ünay ve Başal (2005) olası iklimsel değişikliklerinin bitkiler üzerindeki etkilerinin bilinmesinin önemli olduğunu ve pamuğun da içerisinde yer aldığı C3 bitkilerinin olası iklim değişikliklerinden daha fazla etkileneceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma da pamuğun iklim değişikliğinden etkileneceğini göstermektedir.

Aydın ve Sarptaş (2018)’de TerrSet ortamında, Climate Change Adaptation Modeller (CCAM)’in alt modeli olan Crop Climatic Suitability Modeling (CCSM) uygulanarak pamuk için iklimsel uygunluk haritalarını günümüz ve 2070 yılı gelecek projeksiyonu için üretmişlerdir. Aydın ve Sarptaş (2018) yaptıkları çalışmada pamuk yetiştirilen alanların 2070 yılında sıcaklık artışına bağlı olarak genişleyeceğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise DIVA-GIS’e entegre edilen Ecocrop model ile referans dönem ve gelecek 2050’ler için HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları doğrultusunda iklimsel uygunluk haritaları üretilmiştir. Yapılan bu çalışmada da, 2050’lerde HADGEM2_ES model hem RCP4.5’te hem de RCP8.5’te pamuk yetiştirilen alanların artış göstereceği tahmin edilmiştir. Bu iki çalışma birbirini doğrular niteliktedir. Ayrıca Aydın ve Sarptaş (2018)’in çalışmasında referans döneme göre en uygun yetiştiricilik alanlarına sahip bölgeler İçel, Adana ve Hatay iken; günümüze göre yetiştiriciliği orta uygunlukta olan Kıyı Ege, Siirt, Batman illerinin yetiştiriciliğinin de en uygun hale geleceğini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada da hem referans dönem için en uygun kısım Çukurova iken gelecekte Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (c)’de görünen haritalarda kıyı Ege ve Akdeniz’de aynı zamanda da Güneydoğu Anadolu’da kırmızı renkle görünen mükemmel olarak sınıflandırılan alanların oluşacağı tahmin edilmiştir. Yine Aydın ve Sarptaş (2018) pamuk bitkisinde, referans dönem için yetiştiriciliğe uygun olmayan Marmara Bölgesi’nin 2070 yılında orta uygunluğa ulaşacağını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da HADGEM2_ES model RCP4.5’te ve RCP8.5’te Şekil 3 (b) ve Şekil 3 (c)’de gösterilen haritalarda aynı durum söz konusudur. İki çalışma karşılaştırıldığında kullanılan modeller farklı olsa da benzer sonuçların gözlemlendiği görülmüştür.

Deveci (2023)’te yaptığı çalışmada yıllık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ve yıllık minimum, maksimum ve ortalama yağış verilerini tüm Türkiye için analiz etmiştir. Buna göre ortalama sıcaklık verileri referans yıllarda (1950-2000) 10.8°C iken 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 13.9°C olacağı, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 14.8°C olacağı tahmin edilmiştir. 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sırası ile 3.1°C ve 4.0°C, sıcaklıkların artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile araştırma alanında 2050’lerde sıcaklığın artması söz konusudur. Ünay ve Başal (2005) sıcaklığın ve fotoperiyodizmin gelişmekte olan bitkilerin çiçeklenmelerini etkileyen iki önemli çevre faktörü olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca dünyada kültürü yapılan pamuk türlerinin fotoperiyota duyarlı olmadığını ancak sıcaklığın pamuk gelişimi üzerine etkisinin oldukça yüksek olduğunu söylemişlerdir. Afzal ve ark. (2016) Pakistan’ın Pencap kentinde yaptıkları çalışmada pamuk yetiştiriciliğinde birinci ve ikinci aşamada sıcaklığın artması pamuk mahsulünün üretimini olumsuz yönde etkilerken, üçüncü aşamada olumlu etki yaptığını belirlemişlerdir. Dolayısı ile sıcaklıkların artmasıyla birlikte pamuk yetiştirilen alanların

olumlu değişime uğraması bu çalışmada doğal olarak değerlendirilmiştir. Lane ve Jarvis (2007) iklim değişikliği ile çok çeşitli ürünlerin yetiştirilmesinde uygun alanlarda kaymalar olacağını belirlemişlerdir. Bir dizi ürün için uygun alanların azalması açısından en olumsuz etkilenecek bölgeler, başa çıkma kapasitesi en az olan Sahra altı Afrika ve Karayipler iken Avrupa ve Kuzey Amerika'da ekime uygun alanlarda artış görüleceği ve bu bölgelerin iklim değişikliğinin etkilerini yönetme konusunda en yüksek kapasiteye sahip bölgeler olacağını belirtmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışmada dünyada pamuk ekili alanların uygunluklarının HADCM3 modelde % 11.17 ve CCCMA modelde % 14.31 artacağı tahminlenmiştir. Bu çalışmada pamuk yetiştirilen alanların olumlu değişeceği göz önünde bulundurulduğunda ve pamuk ekim alanlarının artarak genişleyeceği Avrupa tarafına doğru kayacağı tahmin edildiğinden çalışmalar birbirini doğrular niteliktedir. Akdeniz Havzası'nda yapılan başka bir çalışmada ise uygunluğun azalması ve/veya sıcak stres günlerinde ve ardışık maksimum kurak günlerde en olumsuz etkilerin pamuk, ayçiçek, zeytin ve buğdayda görüleceği belirtilmiştir (Zagaria ve ark., 2023). Bu durum bu çalışma ile her ne kadar zıt sonuçlar barındırmaktaysa da bu durumu şu şekilde açıklamak mümkündür. Akdeniz havzasında zaten yüksek olan sıcaklıklar iklim değişikliği ile daha da artacağından yani pamuğun sıcaklık isteğinin üzerine çıkacağından pamuk yetiştirilen alanların olumsuz etkileneceği tahminlenmektedir. Oysa Akdeniz Havzasına göre daha düşük sıcaklıkta olan bölgelerde ise sıcaklıkların artması ile bu bölge koşullarına ulaşılarak Türkiye'nin kuzeyine kayma gerçekleşmekte, uygun alanlar genişlemekte ve olumlu etkilenmektedir.

Deveci (2023)'te aynı çalışmada yıllık ortalama yağış verileri referans yılların (1950-2000) ortalaması 594 mm iken 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 560 mm olacağı, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 573 mm olacağı tahmin edilmiştir. 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sırası ile 34 mm ve 21 mm yağışların azalacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile araştırma alanında 2050'lerde toplam yağışların çok büyük değişiklik göstermeyeceği söylenebilir. Gürkan ve ark. (2017) sulamanın pamuk tarımında olmazsa olmaz unsur olduğunu, kuraklık ve su kıtlığının verimi olumsuz etkilediğini dolayısıyla iklim değişikliğiyle birlikte sık sık görülen kuraklığın pamuğu olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Pamuk bitkisi yazlık bir bitki olmasından dolayı bitki su ihtiyaçlarının neredeyse tamamı sulama suları ile karşılanmaktadır. Pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalitesinde olumsuz sonuçların yaşanmaması için sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanması ancak su sıkıntısının yaşanması durumunda en fazla %25 su kısıntısı yapılabilmektedir (Tuylu ve Akın, 2023). Pamuk mahsulünün her üç aşamasında da yağışın etkisi üretimi olumlu yönde etkilemektedir (Afzal ve ark., 2016). Diarra ve ark. (2017) iklim değişikliğinin Burkina Faso'daki pamuk üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Gelecekteki iklim değişikliğinin pamuk verimi üzerindeki potansiyel etkisine ilişkin çalışmanın sonuçlarına göre, küresel sıcaklıktaki daha fazla artışın pamuk veriminin zaten en yüksek değerlere ulaştığı bu bölgede önemli ölçüde azaltacağını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar Türkiye de Çukurova Bölgesinde sıcaklığın artması ile oluşabilecek iklimsel uygunluğun azalması tahminini destekler niteliktedir. Çünkü bu bölgede referans dönemde kırmızı ile gösterilen mükemmel alanlar HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçlarına göre gelecek dönemlerde turuncu olarak gösterilen çok uygun ve sarı ile gösterilen uygun alanlara hatta yeşil ile gösterilen marjinal alanlara dönüşmektedir (Şekil 3b, Şekil 3c). Diarra ve ark. (2017), yağışlarda gelecekte meydana gelecek değişikliklerin pamuk üretimini etkileyeceğini ancak sıcaklığın etkileriyle karşılaştırıldığında yağışların etkilerinin nispeten daha az olacağını vurgulamışlardır. Dolayısıyla bu çalışmada da yağışlarda çok fazla bir değişiklik gözlenmeyeceği tahmin edildiğinden sıcaklık etkisinin daha etkin olduğu düşünülmüştür.

İklim değişikliğinin etkilerinin kısa sürede yok edilmesi ya da geri döndürülmesi mümkün değildir. Türkiye de olası iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Diğer OECD (Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü) ülkeleriyle karşılaştırıldığında Türkiye, iklim riski zarar görebilirlik boyutlarının 10'undan 9'unda yüksek duyarlılığa sahiptir (World Bank Group, 2022). İklim değişikliğinin sıcaklık ve yağış rejimi değişiklikleriyle birlikte pamuk yetiştiriciliğine etkisi değerlendirildiğinde bu değişikliklere uyum sağlanması büyük önem arz etmektedir. İstenilen bitki grubunun yetiştiriciliği değişen iklim koşullarına toleranslı bitki ıslahına ve bazı kültürel işlemlerin değiştirilmesine bağlıdır. Yüksek ve düşük sıcaklık stresine ve kuraklığa toleranslı genotiplerin ıslahı hem klasik ıslah çalışmalarında hem de biyoteknolojik çalışmalarda yerini almış ve son yıllarda artan oranda bir ivme kazanmıştır (Ünay ve Başal, 2005). İklim değişikliğinin pamuk üretimi üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmeli, iklim değişikliğinin etkilerini

hafifletmek ve bunlara uyum sağlamak için kuraklığa dayanıklı çeşitler yerine sıcağa dayanıklı çeşitlerin de geliştirilmesine ağırlık vermelidir (Diarra ve ark. 2017).

İklim değişikliğinin pamuk yetiştiriciliğine etkisi bölgesel olarak değerlendirildiğinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Ege Bölgesi olmak üzere üç bölgede yapılabilen pamuk yetiştiriciliğinin 2050'lerde bu bölgelere ilave olarak Marmara Bölgesi'nin tamamı ve Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinin de eklenebileceği öngörülmüştür. Ayrıca referans dönem iklimsel uygunluk haritalarında mükemmel olarak sınıflandırılan ve yoğun olarak Adana ve Mersin'de yetiştiriciliği yapılan pamuğun 2050'lerde Adana ve Mersin'in kesişimindeki bölgede RCP4.5'te çok uygun, uygun olarak sınıflandırılmışken RCP8.5'te bunlara ek olarak marjinal alanlara dönüşeceği pamuk yetiştiriciliği için uygunluğun azalacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak, referans dönem ile gelecek dönemler HadGEM2_ES iklim modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında Türkiye'de olası iklim değişikliğinden pamuk yetiştirilen alanların olumlu etkileneceği, bu olumlu etkilenişin 2050'lerde RCP4.5'e göre RCP8.5 senaryosunda daha fazla olacağı öngörülmüştür.

Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de tarımsal üretimde önemli bir yer tutan pamuğun iklim değişikliği karşısında yetiştirme alanlarının nasıl değişeceği tahmin edilerek bir değerlendirme yapılmıştır. Bunun için pamukta referans (1950-2000) ve gelecek dönem (2050-2059) HadGEM2_ES iklim modelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında sadece sıcaklık ve yağış değişiklikleri dikkate alınarak iklimsel uygunluk tahmin edilmiştir. Sonuç olarak 2050'li yıllarda iklim değişikliğinden Türkiye'de pamuk yetiştirilen alanların referans döneme göre gelecekte her iki senaryoda da olumlu etkileneceği ve genişleyerek artacağı tahmin edilmiştir. Dolayısı ile uygunluk haritaları dikkate alınarak, daha önce pamuk yetiştiriciliği yapılmayan fakat gelecekte iklimsel olarak pamuk yetiştiriciliği yapılması olası bölgelerde üreticilerin bilgilendirilmesi, devlet tarafından desteklenmesi ve üretilmeye teşvik edilmesinin yerinde bir politika olabileceği düşünülmektedir. Ortalama sıcaklık artışı sebebiyle gelecekte daha kuzey enlemlere kayacak olan pamuk yetiştiriciliğinde bu bölgelerde yetiştiricilik bakımından iklimsel olarak uygunluk oluşsa da toprak özelliklerinin veya arazi topografyasının pamuğun yetiştiriciliğine uygunluğunun şimdiden araştırılması önerilmektedir. Gelecekte verim düşüşü ve pamuk yetiştirilen alanlarda azalmanın meydana geleceği Çukurova Bölgesinde su stresinin oluşmaması için çeşitlerin sıcağa ve kuraklığa dayanıklılığının artırılması, sulama koşullarının da araştırılması gerekmektedir. Pamuk Türkiye'de ve dünyada üretimi yapılan önemli bir endüstri bitkisidir. Dünyada ve Türkiye'de önemli yer tutan bu ve buna benzer bitkilerin gelecekteki yetiştirilme alanlarının tahmininin yapılıp değerlendirilmesi, üreticilerin yönlendirilmesi ve planlamaların yapılması bakımından çok önemlidir. Bu doğrultuda çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında gelecekte önemi ve Türkiye'de uygunluğu giderek artacak olan pamuk bitkisinin, olası sıcaklık ve yağış koşullarına uyum sağlayabilmesi, çeşitlerin gelecekteki iklim şartlarına daha dayanıklı hale gelebilmesi için bu yönde ıslah çalışmalarının yapılması ve bu özelliklerin günümüz çeşitlerine aktarılması gerekmektedir. Kendi kendine yeten ülke olmanın pandemi ve savaş zamanlarında öneminin çok daha iyi anlaşıldığı günümüzde, gelecekte her tarımsal üründe olduğu gibi pamukta da verimin düşmesi ve ekilebilir alanların azalmasının yaşanmaması için çalışma ve planlamaların yapılması doğru bir strateji olacaktır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder (Makale tek yazarlıdır).

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Afzal, M., Ahmed, T., Ahmed, G., 2016. Empirical assessment of climate change on major agricultural crops of Punjab, Pakistan. MPRA Paper No. 70958, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/70958/>, (Erişim tarihi: 11.07.2023).

- Anonim, 2023. Ürün Masalları Pamuk Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCItenler/MAYIS%202022/Pamuk%20%20May%C4%B1s%20B%C3%BCIteni.pdf>, (Erişim tarihi: 11.07.2023).
- Aydın, F., Sarptaş, H., 2018. İklim değişikliğinin bitki yetiştiriciliğine etkisi: model bitkiler ile Türkiye durumu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 24(3): 512-521.
- Aydın-Kandemir, F., Sarptaş, H., 2023. Geographic information systems-based land suitability assessment for switchgrass cultivation in marginal lands: a case study for İzmir-Türkiye. Clean Technologies and Environmental Policy. 25(3): 781-797.
- Bozoğlu, M., Başer, U., Alhas Eroğlu, N., Kılıç Topuz, B., 2019. Impacts of climate change on Turkish agriculture. Journal of International Environmental Application and Science. 14 (3): 97-103.
- CCAFS, 2023. GCM Downscaled Data Portal. Climate change agriculture and food security. <https://www.ccafs-climate.org/>. (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Çopur, O., 2018. GAP Projesinin Türkiye pamuk üretimine etkisi: son on yıldaki değişimler. ADYUTAYAM Dergisi. 6(1): 11-18.
- Dellal, İ., 2021. İklim Krizi ve Tarım-Gıda Sektörü. 3. Uluslararası Tarım ve Gıda Etiği Kongresi, 5-6 Kasım, Çevrimiçi.
- Deveci, H., 2023. Estimation of the impact of climate change on spinach cultivation areas in Türkiye. Sustainability. 15: 15395.
- DIVAGIS, 2023. DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/climate>, (Erişim tarihi: 18.05.2023).
- Diarra, A., Barbier, B., Yacouba, H., 2017. Impact of climate change on cotton production in Burkina Faso. African Journal of Agricultural Research. 12(7): 494-501.
- DSİ, 2023. Devlet Su İşleri. Toprak Su kaynakları. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>. (Erişim tarihi: 30.03.2023).
- Dudu, H., Çakmak, E.H., 2017. Climate change and agriculture: an integrated approach to evaluate economy-wide effects for Turkey. Climate and Development. 10(3): 275-288.
- Egbebiyi, T.S., Lennard, C., Crespo, O., Mukwenha, P., Lawal, S., Quagraine, K., 2019. Assessing future spatio-temporal changes in crop suitability and planting season over West Africa: using the concept of crop-climate departure. Climate. 7(9): 102,
- Egbebiyi, T.S., Crespo, O., Lennard, C., Zaroug, M., Nikulin, G., Harris, I., Price, J., Forstehäusler, N., Warren, R., 2020. Investigating the potential impact of 1.5, 2 and 3° C global warming levels on crop suitability and planting season over West Africa. PeerJ. 8: e8851, 1-34.
- Ezekannagha, E., Crespo, O., 2020. Suitability evaluation of underutilized crops under future climate change using ecocrop model: a case of Bambara Groundnut in Nigeria. Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings. 36(1): 53.
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>. (Erişim tarihi: 06.02.2023).
- Gardner, A.S., Gaston, K.J., Maclean, I.M., 2021. Accounting for inter-annual variability alters long-term estimates of climate suitability. Journal of Biogeography. 48(8): 1960-1971.
- Gencer, O., 2023. Pamuk Yetiştiriciliği. https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/endustri_bitkileri_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/Pamuk%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.doc, (Erişim tarihi: 10.07.2023).
- Gürkan, H., Bayraktar, N., Bulut, H., 2017. İklim değişikliği nedeniyle artan kuraklığın ayçiçeği ve pamuk verimi üzerine etkileri. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi. 20: 216-221.
- Hayaloğlu, P., 2018. İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 9(25): 51-62.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Mathur, P., 2012. DIVA GIS Version 7.5. <http://www.diva-gis.org/>. (Erişim tarihi: 11.12.2022).
- Hummel, M., Hallahan, B.F., Brychkova, G., Ramirez-Villegas, J., Guwela, V., Chataika, B., Curley, E., McKeown P.C., Morrison, L., Talsma, E.F., Beebe, S., Jarvis, A., Chirwa, R., Spillane, C., 2018. Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. Scientific Reports. 8(1): 16187.
- Hunter, R., Crespo, O., 2019. Large scale crop suitability assessment under future climate using the Ecocrop model: the case of six provinces in Angola's Planalto Region. In: Rosenstock, T., Nowak, A., Girvetz, E. (eds) The Climate-Smart Agriculture Papers: Investigating the Business of a Productive, Resilient and Low Emission Future, 39-48.
- Karahasan, B.C., Pınar, M., 2023. Climate change and spatial agricultural development in Turkey. Review of Development Economics. 27(3): 1699-1720.
- Kurnaz, M.L., 2023. İklim değişikliği ve uyum süreçlerinde Türkiye. Resilience. 7(1): 199-208.
- Lane, A., Jarvis, A., 2007. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation. Journal published by ICRISAT. 4(1): 1-12. <http://oar.icrisat.org/>.

- Makinano-Santillan, M., Santillan, J.R., 2015. GIS-based ecocrop modelling to assess potential climate change effects on Sago palm suitability distribution. 36th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2015), 24-28 October, Quezon City, Philippines.
- Manners, R., Vandamme, E., Adewopo, J., Thornton, P., Friedmann, M., Carpentier, S., Ezui, K.S., Thiele, G., 2021. Suitability of root, tuber, and banana crops in Central Africa can be favoured under future climates. *Agricultural Systems*. 193: 103246.
- MGM, 2023a. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2023 Yılı İklim Değerlendirmesi Raporu. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2023-iklim-raporu.pdf>. (Erişim tarihi: 26.02.2024).
- MGM, 2023b. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-sicaklik.pdf>. (Erişim tarihi: 04.04.2023).
- MGM, 2023c. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye yıllık ortalama toplam yağış. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-yagis.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023d. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama maksimum sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-maks-sicaklik-ortalaması.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023e. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama minimum sıcaklık. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-min-sicaklik-ortalaması.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- MGM, 2023f. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye ortalama nem. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-nem.pdf>. (Erişim tarihi: 06.04.2023).
- Møller, A.B., Mulder, V.L., Heuvelink, G.B., Jacobsen, N.M., Greve, M.H., 2021. Can we use machine learning for agricultural land suitability assessment? *Agronomy*. 11(4): 703.
- Mulinde, C., Majaliwa, J.M., Twinomuhangi, R., Mfitumukiza, D., Waiswa, D., Tumwine, F., Kato, E., Asimwe, J., Nakyagaba, W.N., Mukasa, D., 2022. Projected climate in coffee-based farming systems: implications for crop suitability in Uganda. *Regional Environmental Change*. 22(3): 83.
- Mumo, L., Yu, J., Ojara, M., Lukorito, C., Kerandi, N., 2021. Assessing changes in climate suitability and yields of maize and sorghum crops over Kenya in the twenty-first century. *Theoretical and Applied Climatology*. 146: 381-394.
- Özüdoğru, T., 2021. Dünya ve Türkiye’de pamuk üretim ekonomisi. *Tekstil ve Mühendis*. 28(122): 149-161.
- Şen, A.S., Deveci, H., Konukçu, F., 2024. Modelling the adaptation of some cultural plants produced in Thrace Region to climate change. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 21(2): 501-516.
- QGIS, 2023. Quantum GIS. <https://qgis.org/tr/site/>. (Erişim tarihi: 11.01.2023).
- Remesh, K.R., Byju, G., Soman, S., Raju, S., Ravi, V., 2019. Future changes in mean temperature and total precipitation and climate suitability of yam (*Dioscorea* spp.) in major yam-growing environments in India. *Current Horticulture*. 7(1): 28-42.
- SYGM, 2016. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_NihaiRapor.pdf. (Erişim tarihi: 12.02.2023).
- SYGM, 2020. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. İklim Değişikliği ve Uyum. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20değişikliğinin%20su%20kaynaklarına%20etkisi/iklimkitap2020.pdf>. (Erişim tarihi: 11.03.2023).
- Taba-Morales, G., Hyman, G., Mejía, J.R., Castro-Llanos, F., Beebe, S., Rubyogo, J.C., Katungi, E., Buruchara, R., 2020. Improving African bean productivity in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 25: 1013-1029.
- TEPGE, 2023. Durum ve Tahmin PAMUK 2023. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/2023%20DurumTahmin%20Raporlar%C4%B1/Pamuk%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202023-380%20TEPGE.pdf>. (Erişim tarihi: 26.02.2024).
- TUİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarım ve orman alanları. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. (Erişim tarihi: 01.03.2024).
- Tuylu, G.İ., Akın, S., 2023. Farklı sulama suyu seviyelerinin pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalite parametreleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*. 12(1): 91-98.
- Ünay, A., Başal, H., 2005. İklim değişiklikleri ve pamuk. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2(1): 11-16.
- World Bank Group, 2022. Türkiye Country Climate and Development Report; CCDR Series, World Bank: Washington, DC, USA. <https://www.csgb.gov.tr/media/92451/turkiye-ccdr-full-report.pdf>. (Erişim tarihi: 01.03.2024).

Zagaria, C., Schulp, C.J., Malek, Ž., Verburg, P.H., 2023. Potential for land and water management adaptations in Mediterranean croplands under climate change. *Agricultural Systems*. 205: 103586.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC BY 4.0 International License.