



The Effect of Fertilizers Used in Wheat Production on the Carbon Foot Print in Türkiye

Savaş Kuşcu^{1,a,*}, Kıvılcım Çaktü Güler^{2,b}

¹Turkish State Meteorological Service, Ankara, Türkiye

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Hacettepe University, Ankara, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 29.05.2023 Accepted : 23.01.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Wheat Climate change Fertilizer Carbon foot print Carbon</p>	<p>Wheat has played a major role in human nutrition. Although its cultivation is extremely effortless, studies have shown that wheat will be adversely affected by climate change. Fertilization is done to increase yield and quality in wheat planted areas in Anatolia. While fertilizing, it is necessary to pay attention to the amount applied, the time of application and the type of fertilizer. Uncontrolled fertilization harms the soil and the environment. While making the soil unproductive, it will cause greenhouse gas emissions in the atmosphere. This will lead to an increase in the carbon footprint of wheat production. In this study, we calculated the carbon footprint of the fertilizers used by the farmers during wheat production, depending on the amount of use.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(3): 418-422, 2024

Türkiye’de Buğday Üretiminde Kullanılan Gübrelerin Karbon Ayak İzine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 29.05.2023 Kabul : 23.01.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Buğday İklim değişikliği Gübre Karbon ayak izi Karbon</p>	<p>Buğday özellikle insanların beslenmesinde büyük rol üstlenmiştir. Yetiştirilmesi son derece zahmetsiz olsada yapılan araştırmalar, iklim değişikliğinden buğdayında olumsuz etkileneceğini ortaya koymuştur. Anadolu’da buğday ekili alanlarda verim ve kaliteyi arttırmak için gübreleme yapılmaktadır. Gübreleme yapılırken uygulanan miktara, uygulama zamanına ve gübre türüne dikkat edilmesi gerekir. Kontrolsüz yapılan gübreleme toprağa ve çevreye zarar vermektedir. Toprağı verimsiz hale getirirken, atmosfere sera gazı salınımına neden olacaktır. Bu durum ise buğday üretiminde ki karbon ayak izinin artmasına neden olacaktır. Yaptığımız bu çalışma da buğday üretimi yapılırken çiftçiler tarafından kullanılan gübrelerin, kullanım miktarına bağlı olarak ürettiği karbon ayak izini hesapladık.</p>

^a savaskucu@yahoo.com

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-6584-6192>

^b caktukivilcim@gmail.com

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-3096-1246>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Artan dünya nüfusuyla birlikte besin ve su kaynaklarına olan talep de hızla artmaktadır. En yaygın olarak tüketilen besin grubu ise tahıllardır. İnsan beslenmesinde yaklaşık 695 milyon ton tahıla ihtiyaç duyulurken, bu miktar hayvan beslenmesinde 939 milyon tona erişmektedir. Ayrıca 356 milyon ton tahıl ise endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Bahsi geçen değerler FAOSTAT tarafından 2016 yılı belirlenmiş olup, Uluslararası Hububat Konseyi (IGC) raporunda, hububat sektörünün en önemli bitkileri buğday, arpa, sorgum, çavdar, mısır, çavdar ve yulafın dünya üzerindeki toplam üretim değerlerinin 2016/2017 piyasa yılında 2,19 milyar ton, 2017/18 piyasa yılında 2,14 milyar ton, 2018/19 piyasa yılında ise 2,14 milyar ton olduğunu göstermiştir. 2018/2019 yılı toplam üretime bakıldığında mısır en fazla üretilen tahıl türü olurken onu buğday, arpa yulaf ve çavdar takip etmektedir (FAO, 2016). Ülkemizde bu sıralamada TÜİK 2019 raporlarına göre en çok üretilenden aza doğru şöyledir: buğday, arpa, mısır, çavdar, yulaf. Ülkemizde ki tarım alanlarının %35'ine buğday ekimi yapılmaktadır. Bu değer 2020-2021 verilerine göre dünyadaki buğday ekili alanının %3,2'üne denk gelmektedir. Ülkemizde buğday ekim alanları içerisinde ilk sırayı Konya alırken buğdayın farklı toprak ve iklim şartlarına başarılı adaptasyonu sayesinde sırasıyla Şanlıurfa, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Sivas, Tekirdağ, Çorum, Kayseri ve Mardin'de de yetiştirilmesini sağlamıştır (Kuşçu, 2021).

Poacea familyasının üyesi olan buğdayın (*Triticum spp.*) besin maddesi olarak tercih edilmesinin en önemli nedeni zengin mineral ve B vitamini içeriğine sahip olmasıdır (Cummins ve Robert-Thomson, 2009). Ülkemizde besinsel enerjinin %53'ünü buğdaydan sağlamaktayız (Kün, 1996). Gerek bulgur, makarna, un ve nişasta olarak insan beslenmesinde gerekse sap kısımlarının hayvan yemi olarak kullanılması buğdayı ülkemiz için stratejik ürün haline getirmiştir. Bu nedenle araştırmacılar yıllardır buğdayın yetiştirilme koşulları hakkında çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar buğday gelişiminin ilk evresinde 5-10°C sıcaklığa ve %60 neme ihtiyaç duyarken, gelişimin ikinci evresinde ise 10-15°C sıcaklık ve %65 neme ihtiyaç duyduğunu ortaya çıkarmıştır. Yıllık toplam yağışın 500 mm olduğu dönemde maksimum verimle gelişirken, yıllık toplam yağışın 250 mm olduğu dönemlerde de yetişebildiği kayıtlara geçmiştir. Buğday verimsiz kıraç topraklarda da verimli taban alanlarında da zahmetsizce yetişebilmektedir. Toprağın % 25-30 su tutma kapasitesine sahip olması da yeterli bir özelliktir ve buğday ülkemizin dört bir yanında yetiştirilmektedir (Kuşçu, 2021).

İklim Değişikliğinin Buğday Üretimi Üzerindeki Etkisi

İklim, herhangi bir bölgede uzun yıllar boyunca değişmeden kalan hava şartlarıdır (Elhadar, 2020; Tekin, 2022; Mete, 2022). İklimin canlılık üzerinde kritik etkileri bulunmaktadır. Örneğin canlıların yeryüzünde ki dağılım tercihlerinin ve çeşitliliğinin ya da sahip olduğu fizyolojik adaptasyonların en etkili nedenlerinden biri bulunduğu bölgenin iklim özellikleridir. Bu özelliklerin değişmeye başlaması ise canlıları kitlesel olarak etkileyecektir. Canlıların bu değişime karşı gösterdikleri en büyük karşı

çıkış göç etmekten, en kötü mutlak sonuç ise kitlesel yok oluş yani biyo-çeşitliliğin kaybıdır. Özellikle de bitkiler, aktif olarak buldukları ortamı terk etme özelliğine sahip olmadıkları için bu iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine en çok maruz kalan canlı grubunu temsil etmektedirler (Tekin, 2022; Findlater ve ark., 2022; Gougherty ve ark., 2021; Ning ve ark., 2021; Mete, 2022). İklim değişikliğine bağlı olarak meteorolojik olaylarda meydana gelen değişiklikler bitkilerin büyüme döneminde, büyüme sürecini ve bitki verimliliğini etkilemektedir. Türkiye'nin en önemli ve gerekli tarımsal ürünü olan buğdayın iklim değişikliğine bağlı olarak gelişim ve verimindeki değişiklikler bazı araştırmacılar tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Ünlü ve ark. mevcut koşullarda yaptıkları çalışmalarında Seyhan Ovası'nın bölgesel küresel iklim değişikliği altında toprak özelliklerinin, su rejiminin ve diğer iklim parametrelerinin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkilerini bitki büyüme simülasyonları ile belirlemişlerdir. Bu amaçla buğday bitkisinin SWAP bitki büyüme modeli ile 1994-2003 ve 2070-2079 yılları arası için simülasyon çalışması yapmışlardır. Gelecek ve geçmiş dönem için çalıştırılan simülasyon sonuçlarına göre buğdayın yetişme döneminde %4'lük bir azalma, evapotranspirasyonda %10,9'luk bir azalma, sulama miktarlarında %9,9 azalma, kuru madde ağırlıklarında ise %13,1'lük bir azalma tespit etmişlerdir. En önemli göstergelerden biri olan verimde ise %5,5'lik bir azalmanın yanında, yetişme döneminde %8,7'lik bir azalmada tespit etmişlerdir (Ünlü ve ark., 2007). Çaylak, Kırklareli ilinde DSSAT CERES-Wheat modeli kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada buğday bitkisinin sıcaklık ve yağış değişimlerine duyarlı olduğu ve gelecek dönemlerde buğday veriminde azalışlar beklendiğini ortaya koymuştur (Çaylak, 2015). Kuşçu, yılında iklim değişikliğinin Konya ilinde buğday verimine olası etkilerinin tahmin edilmesi konusunda DSSAT bitki-büyüme programını kullanarak yaptığı çalışmada Had-Gem, MPI ve GFDL veri setlerini kullanarak RCP 4.5 ve RCP 8.5 meteorolojik iklim senaryolarını çalıştırmıştır. Bu senaryolardan ilki olan RCP 4.5'e göre buğday verim değişikliği 2020-2040 periyodu için %11 ila +9 arasında, 2041-2070 periyodunda %8 ila +5 arasında, 2071-2099 periyodu arasında ise %12 ila +7 bandında değişiklik göstermiştir. İkinci senaryo olan RCP 8.5'e göre buğday verim değişikliği 2020-2040 periyodu için %17 ila +3 arasında, 2041-2070 periyodunda %10 ila +6 arasında, 2071-2099 periyodu arasında ise %19 ila -7 bandında değişiklik göstermiştir (Kuşçu, 2021).

Karbon Ayak İzi

İnsanoğlu, her ne kadar doğal kaynaklarının bitme endişesine sahip olmasa da, bu sürece dünyanın verdiği tepki her geçen gün daha da sertleşmektedir. Örneğin fosil yakıtların yakılması, çevre bilincine aykırı şehirleşme, sanayi sürecine bağlı etkiler, ormansızlaşma vb nedenlerden ötürü; yağış rejiminde ki değişiklikler, deniz seviyesinin yükselmesi ve deniz suyunun ısınması ve sera gazlarında ki artışının hızlanması gibi dönüşü olmayan yıkımlara neden olduğu IPCC tarafından yapılan 2021 yılı raporda detaylı olarak açıklanmıştır (Karakoç, 2022).

Sera gazlarındaki artışın, küresel ısınmaya bağlı olarak, iklim değişikliği üzerindeki etkisi oldukça fazladır. Sera gazlarını doğal kaynaklı ve insan kaynaklı olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Doğal kaynakları sera gazları; su buharı, metan, karbondioksit, ozon ve nitroz oksitlerdir. İnsan kaynaklı sera gazları ise kloro flor karbonlar, hidro flor karbonlar, hidro kloro flor karbonlar ve kükürt hekzaflorürdür (Argun vd, 2019). Bu gazların arasında; atmosferde bulunma miktarı ve kalma süresinin uzunluğunun yanısıra ısı tutma kapasitesine sahip olmasından ötürü özellikle CO₂ gazı canlılık üzerindeki yıkıcı etkiye sahiptir. Bu nedenle atmosfere gönderilen CO₂ gazının ölçümü olarak karbon ayak izi hesaplamalarına başvurulmuştur. Karbon ayak izi hesaplanırken sadece CO₂ gazı değil diğer sera gazları da hesaba katılır ve sonuca CO₂ eşdeğerleri cinsinden hesaplanmasıyla varılır (Kitzes ve ark., 2007; Demirci 2018).

Gübrenin Karbon Ayak İzine Etkisi

Bitkinin sağlıklı olarak gelişmesinde mutlak gerekli besin maddelerine ihtiyacı vardır. Bu maddeler toprakta her zaman yeterince bulunmayabilirler. Toprakta bu ihtiyacı yeterli oranda karşılayamazsa, normal gelişimlerini sergileyemezler. Bu durumun oluşmaması ve bitkinin yaşamını sürdürebilmesi için toprağa ve bitkiye gübre adını verdiğimiz yapay ya da doğal besin maddeleri uygulanır. Böylece bitkinin ihtiyacı olan mineraller karşılanmış olur (Kılıç ve Korkmaz, 2012).

Gübre uygulamalarında amacımız, toprağın içeriğinde eksik olan yapıları tamamlamaktır. Bunu yapabilmek için de gübrenin uygulanacağı toprağın yapısı ve içerdiği eksikliklerin ne olduğunu bilmemiz gerekir. Bu noktada bize yardımcı olacak tek şey ise toprak analiz sonuçlarıdır. Örneğin analiz sonuçlarına göre topraktaki potasyum miktarı az ise gübre tercihini bu eksikliği ortadan kaldırmaya yönelik yapmak gerekir. Gübre uygulamalarında dikkat edilmesi gereken diğer önemli noktalar ise uygulanacak gübrenin miktarı ve zamanıdır. Çünkü ne kadar çok gübre kullanılırsa o kadar ürün kalitesi artar diye düşünmek ya da gelişigüzel zaman aralıklarında ve sayıda gübrelemek hem maddi yük hem de toprağın yapısına zarar vermek anlamına gelir. Bitki veriminde ve kalitesinde uygulanan gübrenin türü, zamanı ve miktarı son derece önemlidir. Örneğin fosforlu ve potasyumlu gübreler kullanılacaksa bunlar ekimden önce veya ekimden hemen sonra verilmesi gerekirken, bitki büyümeye başladığında artık azotlu ve nitratlı gübreler tercih edilmelidir (Taban ve Turan 2012).

Gübre, bitki için bolluk olduğunu düşünüp olması gerekenden fazla gübre kullanmak; hem toprağın yapısını hem yeraltı ve yüzey sularının içeriğini hem de ürün içeriğini etkilemektedir. Ayrıca, NH₃ ve N₂O gibi sera gazı emisyonlarına neden olan bileşiklerin oluşuna neden olmaktadır (Taban ve Turan 2012). Doğal gübrelerin yaşam döngüsü incelendiğinde hem metan hem CO₂ açığa çıkardıkları bilinmektedir (Hanafiah 2021). Sentetik gübreler ise hem üretimleri sırasında, hem de azotlu gübrelerde bulunan azotun, gübre toprağa atıldıktan sonra havaya karışması sebebiyle sera gazlarına sebep olmaktadır. Ayrıca üretim yerinden kullanım yerine taşınması sırasında ve depolama sırasında da sera gazlarına sebep olmaktadır. Doğal ve yapay gübrelerin bir yılda

sebeplendiği sera gazı salımı küresel bazda toplam 2,6 milyar ton CO₂ eşdeğeridir. Bu da dünyadaki toplam sera gazı salımının yaklaşık %5,8'ine denk gelmektedir (Gao, 2023). Öyleki, Serrenho ve ark., gübre kullanımında gerekli adımların atılması durumunda gübre kaynaklı sera gazı emisyonlarının 2050 yılına kadar %80 oranında azalacağını hesaplamışlardır.

Materyal ve Yöntem

Buğday yetiştiriciliğinde karbon ayak izine etki edecek birçok işlem vardır. Bunlar; toprak hazırlığı, ekim, yabancı ot mücadelesi, sulama, hasat, depolama, taşıma ve gübrelemedir. Bu işlem başlıklarında genellikle tarlada çalışma ve taşıma sırasında harcanan akaryakıt kaynaklı emisyonlardan oluşmaktadır. Gübrelemenin toplam emisyona etkisi ise, taşıma ve işlem sırasındaki akaryakıt kullanımına ilave olarak gübrenin imalatı sırasında ve azotlu gübrenin toprağa atılması sonrasında atmosfere karışan azot nedeniyle oluşan emisyonlardır. Bu sebeple de, gübrelemenin, buğdayın toplam karbon ayak izine katkısı %75'in üzerindedir. (Elitaş 2020, Yan ve ark. 2010). Gübrenin fabrikadan son kullanıcıya nasıl ve ne kadar mesafeden geldiği ile kullanıcının gübreyi tarlaya atarken ne kadar karbon saldırdığı değişkenlik gösterdiği için, ayrıca bu sırada meydana gelen karbon salınımlarının kıyaslamayı etkilememesi için bu çalışmada sadece gübrenin üretimi ve tarlaya atıldıktan sonraki karbon salımları değerlendirilmiştir.

Tahıllar, özellikle de buğday, ülkemizde ve dünyada insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır. Gübrenin buğday verimine etkisi ve dünya toplam nüfusu ve tarım arazilerinin büyüklüğü göz önüne alındığında, gübreleme yapılmaması bir seçenek olarak görülmemektedir (Yao 2017).

Bayaner'in 1995 yılında yapmış olduğu bir çalışmada Konya ilinde bulunan, farklı büyüklüklerdeki 75 tarım işletmesinin verileri kullanılarak, farklı içeriklerdeki gübrelerin verime olan etkisi ile ilgili istatistiksel bir model oluşturulmuştur. Bu modelde, Konya ilinde en yüksek verimin alınabilmesi için kullanılacak saf azot ve saf fosfor miktarları tahmin edilmiştir. Bayaner'in çalışmasındaki en yüksek buğday verimini sağlayan saf azot ve saf fosfor miktarlarını elde edebilmek için amonyum Nitrat, DAP ve Üre gibi farklı gübreden ne kadar kullanılması gerektiği bulunmuş, daha sonra bu gübre miktarını üretebilmek için salınan ve gübre kullanıldıktan sonra ortaya çıkan emisyonlar hesaplanmıştır. En sonunda ise hasatta elde edilen birim kg buğday başına ortaya çıkan emisyon hesaplanmıştır.

Karbon emisyon hesaplamalarında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{Emisyon Miktarı} = \text{Faaliyet Verisi} \times \text{Emisyon Faktörü} \\ (\text{Brentrup 2016})$$

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada karbon emisyon miktarları sağlayabilecek Amonyum Nitrat, DAP ve Üre'nin karbon ayak izleri hesaplayıp ve karşılaştırdık. Bu çalışmada, gübrelemenin karbon ayak izine etkisini kıyaslayabilmek

için, tüm yetiştirme süreci boyunca ortaya çıkan karbon emisyonlarının sadece gübrelemeye bağlı olan miktarları hesaplanmış ve karşılaştırılmış, toprak işleme, ekim, ilaçlama, sulama gibi işlemlerde açığa çıkan karbon emisyonları hesaplanmamış ve yorumlanmamıştır.

Amonyum Nitrat Gübresinin Karbon Emisyonunun Hesaplanması

En yüksek verim için gerekli olan 10,68 kg/da azot miktarını sağlayabilmek için, %26 oranında azot ihtiva eden amonyum nitrat gübresinden 1 dekar alanda kullanmak için:

$10,68 \text{ kg/da} / 0,26 = 41,08 \text{ kg/da}$ amonyum nitrat gübresi gerekmektedir.

41,08 kg amonyum nitrat gübresinin üretimi sırasında 37,38 kg CO₂ e, tarlada kullanımı sonrasında ise 12,71 kg CO₂ e olmak üzere toplamda 50,09 kg CO₂ e karbon emisyonu ortaya çıkmaktadır.

Bu üretim sonucunda 345 kg/da verim elde edilir. Birim kg buğday başına salınan karbon emisyon miktarı ise:

$50,09 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / 345 \text{ kg buğday} = 0,145 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / \text{kg}$ buğday bulunur.

Üre Gübresinin Karbon Emisyonunun Hesaplanması

En yüksek verim için gerekli olan 10,68 kg/da azot miktarını sağlayabilmek için, %46 oranında azot ihtiva eden üre gübresinden 1 dekar alanda kullanmak için:

$10,68 \text{ kg/da} / 0,46 = 23,22 \text{ kg/da}$ üre gübresi gerekmektedir.

23,22 kg üre gübresinin üretimi sırasında 20,29 kg CO₂ e, tarlada kullanımı sonrasında ise 12,71 kg CO₂ e olmak üzere toplamda 33 kg CO₂ e karbon emisyonu ortaya çıkmaktadır¹.

Bu üretim sonucunda 345 kg/da verim elde edilir. Birim kg buğday başına salınan karbon emisyon miktarı ise:

$33 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / 345 \text{ kg buğday} = 0,096 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / \text{kg}$ buğday bulunur.

DAP gübresinin karbon emisyonunun hesaplanması

En yüksek verim için gerekli olan 10,69 kg/da fosfor miktarını sağlayabilmek için, %46 oranında fosfor ihtiva eden DAP gübresinden 1 dekar alanda kullanmak için:

$10,69 \text{ kg/da} / 0,46 = 23,24 \text{ kg/da}$ DAP gübresi gerekmektedir.

23,24 kg DAP gübresinin üretimi sırasında 32,54 kg CO₂ e, tarlada kullanımı sonrasında ise 4,97 kg CO₂ e olmak üzere toplamda 37,51 kg CO₂ e karbon emisyonu ortaya çıkmaktadır.

Bu üretim sonucunda 330 kg/da verim elde edilir. Birim kg buğday başına salınan karbon emisyon miktarı ise:

$37,51 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / 330 \text{ kg buğday} = 0,114 \text{ kg CO}_2 \text{ e} / \text{kg}$ buğday bulunur.

Hesaplamalar sonucunda, buğday üretiminde kullanılan gübrelerin karbon emisyonları:

Amonyum Nitrat gübresinde 0,145 kg CO₂ e / kg buğday, üre gübresinde 0,096 kg CO₂ e / kg buğday, DAP gübresinde 0,114 kg CO₂ e / kg buğday bulunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Gübrelemeye bağlı karbon salınımlarına bakıldığında en düşük kirliliğe sebep olan gübre çeşidinin üre, en fazla kirliliğe sebep olan çeşidin ise amonyum nitrat gübresi olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca, gübrelemenin karbon ayak izini etkileyen faktörlerden olan taşıma, saklama ve tarlaya atılması sırasındaki emisyonlar da önemli olmakla birlikte, gübrelemenin toplam emisyonu içinde %40 civarında bir oranın organik gübre yerine sentetik gübre kullanımından kaynaklandığı gösterilmiştir (Yao ve ark. 2017). Elitaş da yaptığı çalışmada organik gübreleme yaparak, gübre kaynaklı emisyonların 387 kg CO₂ e/ha azalacağını hesaplamıştır.

Teşekkür

Karbon ayak izi hesaplamalarında sundukları eşsiz bilgiden ötürü Climeco Arge ve Danışmanlık firmasına teşekkürümüzü sunarız.

Kaynaklar

- Argun, M. E., Ergüç, R., & Sarı Y. (2019), Carbon Footprint Investigation of Konya/Selçuklu District, Selçuk University Journal of Engineering, Science and Technology, volume7, pp. 287-297, DOI: 10.15317/Scitech.2019.199.
- Bayaner, A. (1995). Economic Analysis Of Wheat Producing Enterprises And Investigating The Functional Form Of Fertilizer Use In Wheat Production In Konya Province. PhD Dissertation, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara University, Ankara, Turkey.
- Brentrup, F., Hoxha, A., & Christensen, B. (2016). footprint analysis of mineral fertilizer production in Europe and other world regions, The 10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food (LCA Food 2016) At: University College Dublin (UCD), Dublin, Ireland.
- Cummins, A. G. & Roberts-Thomson, I. C. (2009). Prevalence of Celiac Disease in the Asia Pacific Region, Journal of Gastroenterology and Hepatology, 1347-1351, doi:10.1111/j.1440-1746.2009.05932.x
- Çaylak, O. (2015). Investigation of the Possible Effects of Climate Change on the Development and Yield of Wheat Crops with the Plant-Climate Simulation Model, MSc Thesis, Institute of Sciences, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- Demirci, E. (2018). The Role Of Renewable Energy Resources To Reduce Carbon Footprints In Residents, Msc Thesis, Institute of Sciences, Akdeniz University, Antalya, turkey.
- Elhadar, Y.O. (2020). Specific Climate Parameters and Seasonal Changes of Biocomfort Zones Gaziantep Province, Msc Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences Kastamonu University, Kastamonu, Turkey.
- Elitaş, H. (2020). Carbon Footprint And Ecological Evaluations In Different Crop Plants Of Fertilizer Applications, Msc Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences ,Yeditepe University, Istanbul, Turkey.
- FAO, (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Web Sitesi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Findlater, K., Hagerman, S., Kozak, R., & Gukova, V. (2022). Redefining climate change maladaptation using a values-based approach in forests. *People and Nature*, 4, doi.org/10.1002/pan3.10278.

- Gao, X., Jian, J., Li, W. J., Yang, Y. C., Shen, X. W., Sun, Z. R., Wu, Q. & Chen, G. Q. (2013). Genomic study of polyhydroxyalkanoates producing *Aeromonas hydrophila* 4AK4, Applied Microbiology and Biotechnology, 97, ss. 9099-9109. DOI: 10.1007/s00253-013- 5189-y.
- Gao, Y., & Serrenho, A. C. (2023). Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizers could be reduced by up to one-fifth of current levels by 2050 with combined interventions, Nature Food, DOI: 10.1038/s43016-023-00698-w.
- Gougherty, A. V., Keller, S. R., & Fitzpatrick, M. C. (2021). Maladaptation, migration and extirpation fuel climate change risk in a forest tree species. *Nature Climate Change*, 11(2), 166-171, doi.org/10.1038/s41558-020-00968-6.
- Hanafiah, M. M., Ibraheem, A. J., & Razman K. K. (2021), Emissions of carbon dioxide and methane from dairy cattle manure, Earth and Environmental Science, 880, 012037, doi:10.1088/1755-1315/880/1/012037.
- Karakoç, A. (2022). Calculation Of Carbon Footprint For Local Administration, Scope Of Kahramankazan Municipality, Msc Thesis, Institute of Sciences, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey.
- Kılıç R., & Korkmaz K. (2012). Residual Effects of Chemical Fertilizers on Agricultural Soils, Journal of Biological Sciences Research, 5(2): 87-90, ISSN: 1308-3961, E-ISSN: 1308-0261.
- Kitzes, J. & Wackernagel, M. (2009). Answers to Common Questions in Ecological Footprint Accounting, Ecological Indicators, 9 (4): 812-817, doi:10.1016/j.ecolind.2008.09.014.
- Kuşçu, S. (2021). PhD Dissertation, Estimation Of Possible Effects Of Climate Change On Wheat (*Triticum*) Yield In Konya, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara University, Ankara, Turkey.
- Kün, E. (1996). Cool Climate Cereals, 3rd edition, Ankara University Faculty of Agriculture Publications, Ankara, pp: 431. 322.
- Mete, B. (2022). Climate Change And Its Effects On Agriculture In Turkey, MsC Thesis, Social Sciences Institute, Kırklareli University, Turkey.
- Ning, H., Ling, L., Sun, X., Kang, X., & Chen, H. (2021). Predicting the future redistribution of Chinese white pine *Pinus armandii* Franch. Under climate change scenarios In China using species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01420, doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01420.
- Taban, S., & Turan, M. A. (2012), Fertilizer environment relations in agriculture, Agriculture Turkish Turkey's Journal of Crop Production and Livestock, vol.34, pp.10-14.
- Tekin, O. (2022). Possible Effects Of Global Climate Change on Distribution Areas of Fir (*Abies spp.*) Species in Turkey. Msc Thesis, Institute Of Science, Kastamonu University, Turkey.
- Ünlü, M., Barutçular, C., Koç, M., Koç, D. L., Kapur, B., Tekin, S., Aydın M., & Kanber, R. (2007). Effects of Climate Change on Evapotranspiration, Growth and Yield in Wheat and Corn Plants in Cukurova Conditions, ICCAP Project Turkish Group Final Reports, pp. 89-101.
- Yan, X., & Gong, W. (2010). The role of chemical and organic fertilizers on yield, yield variability and carbon sequestration results of a 19-year experiment. *Plant and Soil*, 331(1-2):471-480, doi: 10.1007/s11104-009-0268-7
- Yao, Z., Zhang, D., Yao, P., Zhao, N., Liu, N., Zhai., Zhang, S., Li, Y., Huang, D., Cao, W., & Gao, Y. (2017). Coupling life-cycle assessment and the RothC model to estimate the carbon footprint of green manure-based wheat production in China, *Science of the Total Environment*, V.607-608, P 433-442, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.028.