

Trakya Bölgesi'nde Üretilen Bazı Kültür Bitkilerinin İklim Değişimine Uyumunun Modellenmesi


Modelling the Adaptation of Some Cultural Plants Produced in Thrace Region to Climate Change


Anıl Saygın ŞEN¹, Huzur DEVECİ^{2*}, Fatih KONUKCU³


Öz

Günümüzde yoğun bir şekilde iklim değişikliğinin etkileri yaşanmaya başlamıştır ve devam da edecektir. İklim değişikliğinden birçok sektörün etkileneceği tahmin edilmektedir. Bu sektörlerin başında tarım sektörü gelmektedir. Trakya Bölgesi Türkiye'de buğday, kanola ve ayçiçek üretimine katkısı olan önemli bölgelerimizden biridir. Dolayısı ile iklim değişikliğiyle birlikte öngörülemeyen durumlar ortaya çıktığında, tarım ve gıda sektöründe önemli bir yer tutan bu üç bitkinin iklim değişikliğine karşı gelecekte yetiştirilme alanlarının nasıl değişeceğinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi çok önemlidir. Öncelikle iklimin nasıl değişeceğinin hassas bir şekilde tahmin edilmesi ve sonrasında planlamalar yapılarak, nasıl önlemler alınması gerektiğinin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin Trakya Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinin coğrafi dağılımlarının gelecekte iklim değişiminden nasıl etkileneceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmektir. Bu amaçla, Trakya Bölgesi'nde öncelikle günümüz (1950-2000) dönemi için buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinde DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk belirlenmiş, sonrasında ise gelecek dönem yani 2050'ler için HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda bu üç bitkide yine Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk tahmini yapılmıştır. Günümüz ve gelecek dönem uygunluk sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, TR21 Trakya Bölgesi'nde 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların yerini genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı, bu olumsuz durumun RCP8.5'de daha fazla oluşacağı; kanolada günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050'lerde genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı; ayçiçeğinde ise günümüzde mükemmel olan alanların gelecekte değişmeyeceği tahmin edilmiştir. Üreticilerin, karar vericilerin ve uygulayıcıların planlamalarını yaparken, bu sonuçlar doğrultusunda geleceğe yön vermesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Buğday, Kanola, Ayçiçek, Ecocrop model, Uygunluk

¹Anıl Saygın Şen, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: anilsayginsen@gmail.com  OrcID: 0009-0002-5025-1046

²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Huzur Deveci, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: huzurdeveci@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-0143-2185

³Fatih Konukcu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: fkonukcu@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0003-2873-990X

Atıf: Şen, A. S., Deveci, H., Konukcu, F. (2024). Trakya Bölgesi'nde üretilen bazı kültür bitkilerinin iklim değişimine uyumunun modellenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 501-516.

Citation: Şen, A. S., Deveci, H., Konukcu, 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.

*Bu Çalışma Anıl Saygın Şen'in Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

Today, the effects of climate change have started to be experienced and will continue to be experienced. It is estimated that many sectors will be affected by climate change. The agricultural sector is one of these sectors. Thrace Region is one of our important regions that contribute to wheat, canola, and sunflower production in Turkey. Therefore, when unpredictable situations arise with climate change, it is very important to accurately determine how the cultivation areas of these three plants, which have an important role in the agriculture and food sector, will change in the future against climate change. First of all, it is necessary to predict precisely how the climate will change, and then to determine what precautions should be taken by making plans. The aim of this study is to predict how climate change will affect the geographical distributions of wheat, canola and sunflower plants grown in the Thrace Region in the future, using a plant suitability model. For this purpose, the suitability of wheat, canola and sunflower plants for the current period (1950-2000) in the Thrace Region was determined using the Ecocrop module included in the DIVA-GIS program, and then in line with the results of the HADGEM2_ES model RCP4.5 and RCP8.5 scenarios for the next period, in the 2050s, suitability estimates were made for these three plants by using the Ecocrop module. Current and future prediction results are compared with each other. As a result, in the TR21 Thrace Region in the 2050s, in the HADGEM2_ES model RCP4.5 scenario for wheat, suitable, very suitable, and excellent areas will be replaced by not suited, very marginal, marginal areas, respectively. This will be more severe under RCP8.5 scenario. For canola, suitable and very suitable areas will be replaced by suitable and excellent areas, respectively, in the 2050s, and this positive situation will occur more in the RCP4.5 scenario. In sunflower, on the other hand, it has been predicted that the areas that are excellent current will not change in the future. It is recommended that producers, decision makers and practitioners direct the future in line with these results while planning.

Keywords: Climate change, Wheat, Canola, Sunflower, Ecocrop model, Suitability

1. Giriş

Sanayi devrimiyle beraber fosil yakıtların aşırı kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklikler, orman alanlarının yok olması, sanayileşmenin hızla artması sonucunda 19. yüzyılın ortalarından itibaren iklimdeki doğal değişikliğe ek olarak antropojenik etkilerin de rol oynadığı bir döneme girilmiştir. Bu yeni dönemde deniz seviyesindeki artış, sıcaklıklarla birlikte buzulların erimesindeki artış, sıcak hava dalgalarındaki artış, afetlerin sıklığı ve şiddetindeki artış gibi iklim değişikliğine bağlı olarak çok yönlü etkiler tespit edilmiştir. Bu etkilerin de önümüzdeki günlerde artarak devam edeceği beklenmektedir (SYGM, 2020).

İklim değişikliğinin etkilediği sektörlerin arasında tarım, gıda ve hayvancılık, balıkçılık ve ormancılık gibi insan beslenmesini doğrudan etkileyen sektörler yer almaktadır. Ayrıca tarım sektörü milli gelir, istihdam, iç ve dış ticaret, tarıma dayalı sanayi, destekleme ve tüketim harcamaları içerisinde bulunan payı ve insanların zorunlu gıda maddelerini üreten bir sektör olması nedeniyle ekonomilerde çok önemli bir yere sahiptir Tarım sektörü, insanların temel ihtiyacı olan gıda üretimini sağlaması, ülkelerin milli gelirlerinde ve istihdamlarında payının yüksek olması nedeniyle çok önemli bir yere sahiptir (Bayraç ve Doğan, 2016).

İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi nihai raporuna göre 2015-2100 projeksiyon döneminde HadGEM2-ES, MPI-ESMMR ve CNRM-CM5.1 modelleri RCP4.5 senaryosunda sırasıyla 3.4°C, 2.0°C ve 2.5°C ve RCP8.5'ta ise sırasıyla 5.9°C, 4.5°C ve 4.3°C sıcaklık artışları oluşacağı tahmin edilmektedir. Yağışta ise aynı modeller için RCP4.5 senaryosunda -50 mm ile 40 mm arasında ve RCP8.5 senaryosunda ise -60 mm ile 20 mm arasında değişimler öngörülmektedir. Dolayısı ile buradan Türkiye'nin de iklim değişikliğinden oldukça fazla etkileneceği sonucu çıkarılmaktadır (SYGM, 2016).

Bitki gelişimini etkileyen pek çok neden olmakla birlikte en önemli etken iklimdir. İklim parametrelerinden özellikle sıcaklık ve yağışın bitkiler üzerindeki etkileri, bitki verimi ve bitkinin o bölgede yetişebilmesi için çok önemlidir (Konukcu ve ark., 2020). Bu nedenle iklimin tarımsal aktiviteleri de etkileyeceği öngörülmektedir. Özellikle yağış ve sıcaklık değerlerindeki değişimler tarımsal potansiyeli, ürün verimini ve kalitesini doğrudan etkiler. Bu nedenle iklimin değişmesi, bitkinin yetiştiği coğrafi konumlarda daha önce yaşanmamış iklim olaylarının meydana gelmesi, bitkinin bulunduğu coğrafyanın iklimine uygunluğunu da tartışmaya açar. İklimsel uygunluğun analizi o bölgedeki çiftçiler ve yöneticilerin iklim değişikliğine adaptasyon ve uyum sürecini yönetebilmeleri için bir gerekliliktir (Holzkämper ve ark., 2011).

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının Mayıs 2022'de yayınladığı buğday bültenine göre dünyada 2021/22 üretim sezonunda küresel buğday üretiminin bir önceki yıla göre %1'lik artışla 781 milyon ton, tüketiminin bir önceki yıla göre %1'lik artışla 778 milyon ton olacağı öngörülmektedir. Yine aynı rapora göre Türkiye'de ise 2021 yılı buğday ekilişi 67.4 milyon dekar, toplam üretim 17,7 milyon tondur. Ekiliş alanlarının 55.4 milyon dekarında 14.5 milyon ton ekmeklik buğday, 12 milyon dekarında 3.2 milyon ton makarnalık buğday üretilmiştir. Dünya'nın en büyük tahıl ihracatçıları arasında yer alan Rusya ve Ukrayna arasında devam eden olumsuzluklar neticesinde tarımsal emtia fiyatlarındaki artış, özellikle Yakın Doğu Asya ve Afrika'daki ithalata bağımlı ülkelerde potansiyel gıda güvenliği risklerine ilişkin endişeleri artırmıştır (Anonim, 2023a). Kanola üretiminde Türkiye değerlendirildiğinde ise geçen yıl 122 bin ton kanola üretilmiştir. Dünyada yıllık kanola üretimi yaklaşık 71.5 milyon ton olarak hesaplanırken, Türkiye'de üretim geçen yıl 122 bin ton olmuştur. Türkiye kanola üretimi son 10 yılda ortalama 115 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Tekirdağ, 2022 yılında yaklaşık 38 bin ton kanola üretimiyle ilk sırada yer alırken, bu ili 24 bin tonla Edirne ve 16 bin tonla Konya takip etmiştir (Anonim, 2023b). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının Ocak 2022'de yayınladığı ayçiçek bültenine göre Türkiye yağlık ayçiçeği ekiliş alanları 2015 yılında 5.6 milyon dekar iken 2020 yılında yaklaşık %17 artarak 6.5 milyon dekara yükselmiştir. Diğer yandan 2015 yılında 1.45 milyon ton olan yağlık ayçiçeği üretimi 2020 yılında 1.9 milyon tona ulaşmıştır. TÜİK 2019/2020 pazarlama yılı verilerine göre ayçiçeğinin yeterlilik oranı %60.1'dir. Dekara verim ortalaması 2015 yılında 264 kg iken 2020 yılında yaklaşık %11 artarak 292 kg'a yükselmiştir. 2021 yılı üretimi bir önceki yıla göre %16.8'lik artışla 2.42 milyon ton olarak Cumhuriyet tarihinin rekor üretimi gerçekleşmiştir. Türkiye'de ayçiçeği üretiminin yoğun olarak yapıldığı iller sırasıyla; Tekirdağ, Konya, Edirne, Kırklareli ve Adana'dır. Bu iller, toplam üretimin %68'ini karşılamaktadır (Anonim, 2023c). Dolayısı ile bu üç bitki (buğday, kanola ve ayçiçeği) Trakya Bölgesi ve Türkiye için yetiştiriciliği büyük önem taşıyan bitkilerdir. Ancak, iklim değişiminden en çok etkilenecek olan Akdeniz iklim kuşağında yer alan ülkemizde, iklim değişimiyle birlikte bitki verimlerinin yanında bölgelerin bitki yetiştirilmesine uygunluklarında da önemli değişimler olması kaçınılmazdır.

Dünyada çeşitli bitkilerde iklim değişikliğine karşı arazilerin uygunluğunun belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırmalar yapılmıştır (Ramirez-Villegas ve ark., 2013; Pawar-Patil ve Mali, 2015; Makinano-Santillan ve Santillan, 2015; Shikalgar, 2017; Chhogyel ve ark., 2018; Rhiney ve ark., 2018; Egbeyi ve ark., 2019; Wichern ve ark., 2019; Abdallah ve Jaafar, 2019; Shiny ve ark., 2020; Beltrán-Tolosa ve ark., 2020; Taba-Morales ve ark., 2020; Manners ve ark., 2021; Labaioui ve Bouchoufi, 2021; Joshi, 2021; Møller ve ark., 2021; Mumo ve ark., 2021; Mulinde ve ark., 2022; Zagaria ve ark., 2023). Türkiye'de ise sadece mısır, aspir, kanola, pamuk, buğday ve dallı darı (Aydın ve Sarptaş, 2018) ve biyoenerji bitkileri (Aydın-Kandemir ve Sarptaş, 2022) için uygun alanlar belirlenmiştir. Türkiye'de ve Trakya'da 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. Bugüne kadar bu bölgede iklim değişikliği ile toprak nemi ve verim ilişkisi çalışılmış (Özdoğan, 2011; Deveci, 2015; Altürk ve ark., 2019; Deveci ve ark., 2019; Konukcu ve ark., 2020; Deveci, 2022; Coşkun, 2023; Coşkun ve ark., 2023) fakat bitki uygunluk haritaları üretmeye yönelik çalışmalar yapılmamıştır.

Bu çalışma ile Trakya Bölgesi'nde günümüz (1950-2000) dönemi ve gelecek dönem 2050'ler için HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları doğrultusunda buğday, kanola ve ayçiçeği için DIVA-GIS programı içinde yer alan Ecocrop modülü kullanılarak uygunluk tahmini yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, bitki yetiştiriciliği için en önemli etken olan sıcaklık ve yağışın ayçiçeği, buğday ve kanola üretimine etkisi ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma alanı

Avrupa ile Asya kıtaları arasındaki coğrafi, kültürel ve ticari bir geçiş bölgesi olan Türkiye'nin topraklarının büyük bir kısmı (Anadolu) Asya kıtasında, küçük bir kısmı (Trakya) ise Avrupa kıtasında yer almaktadır. TR21 Trakya Bölgesi, Türkiye'nin Avrupa kıtası üzerindeki topraklarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinden meydana gelen TR21 Trakya Bölgesinin yüzölçümü (göller hariç) 18.665 km²'dir. Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi olmak üzere üç denize kıyısı bulunmaktadır. Bölgenin dikkat çeken üç temel karakteristiği söz konusudur. Bunlardan birincisi, tarıma elverişli arazi miktarının oldukça yüksek olması iken, ikincisi tarımsal faaliyetlerin yoğunluğudur. Üçüncü karakteristik ise, Kocaeli-İstanbul Çorlu-Lüleburgaz hattı üzerinde D-100 Karayolu etrafında konuşlanmış olan sanayi bölgelerinin önemli bir kısmının bölge içinde yer almasıdır (Anonim, 2023d). Araştırma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

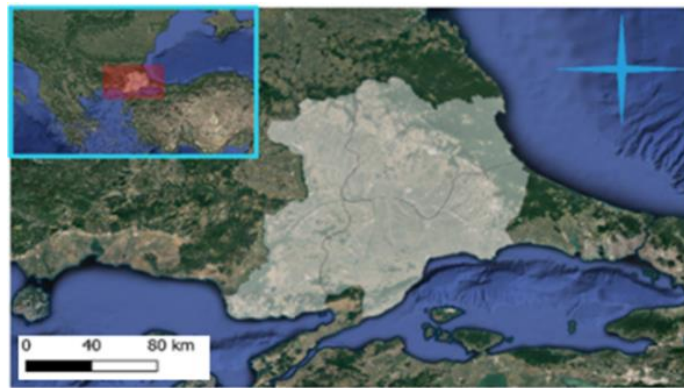


Figure 1. Research area

Şekil 1. Araştırma alanı

2.1.2. Araştırma alanının iklimi

Araştırma alanında bulunan Tekirdağ'da uzun yıllar ortalama sıcaklık 14.1°C, Kırklareli'nde 13.3°C ve Edirne'de 13.8°C'dir. Uzun yıllar ortalama en yüksek sıcaklık ölçümünde ise 19.8°C ile Edirne, ardından 18.9°C ile Kırklareli ve 17.9°C ile Tekirdağ gelmektedir. Ortalama en düşük sıcaklıkta Edirne 8.4°C, Kırklareli 8.8°C ve Tekirdağ 10.4°C olarak görülmektedir. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması 601.9 mm ile en yüksek Edirne ilinde, 580.4 mm

ile en düşük Tekirdağ ilinde görülmüştür. Tüm illere ait uzun yıllar yıllık ortalama iklim verileri *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları (MGM, 2023a; b; c)

Table 1. Long-term averages of climate data of the research area (MGM, 2023a; b; c)

İklim Parametreleri (Ölçüm Dönemi)	Tekirdağ (1940-2022)	Kırklareli (1959-2022)	Edirne (1930-2022)
Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	14.1	13.3	13.8
Yıllık Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.9	18.9	19.8
Yıllık Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	10.4	8.8	8.4
Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.6	4.8	6.0
Yıllık Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	98.1	98.8	105.7
Yıllık Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	580.4	583.7	601.9
Yıllık En Yüksek Sıcaklık (°C)	40.2	42.5	44.1
Yıllık En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.5	-15.8	-19.5

2.1.3. Araştırma alanı bitkilerine ait özellikler

Ayçiçek (*Helianthus annuus L.*): Günümüzün en önemli yağ bitkilerinden biridir. Tohumlarının en iyi bir şekilde çimlenebilmesi için 8-10°C'lik toprak sıcaklığı gerekir. Ayçiçeği bitkisi fideleri kotiledon devresinde -4°C sıcaklığa dayanabilir. Ayçiçeği için en iyi yetiştirme sıcaklıkları 21 ile 24°C arasındadır. Ekim zamanı toprak sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Çimlenmenin iyi olabilmesi için toprak sıcaklığı en az 8-10°C olmalıdır. Ayçiçeği ekiminde hassas havalı (pnomatik) mibzerler kullanılmaktadır. Bu tip havalı ekim makineleri kullanıldığında bir dekara kullanılan tohum miktarından da önemli tasarruf sağlanarak (300-350 gr da⁻¹) mütecanis bir çıkış elde edilmektedir (Süzer, 2022a).

Buğday (*Triticum aestivum L.*): Buğday iklim isteği çimlenme ve kardeşlenme sırasında 5-10°C sıcaklık ve nem ise %60 oranındadır. Buğday gelişmesinin ikinci devresi olan sapa kalkmada ise 10-15°C sıcaklık ve %65 oranında nispi nem isteği olmaktadır. Buğday bitkisi her çeşit toprakta yetişmekle birlikte genellikle yüksek verim derin, killi, tınlı-killi, humusça zengin topraklardan alınmaktadır. Buğday tarımında dekardan yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmenin ön koşullarından biri de uygun bir zamanda ekim yaparak düzenli bir çimlenme ve çıkış sağlamaktır. Buğday tarımında ekim zamanını belirleyen en önemli faktörlerden biri de tohum yatağındaki toprak sıcaklığıdır. Toprak sıcaklığının 8-10°C olduğu zaman ekim yapılırsa kök gelişmesi hızlı ve kök tacı da derin olur (Süzer, 2022b).

Kanola (*Brassica napus L.*): Kanola verimli ve iyi drenaja sahip topraklara ihtiyaç duymaktadır. Tropikal kuru coğrafyalar ile nemli orman bölgeleri arasında değişim gösteren bölgelerde yetişebilir. 300 ile 2.800 mm arasında yıllık yağışa ve 5 ile 27°C arasında yıllık ortalama sıcaklığa toleranslıdır (Almond ve ark., 1986). Kışlık olarak ekilen bölgelerde 15 Eylül tarihinden Ekim sonuna kadar ekimi yapılabilmektedir. Kışlık ekilen kanola, kışa girerken rozetleşmesini tamamladığı ve kuvvetli bir kök oluşturduğu takdirde -15°C'ye kadar dayanabilmektedir. Kışlık kanolanın sıcaklık isteği toplamı 2.300-2.500°C'dir. En iyi bitki gelişimi, derin yapılı, humuslu topraklarda gerçekleşir. Kanola tarımı için en uygun topraklar pH'ı 6.5-7.5 arası olan topraklardır (Süzer, 2023).

2.1.4. Günümüz ve gelecek iklim verileri

Çalışmada kullanılan günümüz (1950-2000) iklim verileri WorldClim veri tabanından elde edilmiş, DIVA-GIS tarafından iklim dosyasına dönüştürülmüş verilerdir. Bu çalışmada kullanılan günümüz verileri DIVA-GIS sitesinden alınarak kullanılmıştır (Anonim, 2022a). Bu veriler 2.5 dakikalık minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), ortalama sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileridir. Çalışmada kullanılan gelecek 2050'leri kapsayan iklim verileri ise Climatic Change, Agriculture, and Food Security (CCAFA) sitesinden elde edilen 2.5 dakikalık minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verilerini kapsamaktadır (CCAFA, 2023).

2.1.5. Bitki uygunluk modeli: Ecocrop

Ecocrop, bir mahsulün belirli bir ortam için uygunluğunu belirlemek için kullanılan bir veri tabanıdır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiştir. Bölgede en çok yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçek bitkilerine ait veriler Ecocrop'tan elde edilmiştir. Elde edilen veriler minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin), maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax), bitkinin öldüğü sıcaklık (KTmp), bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (Tmin), optimal maksimum sıcaklık (TOPmax), optimal minimum sıcaklık (TOPmn),

bitkinin büyüme durdurduğu maksimum sıcaklık (Tmax), minimum yağış miktarı (Rmin), maksimum yağış miktarı (Rmx), optimal minimum yağış miktarı (ROPmn), optimal maksimum yağış miktarı (ROPmx) verilerini kapsamaktadır. Bu veriler aynı zamanda girdiler olup, çalışılan buğday, kanola ve ayçiçeği için aşağıda tablo halinde sunulmuştur (Tablo 2). Ecocrop modelde uygunluk indeksi 0 ile 100 arasında değişmektedir.

Tablo 2. Ecocrop modelden elde edilen iklim ve bitki büyüme dönemi verileri (FAO, 2023)

Table 2. Climate and plant growth period data obtained from the Ecocrop model (FAO, 2023)

İklim ve Büyüme Dönemi Verileri	Birim	Buğday	Kanola	Ayçiçek
Minimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmin)	gün	90	85	70
Maksimum bitki büyüme sezonu uzunluğu (Gmax)	gün	250	340	200
Bitkinin öldüğü sıcaklık (KTemp)	°C	0	-6	-10
Bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (Tmin)	°C	5	5	5
Optimal minimum sıcaklık (TOPmn)	°C	15	15	17
Optimal maksimum sıcaklık (TOPmx)	°C	23	25	34
Bitkinin büyüme durdurduğu maksimum sıcaklık (Tmax)	°C	27	41	45
Minimum yağış miktarı (Rmin)	mm	300	400	300
Optimal minimum yağış miktarı (ROPmn)	mm	750	500	600
Optimal maksimum yağış miktarı (ROPmx)	mm	900	1.000	1.000
Maksimum yağış miktarı (Rmax)	mm	1.600	2.800	1.600

DIVA-GIS programının çalışma prensibi; bitkinin sıcaklık ve yağış isteklerinin, bölgenin sıcaklık ve yağış değerlerinin uygunluğuna göre değerlendirilerek, bitkinin o yerin iklimine uygunluğunun hesaplanmasına dayanmaktadır. Bir bölgenin aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı (bir büyüme sezonunda düşen toplam yağış miktarı) bitkinin sıcaklık ve yağış uygunluk aralığına göre belirlenen optimum bölgede kalıyorsa bölge - incelenen ay için- yetiştiricilik için uygun kabul edilmektedir. Sıcaklık ve yağış değerleri marjinal bölgede kalıyorsa zor da olsa yetişebilme yeteneği bulunmaktadır (Aydın, 2015). Uygunluk indeksi 0 uygun değil, %1-20 çok marjinal, %21-40 marjinal, %41-60 uygun, %61-80 çok uygun, %81-100 mükemmel olarak sınıflandırılmıştır.

2.1.6. Haritalama ve coğrafi veri analiz programları

Araştırmada Ecocrop modülünü çalıştırmak için DIVA-GIS (versiyon 7.5), haritaları düzenlemek ve analiz yapmak için ise QGIS (versiyon 3.28.2) programları kullanılmıştır.

DIVA-GIS 7.5: DIVA-GIS yazılımı, Uluslararası Bitki Genetik Kaynak Enstitüsü (International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)) desteğiyle Uluslararası Patates Merkezi'nde (International Potato Center (CIP)) geliştirilmiştir. DIVA-GIS, haritalama ve coğrafi veri analizi için ücretsiz bir bilgisayar programıdır. DIVA-GIS, türlerin dağılımı veya diğer 'nokta dağılımları' gibi biyolojik çeşitlilik verilerinin haritalanması ve analiz edilmesi için yararlı bir programdır. ESRI şekil dosyaları gibi standart veri formatlarını okuyabilir ve yazabilir. Biyolojik çeşitliliğin dağılımının ızgara (raster) haritalarını yaparak, yüksek, düşük veya tamamlayıcı çeşitlilik seviyelerine sahip alanları bulmak, verileri analiz etmek için kullanılabilir (Anonim, 2022b). Ayrıca iklim verilerini haritalayabilir ve sorgulayabilir. Araştırması yapılacak bitkinin tarımsal ekolojik uygunluğunun mekânsal analizini de yapılabilmektedir (Hijmans ve ark., 2012). Hijmans ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada bitkilerin iklimsel uygunluğunu belirlemek ve mekânsal verileri analiz ederek haritalamak amacıyla bir yöntem/model olarak DIVA-GIS'i geliştirmişlerdir.

QGIS (Quantum GIS): QGIS bir Açık Kaynak Coğrafi Bilgi Sistemi üzerine geliştirilen bir projedir (QGIS, 2023). Proje 2002 mayıs ayında başlamış ve aynı yılın haziran ayında SourceForge'da kullanıma sunulmuştur. Bu projenin yapılaş amacı, genel olarak pahalı bir ticari CBS yazılımını kişisel bilgisayara temel erişimi olan herkes için uygun hale getirmektir. QGIS birçok platformda (Mac OSX, Linux, Windows ve Android) çalışmaktadır. QGIS, Qt araç seti ve C++ yazılım dili kullanılarak geliştirilmiştir. Bu, QGIS'in hızlı bir şekilde kullanılmasını sağladığı gibi, kullanımı kolay bir grafik kullanıcı arayüzüne sahip olduğu anlamına da gelmektedir. QGIS, eklenti (plugin) mimarisi kullanılarak kolayca eklenen yeni kodlamalar ile bir dizi raster, vektör ve ağ veri formatını desteklemektedir. QGIS'te ekstra işlevselliğe ihtiyacınız varsa, bir özelliğin geliştirilmesine sponsor olabilir veya programlama beceriniz var ise onu kendiniz ekleyebilirsiniz. QGIS sürekli gelişen açık erişim bir yazılımdır (Albut ve Şener, 2023).

2.2. Yöntem

İklim değişikliğinden Trakya Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan buğday, kanola ve ayçiçek bitkilerinin coğrafi dağılımlarının gelecekte nasıl etkileneceğini, bitki uygunluk modeli kullanarak tahmin etmek amacı ile DIVA-GIS sitesinden 1950-2000 yılları arasına ait iklim verilerini kapsayan dosya indirilmiştir. İndirilen iklim dosyası üzerinden elde edilen verilerden QGIS'te TR21 Trakya Bölgesi'nde günümüz (1950-2000) için sıcaklık ve yağış analizleri yapılmıştır. Gelecek tahminlerinin yapılabilmesi için ise CCAFS sitesinden 2050'ler HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları minimum sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verilerini kapsayan 2.5 dakikalık gelecek iklim verileri indirilmiştir. Buğday, kanola ve ayçiçeği bitkilerinin uygunluk tahminleri DIVA-GIS programı içindeki Ecocrop modülü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen haritalar QGIS programına aktarılarak haritalama işlemleri gerçekleştirilmiştir (QGIS, 2023).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sonuçlar ilk aşamada iklim verilerinin değerlendirilmesi ve sonraki aşamada ise buğday, kanola ve ayçiçeğinde uygunlukların değerlendirilmesi şeklinde ortaya konulmuştur.

3.1. İklim verilerinin değerlendirilmesi

İklim verileri QGIS'te iklim haritaları üzerinden yapılan hesaplamalarla değerlendirilmiştir. TR21 Trakya Bölgesi için günümüz (1950-2000) ortalama sıcaklığı 13.1°C'dir. 2050'lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ortalama sıcaklık 16.1°C'dir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise ortalama sıcaklık 16.9°C'dir. Dolayısı ile günümüze göre HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda sıcaklık 3.0°C artarken, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 3.8°C sıcaklıklar artacaktır. Yağış ise TR21 Trakya Bölgesi için günümüzde (1950-2000) 631 mm'dir. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda yağış 669 mm iken HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda yağış 677 mm'dir. Günümüze göre yağış değerleri HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 38 mm, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 46 mm artmaktadır. WorldClim'den alınan bu iklim değişimi verileri TR21 Trakya Bölgesinde yapılan iklim değişimi verileri ile uyum sağlamaktadır. "Trakya Bölgesi'nde İklim Değişikliğine Karşı Adaptasyon için Kapasite Geliştirme" projesi kapsamında Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde sıcaklık ve yağış değerleri 10'ar yıllık dönemler halinde değerlendirilmiştir. Bu projede genel olarak her 3 model MPI_ESM_MR, HadGEM2_ES ve CNRM_CM5.1, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçlarında da sıcaklıkta benzer artışlar öngörülmektedir (Hanedar ve ark., 2019). Yağışlarda ise bu çalışmada artış olacağı öngörülürken proje sonuçlarında dönem dönem artma ve azalmalar olacağı belirlenmiştir. Aynı zamanda proje de Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ il bazında değerlendirilmiştir. Edirne'de yağışta HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 7.95 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 9.05 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 0.12 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 13.12 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Kırklareli'nde HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 9.74 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 6.56 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 0.44 mm artacağı, 2051-2060 döneminde 13.7 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Tekirdağ'da ise HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 2041-2050 döneminde 2.27 mm ve 2051-2060 döneminde 7.75 mm azalacağı, RCP8.5'te 2041-2050 döneminde 8.92 mm ve 2051-2060 döneminde 0.64 mm azalacağı tahmin edilmiştir (Hanedar ve ark., 2019). Her ne kadar yağışlarda bazı farklılıklar var gibi görünse de bu farklılıkların alınan referans dönemden, değerlendirmenin il bazında yapılmasından ve projeksiyon döneminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada referans dönem 1950-2000 ve gelecek dönem 2050'ler iken, projede referans dönem 1970-2000 olarak, gelecek dönem 2041-2050 ve 2051-2060 olmak üzere 2050'lere yakın iki dönem olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada değerlendirme il bazında değil bölge bazında ortalamalar alınarak yapılmıştır. Ayrıca sıcaklıkların genel olarak artma eğiliminde olmasından dolayı referans, gelecek dönem farklılıklarının, il bazında ya da bölgesel bazda oluşan farklılıkların çok fazla sıcaklık değerlerini etkilemediği düşünülmüştür.

3.2. Buğday uygunluk değerlendirmesi

Buğday için yapılan günümüze ve gelecek için uygunluk haritaları Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi günümüzde uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcutken HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında uygun değil, çok marjinal, marjinal, uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasındaki belirgin fark ise RCP4.5 senaryosunda artan uygun değil alanların RCP8.5 senaryosunda daha da fazla artmış olmasıdır.

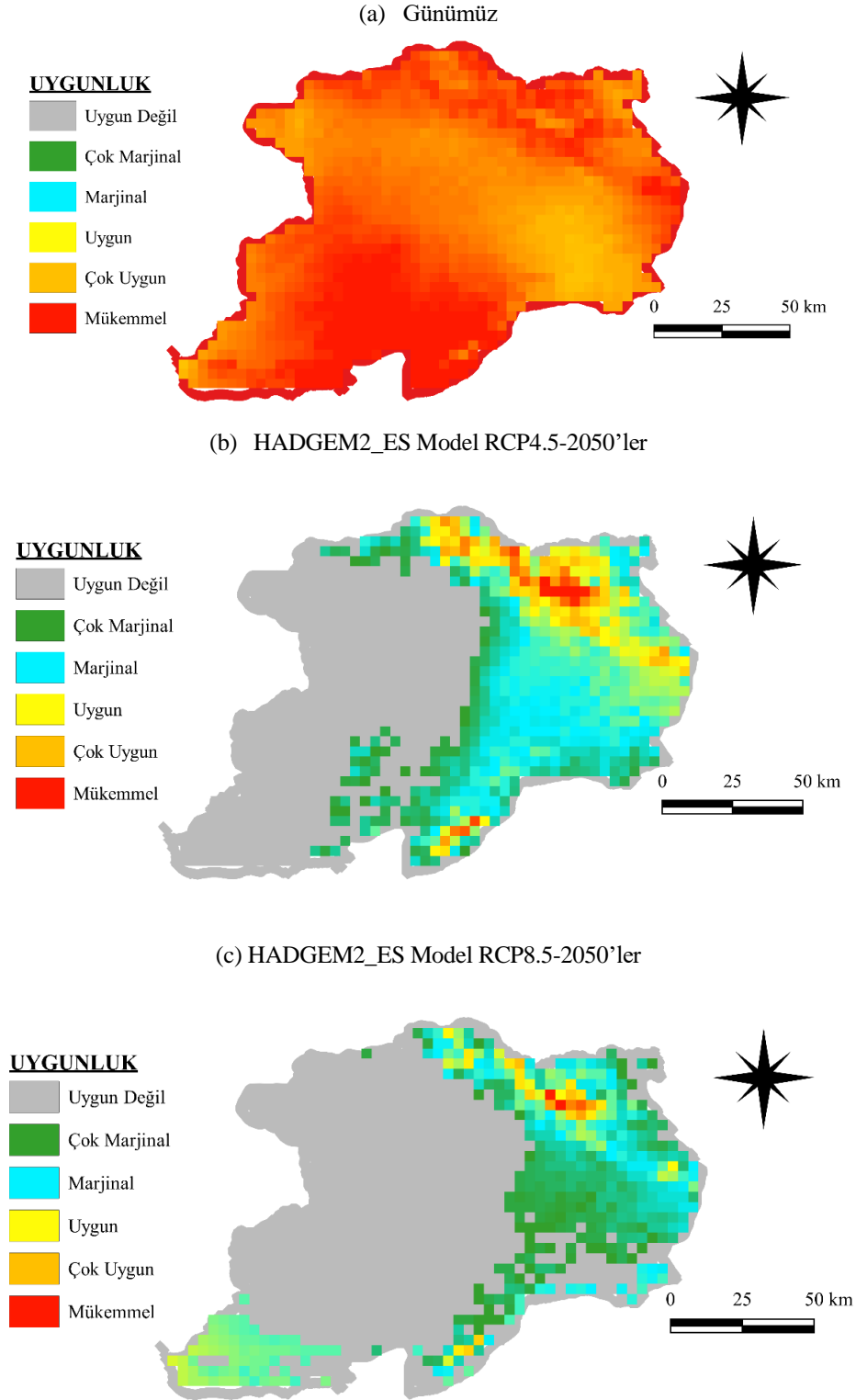


Figure 2. Suitability maps for wheat (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 2. Buğday için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

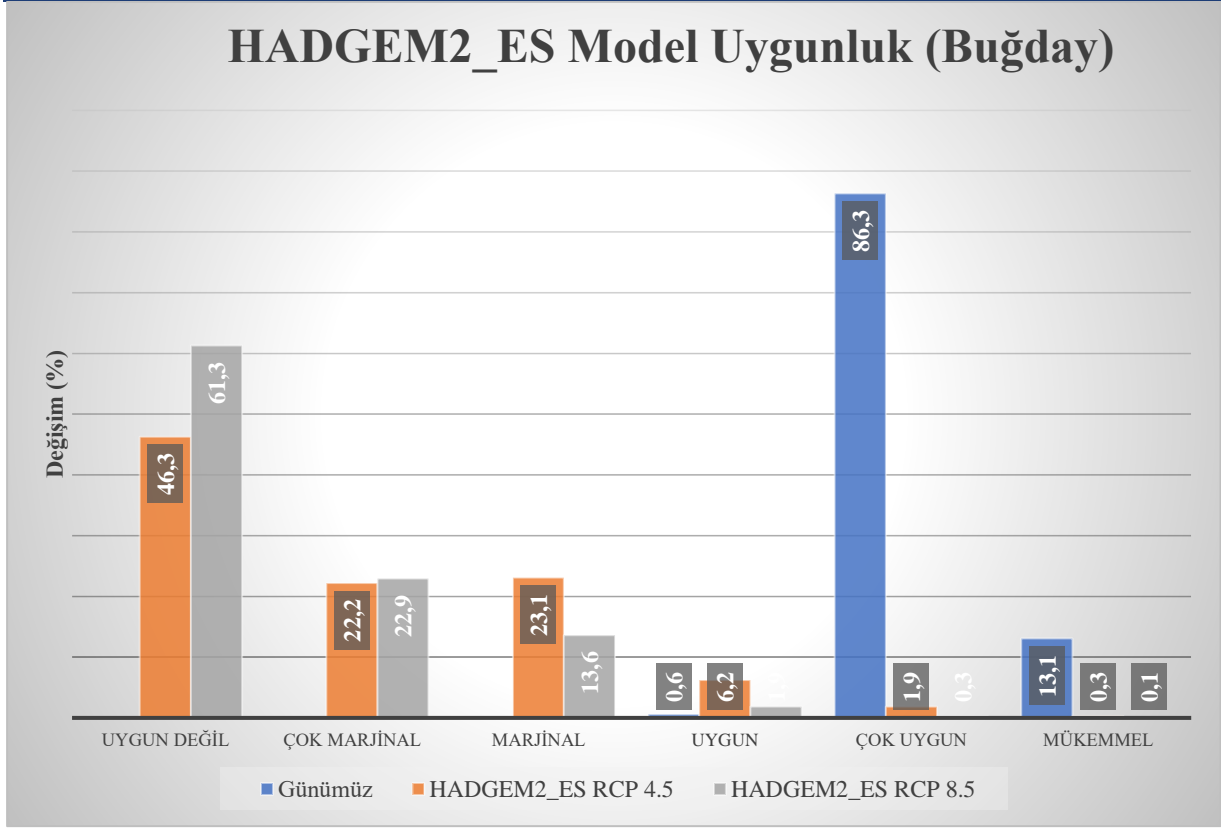


Figure 3. Shift in suitability for wheat current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 3. Buğday için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

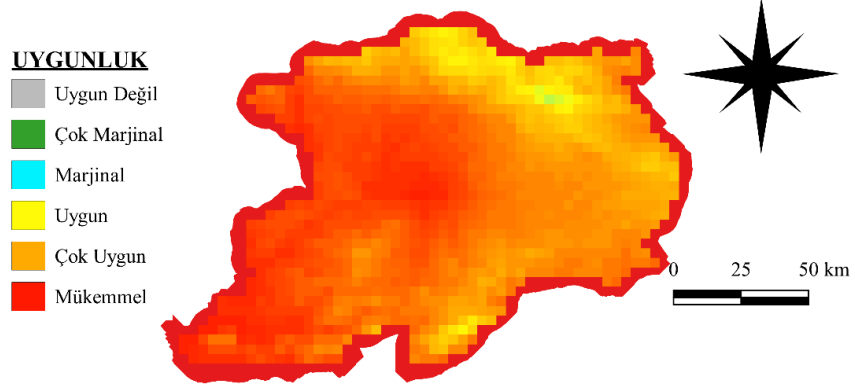
Şekil 3 değerlendirildiğinde günümüzde %0.6 uygun, %86.3 çok uygun ve %13.1 oranında mükemmel alanlar vardır. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ise %46.3 uygun değil, %22.2 çok marjinal, %23.1 marjinal, %6.2 uygun, %1.9 çok uygun ve %0.3 oranında mükemmel alanlar oluşacağı tahmin edilmiştir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise %61.3 uygun değil, %22.9 çok marjinal, %13.6 marjinal, %1.9 uygun, %0.3 çok uygun ve %0.1 oranında mükemmel alanlar oluşacağı söz konusudur.

Günümüz ile HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında her iki senaryoda da buğday yetiştirilen alanların 2050'lerde çok uygun ve mükemmel alanların belirgin bir şekilde yerini uygun değil, çok marjinal ve marjinal alanların alacağı gözükmektedir. HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldıklarında ise RCP8.5'te marjinal ve uygun değil alanların daha çok arttığı görülmektedir. Aslında bu da beklenen bir durumdur. Çünkü RCP8.5 RCP4.5'e göre daha kötümser bir senaryodur. Aynı zamanda Aydın ve Sarptaş (2018)'de yaptıkları çalışmada 2070 projeksiyonu için TerrSet ortamında, Climate Change Adaptation Modeler (CCAM)'in alt modeli olan Crop Climatic Suitability Modeling (CCSM) uygulanarak yaptıkları çalışmada Türkiye için buğdayda günümüzdeki mevcut yüksek iklimsel uygunluk 2070 yılında önemli düzeyde azalacaktır şeklinde yorumlamışlardır. Çalışmalarındaki buğday için oluşturulan günümüz ve 2070 yılı haritası Trakya Bölgesi için incelendiğinde yüksek ve en yüksek uygun alanların 2070 yılında yerini en düşük, düşük ve orta iklimsel uygunluk alanlarının alacağı gözükmektedir. Bu sonuçlar da buğday için bu araştırma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir.

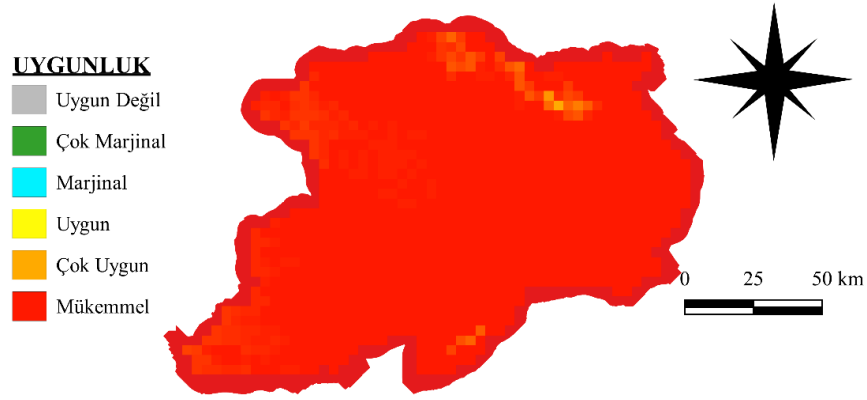
3.3. Kanola uygunluk değerlendirmesi

Kanola için yapılan günümüz ve gelecek 2050'ler için uygunluk haritaları Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi günümüzde marjinal, uygun ve çok uygun alanlar mevcutken HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda uygun, çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise çok uygun ve mükemmel alanlar mevcuttur. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları arasındaki belirgin fark ise RCP4.5 senaryosunda artan mükemmel alanların RCP8.5 senaryosunda daha az artmış olmasıdır.

(a) Günümüz



(b) HADGEM2_ES Model RCP4.5-2050'ler



(c) HADGEM2_ES Model RCP8.5-2050'ler



Figure 4. Suitability maps for canola (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 4. Kanola için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

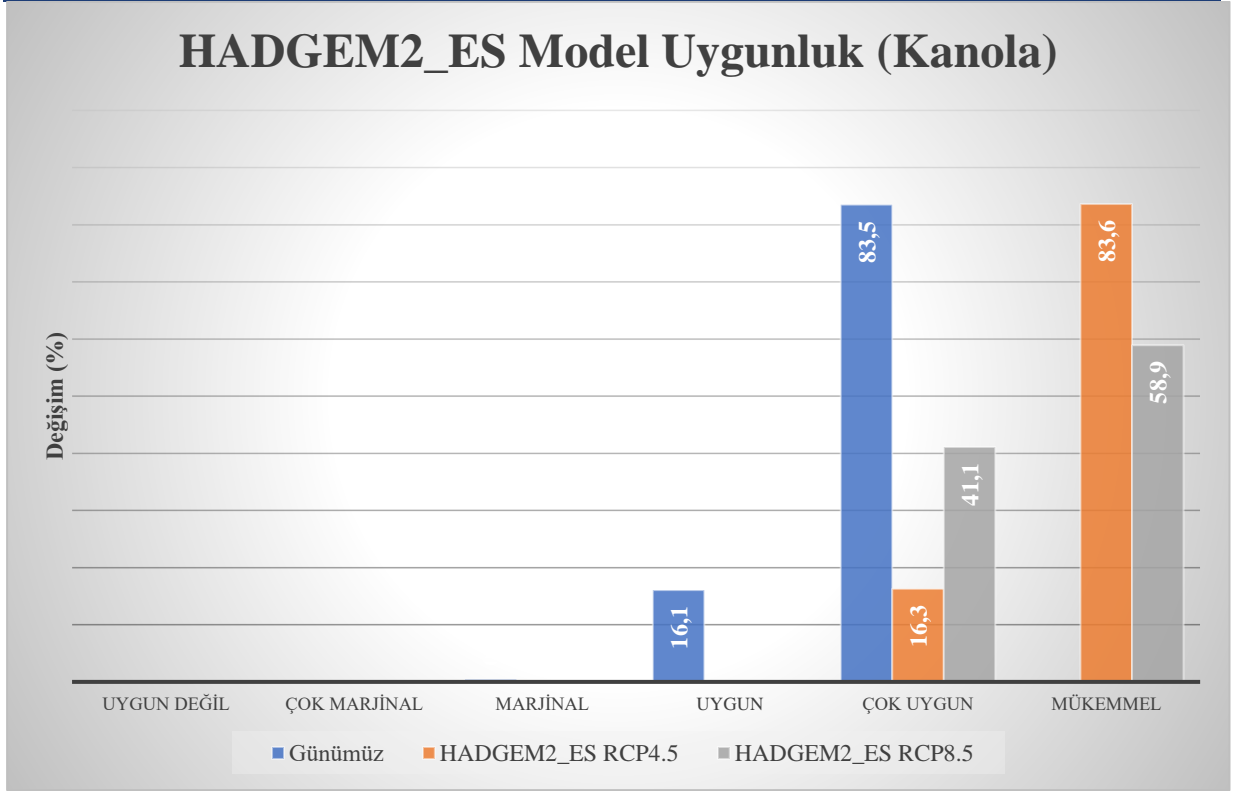


Figure 5. Shift in suitability for canola current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 5. Kanola için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

Şekil 5 değerlendirildiğinde günümüzde %0.4 marjinal, %16.1 uygun, %83.5 oranında çok uygun alanlar vardır. HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda ise %0.1 uygun, %16.3 çok uygun ve %83.6 oranında mükemmel alanlar oluşacağı tahmin edilmiştir. HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise %41.1 çok uygun ve %58.9 oranında mükemmel alanlar oluşacağı söz konusudur. Günümüz ile HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları karşılaştırıldığında her iki senaryoda da kanola yetiştirilen alanların 2050'lerde uygun ve çok uygun alanların belirgin bir şekilde yerini çok uygun ve özellikle mükemmel alanların alacağı gözükmektedir. HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldıklarında ise RCP4.5'ta mükemmel alanların RCP8.5 senaryo sonuçlarına göre daha çok arttığı görülmektedir. Aslında bu da beklenen bir durumdur. Çünkü RCP4.5 RCP8.5'a göre daha iyimser bir senaryodur. Aynı zamanda Aydın ve Sarptaş (2018)'de yaptıkları çalışmada Türkiye için kanolada günümüzdeki uygunluk değerlerinin giderek yüksek uygunluk değerine kaydığıdır şeklinde yorumlamışlardır. Çalışmalarındaki kanola için oluşturulan günümüz ve 2070 yılı haritası Trakya Bölgesi için incelendiğinde yüksek ve en yüksek uygun alanların 2070 yılında yerini sadece en yüksek iklimsel uygunluk alanlarının alacağı gözükmektedir. Bu sonuçlar da kanola için bu araştırma sonuçları ile benzerlikler göstermektedir.

3.4. Ayçiçek uygunluk değerlendirmesi

Ayçiçek için yapılan günümüz ve gelecek 2050'ler için uygunluk haritaları Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Şekil 6'dan görsel olarak görüldüğü gibi günümüzde mükemmel alanlar mevcutken HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında da mükemmel alanlar mevcuttur. Bu sonuçlara göre ayçiçek için 2050'lerde uygunluk tahmininde mükemmel alanlarda günümüzle gelecek arasında bir değişiklik olmayacağı gözlenmiştir. Şekil 7'deki sayısal sonuçlar değerlendirildiğinde ise günümüzde %100 olan mükemmel alanlar 2050'lerde HADGEM2_ES Model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında da %100 oranında mükemmel alanlar olarak tahmin edilmiştir.

Sonuç olarak, TR21 Trakya Bölgesi'nde günümüze göre HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda sıcaklık 3.0°C artarken, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 3.8°C sıcaklıkların artacağı, günümüze göre yağış değerlerinin ise HADGEM2_ES model RCP4.5 senaryosunda 38 mm, HADGEM2_ES model RCP8.5 senaryosunda ise 46 mm artacağı tahmin edilmiştir. Buna göre buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların

(a) Günümüz



(b) HADGEM2_ES Model RCP4.5-2050'ler



(c) HADGEM2_ES Model RCP8.5-2050'ler



Figure 6. Suitability maps for sunflower (a) current, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050s and (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050s

Şekil 6. Ayçiçek için (a) günümüz, (b) HADGEM2_ES RCP4.5-2050'ler ve (c) HADGEM2_ES RCP8.5-2050'ler için uygunluk haritaları

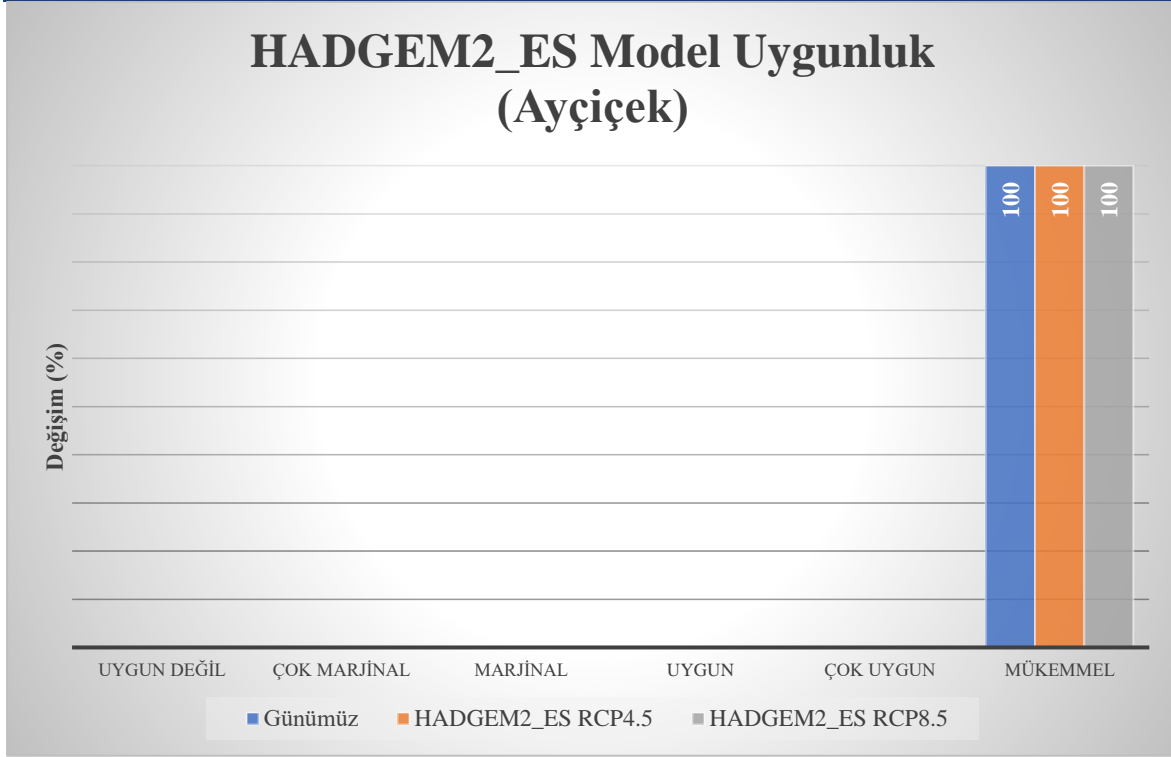


Figure 7. Shift in suitability change for sunflower current, HADGEM2_ES RCP4.5 and HADGEM2_ES RCP8.5

Şekil 7. Ayçiçek için günümüz, HADGEM2_ES RCP4.5 ve HADGEM2_ES RCP8.5 için uygunluk değişimi

yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı bu olumsuz durumun RCP8.5’te daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Kanolada ise günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Ayçiçekte ise sıcaklık artışlarına ve yağış artışlarına rağmen günümüzde mükemmel olan alanların 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında değişmeyeceği tahmin edilmiştir.

4. Sonuç

TR21 Trakya Bölgesi’nde buğdayda günümüze göre uygun, çok uygun ve mükemmel alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun değil, çok marjinal, marjinal alanların alacağı bu olumsuz durumun RCP8.5’te daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. İklim tahminlerine göre 2050’li yıllarda buğdayın gelişme döneminde düşen toplam yağış miktarında çok önemli bir değişim olmayacağı, sıcaklıklarda ise önemli artışlar olacağı dikkate alındığında; buğdayda uygunluğun azalmasında en önemli etkenin sıcaklık olacağı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla bölgede buğdayda sıcaklık toleransı ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmeli, sığağa dayanıklı buğday çeşitleri ıslah edilmelidir. Aynı zamanda aynı alanlarda yine buğday yetiştirilebilmesi için ekim ve hasat tarihi değişiminin gündeme gelmesi söz konusu olduğundan bu konuyla ilişkili çalışmalar planlanmalıdır. Buğday ile ilgili bölgede yapılan verim tahmini çalışmalarında, verim artışları olacağı tahmin edilen çalışmalar bulunsa da uygunluk açısından alanların azalacağı tahmin edilmiştir. Bu nedenle bu konuyla ilgili daha çok çalışmanın yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kanolada günümüze göre uygun ve çok uygun alanların yerini 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında genellikle uygun ve mükemmel alanların alacağı, bu olumlu durumun RCP4.5 senaryosunda daha fazla oluşacağı tahmin edilmiştir. Kanola kışın ekildiğinden, daha az su isteği olduğundan, artan yaz sıcaklarına denk gelmediğinden ve yüksek miktarda verim alındığından dolayı çok önemli bir alternatif bitki olarak değerlendirilebilir.

Ayçiçeğinde sıcaklık artışlarına ve yağış artışlarına rağmen günümüzde mükemmel olan alanların 2050’lerde HADGEM2_ES model RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında değişmeyeceği tahmin edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Anıl Saygın ŞEN'in "Trakya Bölgesi'nde Üretilen Bazı Kültür Bitkilerinin İklim Değişimine Uyumunun Modellenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Konukcu F., Deveci H., Şen A. S.; Materyal ve Metot: Deveci H., Şen A. S.; Veri Toplama ve İşleme: Şen A. S., Deveci H.; Literatür Tarama: Şen A. S.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Şen A. S., Deveci H., Konukcu F.

Kaynakça

- Abdallah, C. and Jaafar, H. (2019). Data set on current and future crop suitability under the Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5 emission scenario for the major crops in the Levant, Tigris-Euphrates, and Nile Basins. *Data in Brief*, 22: 992-997.
- Albut, S. ve Şener, M. (2023). QGIS ile Coğrafi Bilgi Sistemi Temel Uygulamaları. Platanus Publishing, Ankara.
- Almond, J. A., Dawkins, T. C. K. and Askew, M. F. (1986). Aspects of Crop Husbandry. Oilseed rape, Collins, London.
- Altürk, B., Bakanoğulları, F., Konukcu, F. ve Albut, S. (2019). TR21 Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin ayçiçeği ve buğday verimine etkisinin modellenmesi. Konukcu F., Albut S., Altürk B (Ed.). TR21 Trakya Bölgesinde iklim değişikliğinin etkileri ve uyum stratejileri. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları No: 2.08-027-0030/A-I, 104-117, Tekirdağ.
- Anonim (2022a). DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/climate> (Erişim Tarihi: 29.07.2022).
- Anonim (2022b). DIVA-GIS. <https://www.diva-gis.org/> (Erişim Tarihi: 29.07.2022).
- Anonim (2023a). Buğday Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%C4%B0/Bu%C4%9Fday%20May%C4%B1s%20B%C3%BClteni.pdf> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023b). Kanola Üretimini Desteklerle Artırılması Hedefleniyor. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/kanola-uretiminin-desteklerle-artirilmasi-hedefleniyor/2316403> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023c). Ayçiçek Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCltenler/OCAK%202022/Ay%C3%A7i%C3%A7ek%C4%9Fi%20Ocak%20B%C3%BClteni.pdf> (Erişim Tarihi: 20.06.2023).
- Anonim (2023d). TR21 Trakya Bölge Planı Tekirdağ, Edirne, Kırklareli 2010. https://www.trakyaka.org.tr/upload/Node/33265/xfiles/tr_21_trakya_2010-2013.pdf (Erişim tarihi: 18.05.2023).
- Aydın, F. (2015). *Enerji bitkisi yetiştirilebilecek alanların coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama ve analitik hiyerarşi prosesi desteği ile tespiti.* (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aydın, F. and Sarptaş, H. (2018). The impact of the climate change to crop cultivation: the case study with model crops for Turkey. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(3): 512-521.
- Aydın-Kandemir, F. and Sarptaş H. (2022). Geographic information systems-based land suitability assessment for switchgrass cultivation in marginal lands: a case study for Izmir-Turkey. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(3): 781-797.
- Bayraç, N. H. ve Doğan, E. (2016). Türkiye'de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1): 23- 48.
- Beltrán-Tolosa, L. M., Navarro-Racines, C., Pradhan, P., Cruz-Garcia, G. S., Solis, R. A. and Quintero, M. (2020). Action needed for staple crops in the Andean-Amazon foothills because of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(6): 1103-1127.
- CCAFS (2023). Climate Change Agriculture and Food Security. GCM Downscaled Data Portal. <https://www.ccafs-climate.org/> (Erişim Tarihi: 13.02.2023).
- Chhogyel, N., Ghimray, M. and Subedi, K. (2018). Crop suitability modelling for rice under future climate scenario in Bhutan. *Bhutanese Journal of Agriculture*, 1(1): 49-57.
- Coşkun, A. (2023). *Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin tahmin edilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Coşkun, A., Deveci, H. and Konukcu, F. (2023). Prediction of the effect of climate change on wheat yield in Thrace Region. *Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology*, 11(5): 933-945.
- Deveci H. (2022). Estimation of wheat yield under combinations of different climate parameters with the LINTUL model in the Thrace region. *8th International Black Sea Coastline Countries Scientific Research Conference*. August, P.29-30, Sofia, Bulgaria.
- Deveci, H. (2015). *Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin yüzey su kaynakları, toprak nem ve bitki verimine etkisinin modellenmesi.* (Doktora Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Deveci, H., Konukcu, F. ve Altürk, B. (2019). İklim değişikliğinin Trakya Bölgesi'nde buğday yetiştirilen toprağın nem profiline etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 202-218.
- Egbebiyi, T. S., Lennard, C., Crespo, O., Mukwenha, P., Lawal, S. and 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.
- FAO (2023). Food and Agriculture Organization. <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop-search> (Erişim Tarihi: 13.11.2023).
- Hanedar, A., Çağlar, F. ve Görgün, E. (2019). Trakya Bölgesi iklim değerlendirmesi: Mevcut durum ve projeksiyonlar. Konukcu F., Albut S., Altürk B (Ed.). TR21 Trakya Bölgesinde iklim değişikliğinin etkileri ve uyum stratejileri. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları No: 2.08-027-0030/A-I, 1-22, Tekirdağ.
- Hijmans, R. J., Guarino, L. and Mathur, P. (2012). Manual of DIVA-GIS version 7.5. <http://www.diva-gis.org> (Erişim Tarihi: 13.06.2023).
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Cruz, M. and Rojas, E. (2001). Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant*

- Holzkmper, A., Calanca, P. and Fuhrer, J. (2011). Analyzing climate effects on agriculture in time and space. *Procedia Environmental Sciences*, 3: 58-62.
- Joshi, N. (2021). *Future crop suitability assessment and the integration of Orphan crops into Kenya's food systems*. (MSc. Thesis) University of Cape Town, Faculty of Science, Cape Town.
- Konukcu, F., Deveci, H. ve Altürk, B. (2020). Trakya Bölgesi'nde iklim değişikliğinin buğday verimine etkisinin tahmin edilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 77-96.
- Labaioui, A. and Bouchoufi, K. (2021). Assessing the impact of climate change on land suitability for crops in El Hajeb province-Morocco. *African and Mediterranean Agricultural Journal Al Awamia*, 132: 65-90.
- Makinano-Santillan, M. and Santillan, J. R. (2015). GIS-based ecocrop modelling to assess potential climate change effects on Sago palm suitability distribution. *In Proceedings of the 36th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2015)*, P.91-7, Quezon City, Philippines.
- Manners, R., Vandamme, E., Adewopo, J., Thornton, P., Friedmann, M., Carpentier, S. and 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). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=TEKIRDAG> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- MGM (2023b). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KIRKLARELI> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- MGM (2023c). İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=EDIRNE> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- Møller, A. B., Mulder, V. L., Heuvelink, G. B., Jacobsen, N. M. and 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. and 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. and 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.
- Özdoğan M. (2011). Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1-2): 1-12.
- Pawar-Patil, V. S. and Mali, S. P. (2015). Ecocrop model approach for agro-climatic sugarcane crop suitability in Bhogawati river basin of Kolhapur district, Maharashtra, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 5(5): 259-264.
- QGIS (2023). Discover QGIS. <https://qgis.org/en/site/about/index.html> (Erişim Tarihi: 10.01.2023).
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A. and Läderach, P. (2013). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The Ecocrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170: 67-78.
- Rhiney, K., Eitzinger, A., Farrell, A. D. and Prager, S. D. (2018). Assessing the implications of a 1.5 C temperature limit for the Jamaican agriculture sector. *Regional Environmental Change*, 18: 2313-2327.
- Shikalgar, R. S. (2017). Site Suitability for Drought Resistant Crops In Man River Basin. *Journal of Current Science & Humanities*, 5(2): 26-31.
- Shiny, R., Sreekumar, J. and Byju, G. (2020). Coupled multi-model climate and climate suitability change predictions for major cassava growing regions of India under two representative concentration pathways. *Journal of Tropical Agriculture*, 57(2): 140-151.
- Süzer, S. (2022a). Ayçiçek Yetiştiriciliği. <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Aycicegi-Tarimi.pdf> (Erişim Tarihi: 18.02.2022).
- Süzer, S. (2022b). Buğday Yetiştiriciliği. <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Bugday-Tarimi.pdf> (Erişim Tarihi: 18.02.2022).
- Süzer, S. (2023). Kanola Tarımı. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=80#:~:text=Kanola%20bitkisi%20kumlu%20ve%20hafif,alkali%20ve%20hafif%20asit%20topraklard%C4%B1r> (Erişim Tarihi: 18.05.2023).
- SYGM (2016). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu. (Erişim Tarihi: 11.03.2023).
- SYGM (2020). İklim Değişikliği ve Uyum. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/iklimkitap2020.pdf> (Erişim Tarihi: 11.03.2023).
- Taba-Morales, G., Hyman, G., Mejía, J. R., Castro-Llanos, F., Beebe, S., Rubyogo, J. C. and Buruchara, R. (2020). Improving African bean productivity in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25: 1013-1029.
- Wichem, J., Descheemaeker, K., Giller, K. E., Ebanyat, P., Taulya, G. and Van Wijk, M. T. (2019). Vulnerability and adaptation options to climate change for rural livelihoods—A country-wide analysis for Uganda. *Agricultural Systems*, 176: 102663.
- Zagaría, C., Schulp, C. J., Malek, Ž. and Verburg, P. H. (2023). Potential for land and water management adaptations in Mediterranean croplands under climate change. *Agricultural Systems*, 205: 103586.