



The Impact of Mandarin Production on the Ecosystem: Analysis of Energy Consumption and Carbon Emissions

Serhan Candemir^{1,a}, Kemalettin Ağızan^{1,b}, Hasan Gökhan Doğan^{1,c,*}, Zeki Bayramoğlu^{1,d}

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Malatya, Türkiye

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Çine Meslek Yüksekokulu, Aydın, Türkiye

³Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Kırşehir, Türkiye

⁴Selçuk Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Research Article</i> Received : 05.03.2025 Accepted : 14.03.2025 Keywords: Energy use Carbon emissions Mandarin Türkiye Agricultural Economics	The agricultural sector is an area that stands out for its high energy consumption and environmental impact. The aim of this study is to analyze the energy consumption and carbon emissions in the production of mandarins and to propose solutions to ensure environmental sustainability. The study conducted in Adana province in the 2021-2022 production season provides important information on the environmental impact of mandarin production. According to the data obtained, a large part of the energy consumed in mandarin production comes from chemical fertilizers (33.88%), irrigation water (23.94%) and pesticides (23.10%). In the study, the total energy input in mandarin production was calculated as 41604.60 MJ ha⁻¹ and the energy output as 156582.40 MJ ha⁻¹. The total carbon emissions of the production activities were 954.69 kg CO₂-eq kg⁻¹ and it was found that 25.97% of the emissions were caused by the use of nitrogenous fertilizers. These results show that it is important to reduce the use of chemical fertilizers in order to increase energy efficiency in mandarin production. It is emphasized that the use of environmentally friendly and renewable energy sources should be promoted in order to optimize energy consumption and reduce carbon emissions. In particular, the use of alternatives such as farm manure and organic fertilizers instead of chemical fertilizers can help reduce the environmental impact of mandarin production.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 13(5): 1292-1298, 2025

Mandarin Üretiminin Ekosistem Üzerindeki Etkisi: Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonlarının Analizi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<i>Araştırma Makalesi</i> Geliş : 05.03.2025 Kabul : 14.03.2025 Anahtar Kelimeler: Enerji kullanımı Karbon emisyonu Mandarin Türkiye Tarım Ekonomisi	Tarım sektörü, yüksek enerji tüketimi ve çevresel etkileriyle öne çıkan bir alandır. Bu çalışmanın amacı, mandarin üretim süreçlerindeki enerji kullanımını ve karbon emisyonlarını analiz ederek, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak adına çözüm önerileri sunmaktır. 2021-2022 üretim sezonunda Adana ilinde gerçekleştirilen araştırma, mandarin üretiminin çevreye olan etkilerine ilişkin önemli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen verilere göre, mandarin üretiminde kullanılan enerjinin büyük bir kısmı kimyasal gübreler (%33,88), sulama suyu (%23,94) ve pestisitlerden (%23,10) gelmektedir. Çalışma kapsamında, mandarin üretiminde toplam enerji girdisi 41604,60 MJ ha⁻¹, enerji çıktısı ise 156582,40 MJ ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Üretim faaliyetlerinin toplam karbon emisyonu 954,69 kg CO₂-eq kg⁻¹ seviyesinde bulunmuş olup, emisyonların %25,97'sinin azotlu gübre kullanımından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu bulgular, mandarin üretiminde enerji verimliliğini artırmak için özellikle kimyasal gübre kullanımının azaltılmasının önemli olduğunu göstermektedir. Enerji tüketimini optimize etmek ve karbon emisyonlarını düşürmek adına, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle, kimyasal gübrelerin yerine çiftlik gübresi ve organik gübre gibi alternatiflerin kullanılması, mandarin üretiminden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabilir.

^a serhan.candemir@ozal.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0003-4248-7024>

^c hg.dogan@ahievran.edu.tr

^d <https://orcid.org/0000-0002-5303-1770>

^e kagizan@adu.edu.tr

^f <https://orcid.org/0000-0002-2340-2614>

^g zbayramoglu@selcuk.edu.tr

^h <https://orcid.org/0000-0003-3258-3848>



Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması, gıda talebinde de önemli bir yükselişe sebep olmakta ve bu durum tarımsal üretimin değerini giderek artırmaktadır. Gıda arz güvenliğini sağlamak adına tarımsal üretimdeki büyüme, doğal kaynaklar üzerinde ciddi bir baskı yaratmaktadır. Tarım faaliyetleri sırasında enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının artışı, önemli bir sorun haline gelmiştir. Bunun temel nedeni, tarımsal üretimde kullanılan enerjinin fosil yakıtlarından elde edilmesidir. Aynı zamanda, yenilenemez enerji kaynaklarının kullanılması, küresel karbon salınımını da artırmaktadır. Özellikle tarım sektöründe teknolojinin kullanımı ile birlikte üretim süreçlerindeki enerji tüketimi ve karbon emisyonları belirgin şekilde yükselmiştir (Baran ve ark., 2017).

Karbon emisyonlarının doğrudan ve dolaylı kaynaklarından biri de tarım sektörüdür. Tarımsal üretimde kullanılan gübre, elektrik, pestisitler, tarım makineleri ve yakıt gibi girdiler, yüksek enerji tüketimi gerektirmektedir. Bu enerji ihtiyacının büyük kısmı fosil yakıtlarla karşılandığı için atmosfere önemli miktarda karbon salınımı gerçekleşmektedir (Tziliavakis ve ark., 2005). Küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %12'si tarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (IPCC, 2019). Bu bağlamda, tarımsal üretimde enerji kullanımının ve karbon emisyonlarının doğru yönetilmesi, sürdürülebilir tarım için kritik bir rol oynamaktadır.

Tarım sektörü, hem iklim değişikliğine neden olan faktörlerin oluşumunda rol oynar hem de iklim değişikliğinden en çok etkilenen sektörlerin başında gelir. Bunun temel nedeni, tarımsal üretimin tamamen doğa koşullarına bağımlı olmasıdır (Candemir ve ark., 2024). İklim parametrelerindeki değişiklikler, bitki gelişim süreçlerini, verimliliği ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda, iklimdeki dalgalanmalar tarımsal ürünlerin üretim desenlerini değiştirerek birçok bölgede tarımın sürdürülebilirliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Narenciye üretiminin yoğun olduğu Akdeniz havzasındaki ülkeler arasında yer alan Türkiye'de, özellikle mandarin üretimi iklim değişikliklerinden ciddi şekilde etkilenmektedir. Sıcaklıklardaki dalgalanmalar, mandarin verimi ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye'nin toplam narenciye üretiminin %37,50'sini karşılayan mandarin (*Citrus reticulata*), başlıca Adana (%44,81), Mersin (%10,51) ve Muğla (%1) illerinde yetiştirilmektedir (TUIK, 2024). Bununla birlikte, mandarin üretiminde kullanılan gübre, sulama ve pestisit gibi girdiler, yüksek enerji tüketimine ve karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır.

Mandarin üretiminde çevresel etkilerin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının ölçülmesi gerekmektedir. Bu tür hesaplamalar hem enerji tasarrufunu sağlayacak hem de karbon emisyonlarını azaltacak politika önerilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Birçok araştırmacı meyvecilik üretimin (Candemir ve ark., 2024; Say ve ark., 2024; Souza ve ark., 2024; Özbeke vd., 2023; Dokumacı ve ark., 2023; Karamürsel ve ark., 2023; Qi vd., 2023; Kadakoğlu ve ark., 2022; Gökduman ve ark., 2022; Gökdoğan ve ark., 2022; Daizy ve ark., 2021; Bhatti ve Fazal, 2021; Gökdoğan ve Baran, 2017)

yanı sıra narenciye üretiminin (Oğuz ve Oğuz, 2022; Pergola ve ark., 2013; Özkan ve ark., 2004) ve mandarin üretiminin (Karabat ve Aydın, 2018; Mohammadshirazi ve ark., 2012) enerji kullanımı ve karbon emisyonları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Coğrafi konumu, iklim özellikleri ve verimli toprakları sayesinde Türkiye, tarımsal üretim potansiyeli yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkede narenciye üretimi, ağırlıklı olarak Akdeniz ve Ege bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Hem iç pazar hem de ihracat için önemli bir ürün olan mandarin, yoğun enerji tüketimi ve çevresel etkileri nedeniyle detaylı analiz edilmesi gereken bir tarım ürünüdür.

Bu araştırma, Adana ilinde mandarin üretiminde ortaya çıkan enerji kullanımı ve karbon emisyonlarını belirlemeyi ve bu alanlarda iyileştirme sağlayacak stratejiler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, araştırmanın amacı ve gerekçesi mevcut literatür çerçevesinde ele alınmıştır. İkinci bölümde, örneklem ve analiz yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, elde edilen bulgular literatürle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Son bölümde ise araştırmanın ana sonuçları ile birlikte enerji verimliliğini artıracak ve karbon emisyonlarını düşürecek strateji önerilerine yer verilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz bölgesinde yer alan Adana ili, hem tarla bitkileri hem de sebze ve meyve üretiminde önemli tarımsal potansiyele sahip illerden biridir. Coğrafi olarak 36°30'-38°25' kuzey enlemleri ve 34°48'-36°41' doğu boylamları arasında bulunan Adana, Türkiye'nin mandarin üretiminde de önemli bir paya sahiptir. Bu çalışmada birincil veriler, Adana'daki mandarin üreticileriyle yüz yüze yapılan anketler aracılığıyla toplanmıştır. Anket sayısının belirlenmesinde ise aşağıda belirtilen yöntem kullanılmıştır (Newbold, 1995).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

$$D=d/t$$

Örnek hacmi n ile gösterilirken, p ise popülasyonda belirli bir özelliğe sahip bireylerin oranını belirtmektedir. Eğer bu oran bilinmiyorsa, örnek hacmini maksimize etmek adına genellikle %50 (0,5) varsayımı yapılır. p dışındaki bireylerin oranı q = 1-p formülü ile hesaplanabilir. Oranın varyansını belirlemek için, hata payı (%) tablo değerine bölünmelidir. Güven aralığını hesaplamada, veri sayısı 30'u aşmadığında t değeri, 30'u geçtiğinde ise z değeri kullanılmalıdır. Kabul edilebilir hata miktarı (d), hata payı (%) ile ortalamanın çarpılması sonucunda elde edilir. Bu çalışmada, birincil verileri toplamak amacıyla örnekleme yöntemi kullanılarak toplam 35 mandarin üreticisiyle görüşülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanının haritası
Figure 1. Map of the study area

Tablo 1 Mandarin üretiminde çıktı ve girdilerin enerji içeriğini hesaplamak için standart katsayılar
Table 1 Standard coefficients for calculating the energy content of output and input in mandarin orange production

Girdiler	Birim	Enerji eşdeğeri (MJ unit ⁻¹)	Kaynaklar
İşgücü	H	1.96	Mani ve ark. (2007); Karaağaç ve ark. (2011)
Makineleşme			
Traktör	H	64.8	Singh ve ark. (2002)
Pulluk	H	18.7	Singh ve ark. (2002)
Pestisit			
Herbisit	Kg	238	Khoshroo and Mulwa (2014); Rafiee ve ark. (2010); Candemir ve ark. (2024)
Insektisit	Kg	278	Yılmaz ve Bayav (2023); Aydın ve Aktürk (2018)
Organik gübre			
Çiftlik gübresi	Kg	0.30	Singh ve ark. (2002)
Kimyasal gübre			
Azot	Kg	60.60	Singh ve ark. (2002); Ozalp ve ark. (2018)
Fosfor	Kg	11.10	Mandal ve ark. (2002); Ozalp ve ark. (2018)
Potasyum	Kg	6.70	Mandal ve ark. (2002)
Diğerleri			
Motorin	L	56.31	Singh ve ark. (2002)
Elektrik	kWh	3.60	Ozkan ve ark. (2004)
Taşıma	MJ.t.km	4.5	Fluck (1982); Kitani (1999)
Çıktı	Birim	Enerji eşdeğeri (MJ unit ⁻¹)	Kaynaklar
Mandarin	Kg	1.9	Özkan ve ark. (2004)

Adana ilinde mandarin üretiminin yoğun olduğu bölgeler, gayeli bir seçimle belirlenmiştir. Araştırmada, mandarin üretiminde kullanılan gübre, pestisit, elektrik, dizel ve sulama gibi girdilerin miktarları hesaplanarak, bunların enerji eşdeğerleri ve karbon emisyonları analiz edilmiştir. Öncelikle enerji eşdeğerleri tespit edilmiş, ardından bu veriler kullanılarak karbon emisyon hesaplamaları gerçekleştirilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

Muz üretiminde enerji verimliliğini ölçmek amacıyla, Mandal ve arkadaşları (2002) ile Singh ve arkadaşları (2002) tarafından geliştirilen denklemler kullanılmıştır. Bu yöntemle enerji çıktısı/girdisi oranı, enerji verimliliği ve enerji etkinlik katsayıları hesaplanmıştır. Net enerji değeri ise, toplam enerji çıkısından toplam enerji girdisinin çıkarılmasıyla belirlenmiştir.

$$\text{Enerji kullanım etkinliği} = \frac{\text{Enerji çıktısı} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)}{\text{Enerji girdisi} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)} \quad (1)$$

$$\text{Özgül enerji} = \frac{\text{Enerji çıktısı} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)}{\text{Verim} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right)} \quad (2)$$

$$\text{Enerji verimliliği} = \frac{\text{Verim} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right)}{\text{Enerji girdisi} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{ha}} \right)} \quad (3)$$

$$\text{NE} = \text{EÇ} - \text{EG} \quad (4)$$

NE: Net enerji, EÇ: Enerji çıktısı (MJ ha⁻¹), EG: Enerji girdisi (MJ ha⁻¹)

Bir hektar mandarin üretimine ilişkin sera gazı (GHG) emisyonları (kgCO₂-eqkg⁻¹), Hughes ve ark. (2011) tarafından geliştirilen yöntemle hesaplanmıştır. Bu hesaplama, girdi 'i'nin uygulama oranı (unitinputha⁻¹) olarak ifade edilen R(i) ile girdi 'i'nin GHG emisyon katsayısını (kgCO₂-equnitinputha⁻¹) temsil eden EF(i) değerinin çarpılması ve tüm girdilerin toplamının alınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak, kgCO₂-eq emisyonlarının kg verim başına dağılımını belirlemek için, Houshyar ve ark. (2015) tarafından önerilen formüle göre bir endeks oluşturulmuştur. Bu formülde, 'IGHG' sera gazı oranını, 'Y' ise hektar başına kilogram cinsinden verimi ifade etmektedir (Eren ve ark., 2019a).

$$\text{GHG}_{ha} = \sum_{i=1}^n R(i) \times EF(i) \quad (5)$$

$$\text{IGHG} = \frac{\text{GHG}_{ha}}{Y} \quad (6)$$

Araştırma Bulguları ve Tartışma

2021 üretim sezonunda mandarin üreticilerinin ortalama verimi 82.411,76 kg/ha olarak belirlenmiştir. Toplam enerji girdisi (EI) ise 69.045,29 MJ/ha olarak hesaplanmış ve bu veriler Tablo 3'te sunulmuştur. Enerji girdilerinin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, en büyük payın %33,88 oranla (14.095,37 MJ/ha) kimyasal gübrelere ait olduğu görülmektedir.

Tablo 2 Üretimdeki sera gazı emisyon katsayıları
 Table 2 GHG emissions coefficients in production

Girdiler	Birim	Sera Gazı Eşdeğeri (kgCO ₂ -eq unit ⁻¹)	Kaynaklar
İşgücü	H	0.700	Houshyar ve ark. (2015)
Makineleşme	MJ	0.071	Pisghar-Komleh ve ark. (2012); Eren ve ark. (2019b)
Çiftlik gübresi	Ton	0.029	Meisterling ve ark. (2009)
Herbisit	Kg	6.300	Graefe ve ark. (2013)
Insektisit	Kg	5.100	Sezer (2014)
Azot	Kg	1.300	Lal (2004); Ozalp ve ark. (2018)
Fosfor	Kg	0.200	Lal (2004); Ozalp ve ark. (2018)
Potasyum	Kg	0.200	Taghavifar and Mardani (2015)
Motorin	L	2.760	Dyer and Desjardins (2006); Candemir ve ark. (2024)
Elektrik	kWh	0.608	Khoshnevisan et al (2014)
Taşıma	Kg	0.150	Meisterling ve ark. (2009); Eren ve ark. (2019b)

Tablo 3 Mandarin üretiminde enerji kullanım etkinliği
 Table 3 Efficiency of Energy Use in Mandarin production

Girdiler	Birim	Enerji eşdeğeri (MJ unit ⁻¹)	Hektar başına girdi kullanımı (unit ha ⁻¹)	Enerji değeri (MJ ha ⁻¹)	Oran (%)
İşgücü	-	-	131,21	257,18	0,62
Budama	Hours	1,96	7,70	15,10	0,04
Toprak işleme (2 kez)	Hours	1,96	3,44	6,74	0,02
Gübreleme	Hours	1,96	38,05	74,58	0,18
İlaçlama	Hours	1,96	17,91	35,11	0,08
Sulama	Hours	1,96	30,47	59,72	0,14
Hasat	Hours	1,96	20,99	41,14	0,10
Ulaşım	Hours	1,96	12,65	24,79	0,06
Makine	-	-	49,87	3039,21	7,30
Traktör	Hours	64,08	46,42	2974,86	7,15
Pulluk (2 kez)	Hours	18,70	3,44	64,35	0,15
Pestisitler	-	-	40,24	9611,61	23,10
Herbisitler	Kg	238,00	9,07	2159,34	5,19
Fungisit	Kg	216,00	19,54	4219,97	10,14
İnsektisit	Kg	278,00	11,63	3232,30	7,77
Kimyasal gübreler	-	-	-	14095,37	33,88
Azot	Kg	60,60	190,72	11557,49	27,78
Fosfor	Kg	11,10	170,11	1888,18	4,54
Potasyum	Kg	6,70	96,97	649,70	1,56
Motorin	L	56,31	60,56	3410,18	8,20
Sulama suyu	m ³	1,02	9766,17	9961,50	23,94
Elektrik	kWh	3,60	322,06	1159,41	2,79
Taşıma	MJ.t.km	4,50	15,59	70,15	0,17
Toplam girdi	-	-	-	41604,60	100,00
Çıktı	Unit	Enerji eşdeğeri (MJ / unit)	Hektar başına çıktı (unit ha ⁻¹)	Enerji değeri (MJ ha ⁻¹)	Oran (%)
Mandarin meyvesi	Kg	1,90	82411,76	156582,35	100,00
Toplam çıktı	-	-	-	156582,35	100,00

Kimyasal gübreleri %23,94 (9.961,50 MJ/ha) ile sulama suyu, %23,10 (9.611,61 MJ/ha) ile pestisitler, %8,20 (3.410,18 MJ/ha) ile dizel yakıt, %7,30 (3.039,21 MJ/ha) ile makine kullanımı ve %2,79 (1.159,41 MJ/ha) ile elektrik izlemektedir. Mandarin üretim sisteminin toplam enerji çıktısı (EO) ise 156.582,35 MJ/ha olarak hesaplanmıştır.

Karabat ve Aydın (2017), mandarin üretiminde en büyük enerji kaynağının %60,48 ile gübrelerden sağlandığını belirtmiştir. Namdari ve arkadaşları (2011) ise yakıtın toplam enerji girdileri arasında %24 ile ilk sırada yer aldığını ve gübrelerin %23 ile ikinci sırada olduğunu

ifade etmişlerdir. Loghmanpour ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada, mandarin üretiminde gübrelerin toplam enerji girdileri içindeki payını %36,30 olarak saptamışlardır. Benzer şekilde, Özbek ve çalışma arkadaşları (2023) limon üretiminde kimyasal gübre kullanımının %49,68 ile enerji girdilerinde en yüksek paya sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tablo 4'te mandarin üretiminde enerji kullanımına ilişkin çeşitli indeksler yer almaktadır. Yapılan hesaplamalara göre, mandarin üretiminde meyve verimi 82.411,76 kg/ha, enerji girdisi (EI) 41.604,60 MJ/ha ve enerji çıktısı (EO) 156.582,40 MJ/ha olarak belirlenmiştir.

Enerji kullanım etkinliği (EUE) 3,77, spesifik enerji (SE) 0,51 MJ/kg, enerji verimliliği (EP) 1,98 kg/MJ ve net enerji (NE) ise 114.977,80 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Önceki çalışmalarda Karabat ve Aydın (2018), mandarin üretiminde enerji verimliliğini benzer şekilde 2,24 olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 5'te mandarin üretiminde kullanılan doğrudan enerji (DE), dolaylı enerji (IDE), yenilenebilir enerji (RE) ve yenilenemeyen enerji (NRE) değerleri gösterilmiştir. Mandarin üretiminde toplam enerji girdileri, DE için %35,54 (14.788,27 MJ), IDE için %64,46 (26.816,33 MJ), RE için %24,56 (10.218,67 MJ) ve NRE için %75,44 (31.385,92 MJ) olarak hesaplanmıştır. Önceki çalışmalara bakıldığında, Karabat ve Aydın (2018) doğrudan enerji oranını %21,98 olarak belirlerken, Namdari ve ark. (2011) bu oranı %58,82 ve Loghmanpour ve ark. (2013) %12 olarak bildirmiştir.

Tablo 6'da mandarin üretiminde kullanılan girdilerin miktarları ve bunlara karşılık gelen karbon emisyon eşdeğerleri gösterilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, mandarin üretiminin toplam karbon emisyonu 954,69 kgCO₂-eq ha⁻¹ (0,954 tonCO₂-eq ha⁻¹) olarak

belirlenmiştir. Emisyon kaynakları incelendiğinde, en büyük payın azotlu gübre kullanımına ait olduğu görülmüş ve bu kaynağın emisyonu 247,93 kgCO₂-eq ha⁻¹ (%25,97) olarak hesaplanmıştır. Elektrik kullanımından kaynaklanan karbon emisyonları 195,82 kgCO₂-eq ha⁻¹ (%20,51) ile ikinci sırada yer alırken, dizel tüketimine bağlı emisyonlar ise 167,15 kgCO₂-eq ha⁻¹ (%17,51) ile üçüncü sırada gelmiştir. 1 kg mandarin üretimi başına düşen karbon emisyonu ise 0,011 kgCO₂-eq ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Nabavi-Pelesaraei ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada mandarin üretiminde toplam karbon emisyonunu 622 kgCO₂-eq ha⁻¹ olarak belirlemiş ve en yüksek emisyon kaynağının gübre kullanımı olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki mandarin üretim sürecinde gerçekleşen enerji tüketimi ve karbon emisyonlarını kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Araştırmada, enerji verimliliği göstergeleri ve karbon emisyonlarının analiz edilmesi yoluyla, mandarin üretiminde enerji kullanımının etkinliği ortaya konmuştur.

Tablo 4 Mandarin üretiminde Enerji kullanım etkinliği hesaplamaları

Table 4 Efficiency of Energy Use calculations in mandarin production

Hesaplamalar	Birim	Sonuç
Mandarin verimi	kg ha ⁻¹	82411,76
EI	MJ ha ⁻¹	41604,60
EO	MJ ha ⁻¹	156582,40
EUE	-	3,77
SE	MJ kg ⁻¹	0,51
EP	kg MJ ⁻¹	1,98
NE	MJ ha ⁻¹	114977,80

Tablo 5 Mandarin üretiminde enerji çeşitlerinde enerji girdileri

Table 5 Energy inputs in the varieties of energy for mandarin production

Enerji grubu	Enerji girdisi (MJ ha ⁻¹)	Oran (%)
DE	14788,27	35,54
IDE	26816,33	64,46
Total	41604,60	100,00
RE	10218,67	24,56
NRE	31385,92	75,44
Toplam	41604,60	100,00

Tablo 6 Mandarin üretiminde sera gazı emisyonu

Table 6 GHG emissions in mandarin production

Girdiler	Birim	GHG katsayısı (kg CO _{2eq} unit ⁻¹)	Girdi kullanımı per area (unit ha ⁻¹)	GHG emisyonu (kg CO _{2eq} ha ⁻¹)	Oran (%)
İşgücü	H	0.700	131,2	91,85	9,62
Makineleşme	MJ	0.071	49,9	3,54	0,37
Herbisit	Kg	6.30	9,1	57,16	5,99
Fungusit	Kg	3.90	11,6	59,30	6,21
İnsektisit	Kg	5.1	19,5	76,19	7,98
Azot	Kg	1.300	190,7	247,93	25,97
Fosfor	Kg	0.200	170,1	34,02	3,56
Potasyum	Kg	0.200	97,0	19,39	2,03
Motorin	L	2,76	60,6	167,15	17,51
Elektrik	kWh	0.608	322,1	195,81	20,51
Taşıma	Kg	0.15	15,6	2,34	0,24
Toplam	-	-	-	954,69	100,00
GHG oranı (per kg)	-	-	-	0,011	-

Elde edilen sonuçlara göre, mandarin üretiminde enerji çıktısı (EO=156582,40 MJ ha⁻¹) enerji girdisinden (EI=41604,60 MJ ha⁻¹) daha yüksek olup, bu durum üretim sürecinin enerji açısından verimli olduğunu göstermektedir. Mandarin üretimi sırasında ortaya çıkan toplam karbon emisyonu 954,69 kgCO₂-eq ha⁻¹ olarak hesaplanmış, bir kilogram mandarin üretimi için karbon emisyonu ise 0,011 kgCO₂-eq ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. Enerji kullanımı ve karbon salınımında en büyük payın kimyasal gübre kullanımına ait olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal gübrelerin yüksek sera gazı emisyonuna neden olması, çevresel açıdan ciddi riskler doğurmaktadır. Bu nedenle, kimyasal gübre tüketiminin azaltılması veya organik ve çevre dostu alternatiflere (örneğin, çiftlik gübresi) yönelmesi gerekmektedir. Böylelikle hem çevresel sürdürülebilirlik sağlanabilir hem de üretim maliyetleri azaltılabilir. Araştırma, mandarin üretiminde kullanılan enerji kaynaklarının %75,44'ünün yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlandığını ortaya koymuştur. Bu durum, yalnızca mandarin üretiminde değil, genel olarak tarım sektöründe sürdürülebilirlik açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. Tarım sektöründe yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi hem enerji verimliliğini artıracak hem de çevresel etkileri minimize edecektir. Türkiye ve dünya genelinde, tarımda yenilenebilir enerjiye geçişin desteklenmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarını güçlendirecek önemli bir adım olacaktır.

Etik Kurul Beyanı

Bu araştırmanın etik kurul onayı Malatya Turgut Özal Üniversitesi Sosyal Bilimler ve İnsan Araştırmaları Etik Kurulundan 26.02.2025 tarih ve E-35841939-050-287981 sayı no'su ile alınmıştır.

Kaynaklar

- Aydın, B., & Aktürk, D. (2018). Energy use efficiency and economic analysis of peach and cherry production regarding good agricultural practices in Turkey: A case study in Çanakkale province. *Energy*, 158, 967-974. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.087>
- Baran M, Gökdoğan O, Oğuz H (2017) Determining the Energy Usage Efficiency of Walnut (*Juglans Regia* L.) Cultivation in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 59(1).
- Bhatti, M. A., & Fazal, S. (2021). Impact of modernized agriculture and trade on carbon emissions: The role of fossil fuel and renewable energy consumption evidenced from ASEAN states. *Irased Journal of Energy & Environment*, 2(2), 55–66. <https://doi.org/10.52131/jee.2021.0202.0017>
- Candemir, S., Ağızan, K., Doğan, H. G., Bayramoğlu, Z., & Akdoğan, A. (2024). Energy use and carbon emissions of walnut production in Türkiye. *Applied Fruit Science*, 66(4), 1347–1354. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01142-4>
- Daizy, A. F., Anjum, M. I., Arman, M. R., Nazia, T., & Shah, N. (2021). Long-run impact of globalization, agriculture, industrialization, and electricity consumption on the environmental quality of Bangladesh. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(6), 438–453. <https://doi.org/10.32479/ijee.11817>
- Dokumacı, Y.K., Özbek, O. & Gökdoğan, O. (2023). Enerji Dengesi ve Sera Gazı (GHG) Tayini. *Erwerbs-Obstbau* 65 , 2597–2603. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00960-2>
- Dyer JA, Desjardins RL (2006) Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosyst Eng* 93(1):107-118
- Eren O, Baran MF, Gokdogan O (2019b) Determination of greenhouse gas emissions (GHG) in the production of different fruits in Turkey. *Fresenius Environ Bull* 28(1):464-472
- Eren O, Gokdogan O, Baran MF (2019a) Determination of greenhouse gas emissions (GHG) in the production of different plants in Turkey. *Fresenius Environ Bull* 28(2A):1158-1166
- Fluck RC, Baird CD (1982) *Agricultural Energetics*. Connecticut: AVI.
- Gokdogan O, Baran MF (2017) Determination of energy use efficiency of some apple (*Malus x domestica*) production in Turkey: a case study of Eğirdir region. *Erwerbs-Obstbau* 59:13-18
- Gökdoğan, O., Baran, M. F., Eren, Ö., & Oğuz, H. İ. (2022). Determination of energy use efficiency and greenhouse gas (GHG) emissions of pistachio (*Pistacia vera* L.) production in Adıyaman province. *Erwerbs-Obstbau*, 64(2), 291–297. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00613-2>
- Gökdoğan, M. E., Gökdoğan, O., & Yılmaz, D. (2022). Determination of energy-economic balance and greenhouse gas (GHG) emissions in avocado production. *Erwerbs-Obstbau*, 64(4), 759–766. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00742-2>
- Graefe S, Tapasco J, Gonzalez A (2013) Resource use and greenhouse gas emissions of eight tropical fruits species cultivated in Colombia. *Fruits* 68(4):303–314
- Houshyar E, Dalgaard T, Tarazgar MH, Jorgensen U (2015) Energy input for tomato production what economy says, and what is good for the environment. *J Clean Prod* 89:99-109
- Hughes DJ, West JS, Atkins SD, Gladders P, Jeger MJ, Fitt BD (2011) Effects of disease control by fungicides on greenhouse gas emissions by UK arable crop production. *Pest Manag Sci* 67:1082-1092
- IPCC, 2019, *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY (2019)
- Kadağlı, B., Bayav, A., Karlı, B. (2022). Walnut Production Projection and Competitiveness Analysis in Turkey. *Fruit Science*, 9(1), 8-15. <https://doi.org/10.51532/meyve.1125552>
- Karaağaç HA, Aykanat S, Çakır B, Eren Ö, Turgut MM, Barut ZB, Öztürk HH (2011) Energy balance of wheat and maize crops production in Hacıali undertaking. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress, Istanbul, Turkey, 21-23 September, 388-391
- Karabat, S., Aydın, B., (2018) İyi tarım uygulamalarının Mandarin üretiminde enerji kullanımı etkinliği ve ekonomik analiz üzerine etkisi; İzmir ili örneği. *Toprak Su Dergisi* 7(1): 1-10 <https://doi.org/10.21657/topraksu.410087>
- Karamürsel, ÖF, Karamürsel, D., Bayav, A., Öztürk, FP (2023). Economic Analysis and Energy Efficiency of Different Training Systems and Planting Densities in Plum Cultivation. *Erwerbs-Obstbau*, 65, 2305–2313. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00931-7>
- Khoshnevisan B, Shariati HM, Rafiee S, Mousazadeh H (2014) Comparison of energy consumption and GHG emissions of open field and greenhouse strawberry production. *Renew Sustain Energy Rev* 29:316-324
- Khoshroo A, Mulwa R (2014) Improving energy efficiency using data envelopment analysis: a case of walnut production. *Managing Service Productivity: Using Frontier Efficiency Methodologies and Multicriteria Decision Making for Improving Service Performance*, 227-240.

- Kitani O (1999) Energy for biological systems. In: The International Commission of Agricultural Engineering (ed) CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Energy and Biomass Engineering, vol V (J Ortiz-Cañavate and JL Hernanz). American Society of Agricultural Engineers 13-39
- Lal R (2004) Carbon emission from farm operations. *Environ Int* 30:981-990
- Loghmanpor Zarini R, Tabatabaekoloor R, Akram A (2013). Energy use in citrus production of Mazandaran province of Iran. *African Crop Science Journal*, 21(1): 61-65.
- Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, Bandyopadhyay KK (2002) Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy* 23:337-345
- Mani I, Kumar P, Panwar JS, Kant K (2007) Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hill regions of Himachal Pradesh. *India Energy* 32:2336-2339
- Meisterling K, Samaras C, Schweizer V (2009) Decisions to reduce greenhouse gases from agriculture and product transport: LCA case study of organic and conventional wheat. *Journal of Cleaner Production* 17:222-230
- Mohammadshirazi A, Akram A, Rafiee S, Mousavi Avval SH, Kalhor EB (2012) An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. *Renew Sustain Energy Rev* 16:4515-4521. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.11.020>
- Nabavi-Pelesaraei, A., Kouchaki-Penchah, H., & Amid, S. (2014). Modeling and optimization of CO₂ emissions for tangerine production using artificial neural networks and data envelopment analysis. *International Journal of Biosciences*, 4, 148-158. Retrieved from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:98546622>.
- Namdari M, Kangarshahi AA, Amiri NA (2011). Input-output energy analysis of citrus production in Mazandaran province of Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 6(11): 2558-2564
- Newbold P., 1995. *Statistics for Business and Economics*, Prentice-Hall International, New Jersey
- Oğuz, H. İ., & Oğuz, İ. (2023). Determination of energy usage efficiency and greenhouse gas emissions of lemon (*Citrus limon* L.) production in Turkey: A case study from Mersin province. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4), 861-869. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00702-w>
- Ozalp A, Yilmaz S, Ertekin C, Yilmaz I (2018) Energy analysis and emissions of greenhouse gases of pomegranate production in Antalya province of Turkey. *Erwerbs-Obstbau* 60(4):321-329
- Özbek O, Dokumacı KY, Gökdoğan, O (2023). Analysis of Energy Use Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Lemon (*Citrus lemon* L.) Production in Turkey, *Erwerbs-Obstbau* 65:1705-1712
- Ozkan B, Kurklu A, Akcaoz H (2004) An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy* 26:89-95
- Ozkan, B., Akcaoz, H., & Karadeniz, F. (2004). Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(11-12), 1821-1830. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.10.002>
- Pergola, M., D'Amico, M., Celano, G., Palese, A. M., Scuderi, A., Di Vita, G., Pappalardo, G., & Inglese, P. (2013). Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: An energy, economic, and environmental analysis. *Journal of Environmental Management*, 128, 674-682. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.007>
- Pishgar-Komleh SH, Ghahderijani M, Sefeedpari P (2012) Energy consumption and CO₂ emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner production*, 33, 183-191.
- Qi, Y., Liu, H., & Zhao, J. (2023). Prediction model and demonstration of regional agricultural carbon emissions based on Isomap-ACO-ET: A case study of Guangdong Province, China. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39996-5>
- Rafiee S, Avval SHM, Mohammadi A (2010) Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35(8), 3301-3306.
- Say, S. M., Günindi, B., Şehri, M., & Yalçınkaya, N. M. (2024). Energy efficiency and carbon footprint analysis of sweet cherry cultivation processes in Türkiye: The case of Niğde province. *Applied Fruit Science*, 66(3), 863-874. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01083-y>
- Sezer, B. 2014. Karbon Salınımı ve Toprak Yönetimi. www.tarim.gov.tr/ABOGM/Belgeler.
- Singh H, Mishra D, Nahar NM (2002) Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India-part I. *Energy Convers Manag* 43(16): 2275-2286
- Souza, C. V., Ventura, J. A., de Souza, J. L., Silva, D. M., & de Mattos, C. A. S. (2024). Energy sustainability in viticulture in a hot climate region in Brazil. *Applied Fruit Science*, 66(3), 973-982. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01056-1>
- Taghavifar H, Mardani A (2015) Prognostication of energy consumption and greenhouse gas emissions analysis of apple production in West Azerbaijan in Iran using artificial neural network. *J Clean Prod* 87:159-167
- TUIK, (2024). Turkish Statistical Institute, crop production statistics
- Tzilivakis, J., Warner, D. J., May, M., Lewis, K. A., & Jaggard, K. (2005). An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85(2), 101-119.
- Yılmaz, A., Bayav, A. (2023). Determination of Energy Efficiency in Almond Production According to Variety: A Case Study in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 65, 971-979. <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00728-0>