

Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme–Ekim Sistemlerinin Enerji Kullanım Etkinliği Yönünden Karşılaştırılması

Zinnur GÖZÜBÜYÜK¹, İsmail ÖZTÜRK², Ahmet ÇELİK², Salih EVREN¹, Erdal DAŞCI¹,
Mesut Cemal ADIGÜZEL¹

¹Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Erzurum

²Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Erzurum
zgozubuyuk2001@yahoo.com

Geliş Tarihi (Received): 16.06.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 12.07.2015

Özet: Erzurum yöresinde, 2004–2007 yıllarında fiğ, buğday ve ayçiçeği, münavebeleri esas alınarak yürütülen bu çalışmada, ayçiçeği üretiminin geleneksel toprak işleme–ekim sistemine alternatif olabilecek, farklı toprak işleme–ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır. Denemede yer alan toprak işleme–ekim sistemleri; Geleneksel toprak işleme (S₁, kulaklı pulluk+diskli tırmık+kombikrüm+ekim makinası), Azaltılmış toprak işleme–1 (S₂, kültivatör+kombikrüm+ekim makinası), Azaltılmış toprak işleme–2 (S₃, dik rotavatör+ekim makinası) ve Doğrudan ekim (S₄, doğrudan ekim makinası)' den oluşmuştur.

Enerji kullanım etkinliği yönünden toprak işleme–ekim sistemlerinin karşılaştırılmasında; yakıt–yağ, insan iş gücü, makina imalat, gübre ve tohum girdilerinin eşdeğer enerji miktarları ile ayçiçeği veriminden elde edilen eşdeğer enerji çıktı değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerden hareketle enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji (MJ/kg), enerji üretkenliği (kg/MJ) ve net enerji verimi (MJ) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; S₂ sisteminde en yüksek verim değeri (3914 kg/ha) elde edilmiş, bunu S₁, S₃ ve S₄ sistemleri takip etmiştir. Toplam enerji girdilerinde, sistemleri oluşturan tarım alet/makinaları arasında birim alan (ha) başına yakıt–yağ enerji girdisinde en yüksek değeri pulluk oluşturmuş, bunu dik rotavatör, kültivatör, ekim makinaları (pnömatik ve doğrudan), ve biçerdöver takip etmiştir. Sistemlerin enerji tüketim oranlarına bakıldığında, toprak analiz sonucuna göre verilen kimyasal gübre, tartışmasız en yüksek enerji girdi oranına sahip olmuştur. Bunu yakıt–yağ, makina imalat, tohum ve insan iş gücü enerji oranları takip etmiştir. Sistemler arasında enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji üretimi açısından S₂ en iyi sonucu vermiş, bunu sırasıyla S₃, S₁ ve S₄ sistemleri takip etmiştir.

Anahtar kelimeler: Doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme, enerji çıktı/girdi oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, ayçiçeği

Comparison Of Various Tillage–Seeding Systems In Terms Of Energy Use Efficiency In Production Of Sunflower

Abstract: The aim of this study was to compare the efficiency of energy use of various tillage–seeding systems as an alternative to conventional tillage–planting system in sunflower production in Erzurum region in the years 2004–2007. The tillage–seeding systems considered in the experiment consist of; Conventional tillage (S₁, moldboard plough+disc harrow+ combined harrows+seeder), Reduced tillage–1 (S₂, cultivator+combined harrows+seeder), Reduced tillage–2 (S₃, rotary power harrow+seeder), No-till seeding (S₄, no-till seeder).

In comparison of tillage–seeding systems in terms of energy use efficiency; the amount of energy equivalent to fuel–oil, human labor, machinery manufacturing, fertilizer and seed inputs was determined as energy inputs and the amount of energy equivalent to sunflower yield was determined as energy output. Starting from this point, the energy output/input ratio, specific energy (MJ/kg), energy productivity (kg/MJ) and net energy efficiency (MJ) were determined. According to the results, the highest sunflower yield was obtained with S₂ system (3914 kg/ha),

followed by the S_1 , S_3 and S_4 systems. Of the total energy input, in agricultural equipment that make the systems, moldboard plow caused the highest fuel–oil energy input per unit area (ha), followed by rotary power harrow, cultivator, seeder (pneumatic seeder and no–till seeder) and combine. When looking at the energy consumption rate of the systems, the chemical fertilizers spread according to soil analysis results has indisputable the highest rate of energy input followed by fuel–oil, machinery manufacturing, seed and human labor energy rates. In terms of energy output/input ratio, specific energy, energy productivity and net energy production the best results obtained from S_2 system followed by S_3 , S_1 and S_4 systems.

Key words: Direct seeding, reduced tillage, energy output/input ratio, specific energy, energy productivity, sunflower

GİRİŞ

Üretimde nitel ve nicel artışları sağlamak amaç edinildiğinde, ileri tarım tekniklerinin kullanımı kaçınılmaz olmuştur. Tarımsal üretimin ilk aşaması ise ana üretim kaynağı olan toprağı işlemekle başlar. Toprak işleme tarımsal üretimdeki iş zinciri içerisinde en fazla güç ve zaman gereksinimine neden olan işlemlerdir. Toprak işleme ile ürün veriminin artırılması veya eşdeğer ürünün daha az masrafla elde edilmesi düşüncesi, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez tarım sistemlerini ön plana çıkarmıştır.

Farklı toprak işleme–ekim yöntemleri üzerine yapılan araştırmalarda, geleneksel toprak işleme yöntemine göre azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez doğrudan anıza ekim yönteminin büyük ölçüde zaman ve yakıt tasarrufu sağladığı, enerji, işgücü tutumluluğu, zamanlılık, nem korunumu, toprak yapısını koruma, daha iyi bitki kök gelişimi, özellikle 5 cm altındaki derinliklerde daha fazla boşluk hacmi gibi üstünlüklerinin olduğu ve ürün verimi açısından yöntemler arasında çok fazla farklılık olmamasına karşın geleneksel yöntemlere göre diğer iki yöntemin daha ekonomik olduğu görülmektedir (Griffith ve Parson, 1981).

Geleneksel toprak işleme, koruyucu toprak işleme ve özellikle sıfır toprak işleme göre makine yatırımı, bakım-onarımı, iş gücü bakımından daha yüksek girdilere ihtiyaç duymaktadır. Yapılan araştırmalar genel olarak koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekimin enerji verimliliğini % 25–100 arttırdığı, enerji ihtiyacını da % 15–50 arasında azalttığını ortaya koymuştur (Anonim, 1).

Çakır ve Keçecioğlu (1988), tarımsal işlemler içinde en çok enerji tüketilen faaliyetin toprak işleme olduğunu, bunun tarımsal işlemler için kullanılan enerjinin yaklaşık % 60'ını teşkil ettiğini ve toprağın kulaklı pullukla sürülmesinin bu enerji ihtiyacını en üst düzeye çıkardığını belirtmişlerdir. Toprak işlemede alınacak bazı tedbirlerle enerji tüketiminin azaltılması,

ülke çapında büyük oranda enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Farsaie ve ark., (1985), kışlık kolza, soya fasulyesi, ayçiçeği ve yerfıstığı yağı üretiminde toplam enerji ve yakıt enerjisi girdi ve çıktılarını değerlendirmiştir. Buna göre enerji çıktı/girdi oranı, geleneksel toprak işlemeyle ayçiçeği üretiminde 2.62, toprak işlemez soya üretiminde ise 7.47 olarak hesaplanmıştır. Yakıt enerjisi çıktı/girdi oranı, toprak işlemez kışlık kolza/ayçiçeği üretim sisteminde 13,52 olurken, geleneksel toprak işlemede tam sezon boyunca soya fasulyesi için 1.43 olarak hesaplanmıştır.

Yaldız ve ark., (1993), Türkiye genelinde yapmış oldukları anket çalışmasının sonuçlarına göre pamuk, mısır, ayçiçeği, şekerpancarı, soya, fasulye, patates, nohut, buğday ve arpa üretiminde enerji açısından en fazla girdiye sahip olan gübre, ortalama enerji girdisinin % 45.8'i gibi bir orana sahip olurken bunu % 14.8 ile tohumluk, % 12 ile yakıt izlemiştir. Gelişmiş ülkelerde bu oran, ürünlerin ortalaması olarak % 7 civarındadır. ABD'de yapılan benzeri bir çalışmada gübrenin payı % 21 civarında bulunmuştur (Anonim, 2). Bunun yanında alet/makina ve traktör kullanımı yoluyla enerji girdisi ülkemizde % 8.3 gibi bir orana sahipken, ABD'de bu oran % 12.7 dir. Yine aynı karşılaştırmada, ülkemizde alet/makina kullanımı yoluyla enerji girdisi ortalama 639.1 MJ/ha iken, ABD'de 2827.1 MJ/ha düzeyindedir. Bu karşılaştırma ülkemizde henüz istenilen mekanizasyon düzeyine ulaşamadığını göstermektedir.

Arkan (2011), Adana ilinde kışlık kolza üretiminde gübre enerjisi girdisinin (2929.1 MJ/ha), üretimde kullanılan toplam enerji girdisine oranı, diğer girdilerin oranına kıyasla en yüksek düzeyde olup, % 38.2 olarak belirlenmiştir. Bunun yanında birim alan (ha) için toplam 2734.2 MJ yakıt enerjisi tüketilmiştir. Yakıt enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam enerji girdisine oranı, % 35.7 olarak belirlenmiştir. Toplam enerji çıktısı; sadece tohum verimi dikkate alındığında

68332.1 MJ/ha, tohum ve bitki gövdesi (bitki gövdesi; 20112.9 MJ/ha) dikkate alındığında ise toplam 88445 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Tohum verimi için (2578.6 kg/ha), enerji çıktı/girdi oranı 8.92, özgül enerji 2.97 MJ/kg, enerji üretkenliği 0.34 kg/MJ ve net enerji üretim 60669.7 MJ/ha olarak belirlenmiştir.

Davoodi and Houshyar (2009), İran'da kolza ve ayçiçeği üretimi için tüketilen enerji miktarlarını karşılaştırmışlardır. Anket yoluyla elde ettikleri verilerden hesaplamalar sonucunda, enerji oranı, enerji üretkenliği ve özgül enerji değerleri kolza üretimi için; 2.90;0.12 kg/MJ ve 8.27 MJ/kg, ayçiçeği üretimi için 2.17;0.079 kg/MJ ve 12.52 MJ/kg olarak belirlemişlerdir.

Ekinci ve ark., (2005), Isparta ili elma üretiminde enerji kullanım etkinliğini belirlemek için anket yöntemi ile yaptıkları çalışmada, toplam enerji girdisi 42252.8 MJ/ha olarak belirlenirken, toplam enerji çıktısı ise 69073.2 MJ/ha olarak saptamışlardır. Bu çalışmada enerji kullanım etkinliğinin 1.63, toplam enerji girdisinin % 16.45'inin yenilenebilir enerji kaynakları, % 83.55'inin yenilenemez enerji kaynakları olduğu belirtilmiştir.

Özellikle son yıllarda tarım sektörüne ait enerji tüketim miktarının hızlı bir artış trendi içine girmesi sektörün sürdürülebilir enerji politikaları gereksinimi daha önemli hale getirmektedir. Çizelge 1'e bakıldığında 2006 ve 2011 döneminde tarım sektöründeki enerji kullanımı yüzde 59.4 artış göstermiş ve sektörün nihai enerji tüketimi içerisindeki payı aynı dönemde yüzde 4'den yüzde 6'ya çıkmıştır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan enerji kaynaklarının payına bakıldığında ise son yıllarda devlet tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşviklerle fosil yakıt kullanımında nispeten yavaşlama görülse de sektördeki fosil yakıt kullanımının halen oldukça yüksek olduğu görülmektedir (ETKB, 2013).

Bu çalışmada, Erzurum yöresi tarım koşullarında ayçiçeği üretiminde farklı toprak işleme-ekim

sistemlerinin, enerji girdi ve çıktıları belirlenerek üretimin enerji etkinliğinin saptanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, Erzurum-Pasinler ovasında yer alan Erzurum Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler İstasyonu deneme istasyonunda yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları yapılan analiz sonucuna göre % 49.4 kum, % 24.0 silt ve % 26.6 kil içerdiği belirlenmiş ve bünye sınıfı kumlu killi tın olarak tespit edilmiştir.

Çakılı olarak 9 yıl süreyle yürütülen deneme tesadüf blokları deneme planına göre, üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Denemede; fiğ, buğday ve ayçiçeğinden oluşan üçlü münavebe esas alınmıştır. 15x40 m²'lik parsellerde yürütülen denemelerde uygulanan toprak işleme-ekim sistemleri;

S₁-Geleneksel toprak işleme, (Kulaklı pulluk+diskli tırmık+kombikrüm+diskli ekim makinası)

S₂-Azaltılmış toprak işleme-1, (Kültivatör +kombikrüm+ diskli ekim makinası)

S₃-Azaltılmış toprak işleme-2, (Dik rotovator+diskli ekim makinası)

S₄-Doğrudan ekim (Doğrudan ekim makinası)' den oluşmuştur.

Denemeye Macar fiği (popülasyon çeşidi) ile başlanılmış, münavebe sırasına göre buğday (Bezostaja) ve ayçiçeği ile devam edilmiştir. Yakıt tüketimleri ve iş başarıları deneme esnasında ölçülerek belirlenmiştir. Toprağın gübre ihtiyacı; her bir sistemi oluşturan parsellerinden 0-20 cm işleme derinliğinden alınan toprak verimlilik analizi sonuçlarına göre belirlenmiştir.

Enerji girdilerinin belirlenmesi

Bu çalışmada enerji girdileri, doğrudan ve dolaylı enerji girdileri olarak iki grupta incelenmiştir (Öztürk ve Barut, 2005).

Çizelge 1. Türkiye'de tarım sektörüne ait enerji tüketimi

Yıl / Oran	Tarım sek. Enerji tüketimi (bin tep)	Tarımda petrol tüketimi (bin tep)	Tarımda doğalgaz tüketimi (bin tep)	Tarımda jeotermal tüketimi (bin tep)	Tarımda elektrik tüketimi (bin tep)	Nihai enerji tüketimi (bin tep)	Nihai enerji tarım sektörü payı
2006	3610	3226	0	0	382	77623	4 %
%	100	89.5	0	0	10.5		
2011	5756	4978	20	382	375	86952	6 %
%	100	86.4	0.003	6.6	6.5		

Doğrudan enerji girdileri

Doğrudan enerji girdileri, Ayçiçeği üretimi için doğrudan kullanılan girdilere bağlı olarak hesaplanmıştır. Bu anlamda, üretim işlemleri sırasında, tarım alet/makinaları tarafından tüketilen yakıt ve yağ enerjileri doğrudan enerji girdisi olarak değerlendirilmiştir.

a) Yakıt Enerjisi: Ayçiçeği üretimi işlemleri sırasında kullanılan tarım traktörünün ve hasat işleminde kullanılan biçerdöverin birim alanda tükettiği yakıt miktarı ve tüketilen yakıt enerjisi miktarına bağlı olarak (1) Nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Bir litre diesel yakıtın enerji eş değeri: 35.7 MJ alınmıştır (Ejilaj ve Asere, 2008).

$$YE = YT - YED \quad (1)$$

YE = Yakıt enerjisi (MJ/ha)

YT = Yakıt tüketimi (L/ha)

YED = Yakıtın enerji değeri (MJ/L)

b) Yağ Enerjisi: Denemede kullanılan motor yağı tüketimi nedeniyle gerçekleşen yağ enerjisi girdisi, üretim işlemleri sırasında kullanılan tarım traktörünün ve hasat işleminde kullanılan biçerdöverin birim alanda tükettiği dizel yakıtın %4.5'i olacak şekilde dikkate alınarak (2) Nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Özcan, 1985; Alpkent, 1984). Bir litre diesel motor yağının enerji eş değeri: 6.5 MJ alınmıştır (Ejilaj ve Asere, 2008).

$$MYE = (YT \times 0.045) \times MYED \quad (2)$$

MYE = Motor yağ enerjisi (MJ/ha)

YT = Yakıt tüketimi (L/ha)

MYED = Motor yağı enerji değeri (MJ/L)

Dolaylı enerji girdileri

Denemede kullanılan; insan iş gücü, traktör ve alet/makine imalat enerjisi, kimyasal gübre ve tohumluk üretimi için tüketilen enerji miktarları, dolaylı enerji girdisi olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca sistemlerin enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi için, sistemlerde yer alan her bir alet ve makinanın yakıt tüketimleri ve zaman etütleri belirlenerek, analiz ve değerlendirmeleri ZET bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmıştır (Özden, 1995).

a) İnsan işgücü: Ayçiçeği üretimi sırasında insan işgücüne ilişkin dolaylı enerji tüketimi (3) Nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Dinçer, 1980).

$$IIE = IG \times BIG \quad (3)$$

IIE = İnsan işgücü enerjisi (MJ/ha)

IG = İnsan işgücü (h/ha)

BIG = Birim insan işgücü (MJ/h)

Birim insan işgücü için=2.3 MJ/h alınmıştır.

b) Traktör ve alet-makina imalat enerji girdisi (Agregat Enerjisi): ayçiçeği üretiminde kullanılan alet ve makinaların üretiminde harcanan enerji (4) Nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Konak ve ark., 2004).

$$AG = \frac{G \times E}{T \times EII} \quad (4)$$

AG = Agregat enerjisi (MJ/ha)

G = Traktör veya alet – makina ağırlığı (kg)

T = Traktör ve alet- makinaların kullanım ömrü (ASAE, 1995)

EII = Eff. iş baş. (Traktör birlikte kullanılan alet- mak. eff. iş başarısı (ha/h)

E = Trk. veya alet – mak. birim ağırl. üretimi için gerekli enerji miktarı (MJ/kg)

E; traktör için 158,5 MJ/kg ve alet-makinalar için 121,3 MJ/kg olarak dikkate alınmıştır (Keener ve Roller, 1975).

Kimyasal gübre enerji girdisi: Ayçiçeği üretiminde farklı dönemlerde hektara atılan gübrenin (% 46'lık P₂O₅ ve % 17'lik N ihtiva eden Diamonyum Fosfat ile % 46'lık Üre) enerji miktarları belirlenmiştir. Gübre enerji değeri Amonyum Sülfat için 11.2 MJ/kg ve Üre için 66.1 MJ/kg olarak dikkate alınmıştır (Shrestha D.S., 2002).

d) Tohumluk enerji girdisi: Kullanılan tohumluk miktarlarına bağlı olarak tüketilen tohumluğun enerji eşdeğeri Ayçiçeği için: 37.2 MJ/kg olarak dikkate alınmıştır (Saygılı ve Uzman, 1984).

Toplam enerji girdisi

Denemede ayçiçeği üretiminde toplam enerji girdisi olarak, doğrudan ve dolaylı enerji girdilerinin toplamı dikkate alınmıştır.

$$TEG = EG^1 + EG^2 \quad (5)$$

TEG = Toplam enerji girdisi (MJ/ha),

EG₁ = Doğrudan enerji girdisi (MJ/ha)

EG₂ = Dolaylı enerji girdisidir (MJ/ha)

Toplam enerji çıktısı

Ayçiçeği üretimi sonucunda elde edilen ürünün eş değer enerjisi toplam enerji çıktısını oluşturmuştur.

Ayçiçeği için eş değer enerji 37.2 MJ/kg alınmıştır (Özcan, 1985; Alpkent, 1984).

Enerji etkinliğinin belirlenmesi

Ayçiçeği üretiminde enerji etkinliğinin belirlenmesi için enerji girdi ve çıktılarına bağlı olarak, yapılan üretimin enerji verimliliği; enerji çıktı/girdi oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji verimi değerlerine bağlı olarak Öztürk, 2010'a göre aşağıda verilen (6), (7), (8) ve (9) Nolu eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

Enerji oranı, en sık kullanılan enerji kullanım etkinliği ölçütü değeridir. Üretim sonucunda elde edilen toplam eş değer enerji miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam eş değer enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Enerji oranı değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

$$C/G = \frac{TEC}{TEG} \quad (6)$$

C/G = Çıktı/Girdi oranı (%)
TEC = Toplam enerji çıktısı (MJ/ha)
TEG = Toplam enerji girdisi (MJ/ha)

$$OE = \frac{TEG}{TUM} \quad (7)$$

OE = Özgül enerjisi (MJ/kg)
TEC = Toplam enerji girdisi (MJ/ha)
TUM = Toplam ürün miktarı (Kg/ha)

Özgül enerji (MJ/kg), üretim işlemlerinde kullanılan toplam eş değer enerji miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül enerji değerinin düşük olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

$$EU = \frac{TUM}{TEG} \quad (8)$$

EU = Enerji üretkenliği (kg/MJ)
TEC = Toplam enerji girdisi (MJ/ha)
TUM = Toplam ürün miktarı (Kg/ha)

Enerji üretkenliği (kg/MJ), özgül enerji değerinin tersi olup, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Enerji üretkenliği değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

$$NEV = TEC - TEG \quad (9)$$

NEV = Net Enerji Verimi (MJ/ha)
TEC = Toplam Enerji Çıktısı (MJ/ha)
TEG = Toplam Enerji Girdisi (MJ/ha)

Net enerji verimi (MJ/ha), birim alandan elde edilen ürünün enerji eşdeğeri ile aynı alan için harcanan toplam eş değeri enerji girdisi arasındaki fark olarak tanımlanır. Net enerji verimi değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Ayçiçeğinde üretiminde farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliğini; enerji çıktı/girdi oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji verimi, toplam enerji çıktı ve girdi değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir.

Ayçiçeğinde üretiminde farklı toprak işleme-ekim uygulamaları için birim üretim alanı başına yakıt tüketimleri Çizelge 2'de ve yakıt enerjisi eşdeğerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre en yüksek yakıt tüketim değeri S₁ sisteminde 56.13 L/ha olarak elde edilmiştir. Kullanılan bu yakıt miktarına karşılık olarak, toplam 2794.77 MJ/ha yakıt-yağ enerjisi tüketilmiş ve toplam enerji girdilerinde ortalama % 8.73–22.72 arasında bir oran teşkil etmiştir (Çizelge 4).

Doğrudan ekim sistemi; yakıt tüketimi (L/ha) ve efektif iş başarılarında (ha/h) geleneksel toprak işleme sisteminin yaklaşık 1/3'nü oluşturmuştur. Bu birim alan (ha) başına ortalama 3.51–10.31 saat insan işgücüne karşılık olarak (Çizelge 2), ortalama 13.0–28.6 MJ/ha insan enerjisi tüketilmiş (Çizelge 3), bu değer % 0.13–0.23'lük bir oranla en düşük girdiyi oluşturmuştur (Çizelge 4).

Ortalama ayçiçeği verimleri Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre verim değerleri Azaltılmış-1 (S₂) sisteminde en iyi, doğrudan ekim sisteminde (S₄) ise en az verim değeri elde edilmiştir. Enerji girdileri içerisinde 8330.2–8495.9 MJ/ha'lık girdiye sahip gübre üretim enerjisi değerleri % 69.08–82.02'lik oranlar ile en yüksek girdiyi oluşturmuştur (Çizelge 3 ve 4).

Ayçiçeği üretiminde S₁, S₂ ve S₃ parsellerine hektara 0.5 kg, S₄ parseline ise 1 kg ekim normunda yağlık ayçiçeği çeşidi ekilmiştir. Bu ekim normunda, bir ha üretim alanı için 186 MJ'lük tohumluk enerjisi girdisi harcanmış ve bu değer % 1.51–3.66'lık bir oranla girdiler içinde insan işgücünden sonra 2. en düşük girdiyi oluşturmuştur (Çizelge 3 ve 4).

Ayçiçeği üretiminde en yüksek enerji oranı (çıktı/girdi), özgül enerji ve enerji üretkenliği değerlerinde S₂ sistemi diğerlerinden daha iyi sonuç vermiş, en düşük değerler ise geleneksel toprak işleme sisteminde (S₁) ortaya çıkmıştır. Net enerji veriminde ise S₂ sistemi ilk sırayı almış, bunu S₁, S₃ ve S₄ takip etmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 2. İşletme parametreleri ve verim

Sistemler	Bazı işletme parametreleri ve verim değerleri			
	Yakıt tüketimi (l/ha)	Efektif iş başarısı (ha/h)	İnsan işgücü (h/ha)	Verim (kg/ha)
S ₁	56.13	0.40	10.31	3898
S ₂	31.94	0.48	6.49	3914
S ₃	33.85	0.94	5.91	3602
S ₄	10.90	1.63	3.51	3246

Çizelge 3. Sistemlerin ortalama enerji eşdeğerleri (MJ/ha)

Sistemler	Yakıt–yağ	İnsan işgücü	Makine imalat	Gübre	Tohum	Toplam girdi	Toplam çıktı
S ₁	2794.8	28.6	794.2	8495.9	186.0	12299.5	145022.2
S ₂	1773.9	19.9	575.1	8330.2	186.0	10885.0	145605.2
S ₃	1854.8	18.5	572.1	8330.2	186.0	10961.7	133990.5
S ₄	886.4	13.0	555.1	8330.2	372.0	10156.7	120747.9

Çizelge 4. Sistemlerin ortalama enerji girdisi dağılımı (%)

Enerji girdileri	Sistemlerin % enerji değerleri			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Yakıt–yağ	22.72	16.30	16.92	8.73
İnsan işgücü	0.23	0.18	0.17	0.13
Makina imalat	6.46	5.28	5.22	5.46
Gübre	69.08	76.53	75.99	82.02
Tohum	1.51	1.71	1.70	3.66
Toplam enerji	100	100	100	100

Çizelge 5. Buğday üretiminde enerji kullanım etkinliği

Sistemler	Enerji oranı (çıkıtı/girdi)	Özgül enerji (mj/kg)	Enerji üretkenliği (kg/mj)	Net enerji verimi (mj/ha)
S ₁	11,79	3,15	0,32	132722,66
S ₂	13,38	2,78	0,36	134720,16
S ₃	12,22	3,04	0,33	123028,89
S ₄	11,89	3,13	0,32	110591,19

Toplam enerji tüketiminin % 69.80–82.02’ni oluşturan ve bunun karşılığında 8330.2–8495.9 MJ/ha arasında enerjisi girdisini oluşturan kimyasal gübre en yüksek paya sahip olmuştur. İkinci sırayı, % 8.73–22.72’lik bir enerji tüketim oranı ve 886.4–2794.8 MJ/ha enerji girdisi ile Yakıt–yağ oluşturmıştır. En düşük girdi oranını ise % 0.13–0.23 oran ve 13.0–28.6 MJ/ha enerji girdisi ile insan işgücü oluşturmıştır (Çizelge 3 ve 4).

Ayrıçeği üretiminde harcanan toplam enerji miktarı, kullanılan tarım alet/makinalarından kaynaklanan ve yoğun işgücü oluşturan geleneksel toprak işleme sistemi yüksek enerji girdisini oluşturmıştır. Ayrıçeği verim değerlerinden hesaplanan toplam çıktı enerji eşdeğerleri açısından

en yüksek değer, S₂ (Azaltılmış–1) sisteminde gerçekleşmiş, bunu S₁, S₃ ve S₄ sistemleri takip etmiştir (Çizelge 3).

Bitkisel üretimde temel amaç en az masrafla optimum verim elde etmek ve enerjiyi etkin bir şekilde kullanmaktır. Bu amaçla ayrıçeği üretimi sonucunda elde edilen toplam çıktıya ait enerji miktarının, ayrıçeği üretiminde kullanılan toplam girdinin enerji miktarına oranları (çıkıtı/girdi) incelendiğinde, azaltılmış–1 toprak işleme sistemi (S₂) % 13.38’lik oranla ilk sırayı almış, bunu sırasıyla azaltılmış–2 toprak işleme sistemi (S₃) % 12.22, doğrudan ekim sistemi (S₄) % 11.89 ve geleneksel toprak işleme sistemi (S₁) % 11.79 takip etmiştir (Çizelge 5).

Birim miktar (kg) ayçiçeği üretmek için, tüketilen enerji miktarını (MJ) ifade eden özgül enerji değeri açısından sistemler incelendiğinde; S_2 (2.78 MJ/kg) enerjiyi en etkin kullanan sistemi oluşturmuştur. Bunu S_3 , S_4 ve S_1 sistemleri takip etmiştir. Tüketilen birim miktar (MJ) enerjiye karşılık sistemler bazında üretilen ayçiçeği miktarı (kg) incelendiğinde; S_2 (0.36 kg/MJ) en yüksek enerji üretkenlik değerini oluşturmuş, bunu S_3 , S_4 ve S_1 sistemleri takip etmiştir. Net enerji verimi değerleri incelendiğinde; S_2 sistemi (134720.16 MJ/ha) en iyi enerji etkinliği sonucunu vermiştir (Çizelge 5).

Sonuç olarak, enerji oranı (çıkıtı/girdi), özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji verimi açısından en iyi sonucu ağır kültüvator, kombikrüm ve ekim makinasının oluşturduğu Azaltılmış-1 sistemi (S_2) vermiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alpkent, N., (1984). Tarımda Enerji Kullanımı ve Enerji Tasarrufu. *Milli Produktivite Merkezi Yayınları* No: 296, Ankara.
- Anonymous, (1). Conservation Agriculture: Economic Benefits, <http://www.ecaf.org/>. (Erişim tarihi:11.08.2014)
- Anonymous, (2). Energy Consumption and Input-Output Relation of Field Operation, FAO, Rome. (Erişim tarihi:11.08.2014)
- Arkan, M., (2011). Adana İlinde Kolza Üretiminde Enerji Kullanımı, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana
- ASAE, (1995). Agricultural Machinery Management Data. ASAE Standarts, ASAE Data: ASAE D 497.2 Mar 94, 335-342
- Çakır, R., Keçecioğlu, G., (1988). Buğday ve Mısır Bitkilerinde Çizel ve Pullukla Toprak İşlemede Enerji Gereksinimi. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi. 164-171, Erzurum.
- Davoodi, M. J. Ş., Housyar, E., (2009). Energy Consumption of Canola and Sunflower Production in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ.Sci.*, 6 (4): 381-384. ISSN 1818-6769, IDOSI Publications.
- Dinçer, H., (1980). Tarımsal Üretim Enerji Esaslarına Göre Değerlendirilmesi. 5. Tarımsal
- Ejilab, I. R., A. A. Asere, (2008). A Comparati ve Performance and Emission Analysis of Blended Groundnut Oil and Mineral Oil Based Lubricants Using a Spark Ignition Engine. *Agricultural Engineering International: The CIGR E journal manuscript EE 07017*. Vol. X.
- Ekinci, K., Akbolat, D., Demircan, V., Ekinci, Ç., (2005). Isparta İli Elma Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi," 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSEM) ve Sergisi, Bildiriler Kitabı. 43-47, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
- ETKB, (2013). http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=y_istatistik&bn=244&hn=244&id=398 (Erişim tarihi:14.05.2015)
- Farsaie, A., Debarthe, J. V., Kenworthy, W. J., Lessley, B. V.,

Bunun yanında en önemli enerji girdisini oluşturan kimyasal gübre uygulamaları en fazla çevre kirleticiler oldukları için, toprak analizleri iyi yapılmalı, uygulamaları tekniğine uygun bir şekilde (özellikle de Azotlu gübreyi azaltıcı önlemler alınarak) kullanılmalıdır.

Tarım işletmeleri; mevcut mekanizasyon durumlarını iyi analiz etmeli, planlamalarını ileri teknoloji düzeylerine göre yapmalıdır. Özellikle kullanılan tarım makinalarının güç gereksinimleri ve yakıt tüketimlerini azaltıcı önlemler alınmalı, güç kaynağına uygun kapasitede tarım alet ve makinası kullanılmalıdır.

Gerekli hassasiyet ve önlemler alındığı takdirde alternatif tarım sistemleri, üretimde fazla azalışlara sebep olmadan rahatlıkla kullanılabilirler.

- Wiebold, W. J. 1985. Analysis of Producing Vegetable Oil as an Alternate fuel. *Energy in Agriculture* 4: 189-205.
- Griffith, D. R., Parsons, S. D., (1981). Energy Requirments for Various Tillage-Planting Systems. (Tillage) Id-141, Coop. Ext. Ser. Purdue Uni. Indiana.
- Keener, H. M., Roller, W. L., (1975). Energy Production by Field Crops. Asea Paper No: 75-3021, St Joseph, Michigan 49085
- Konak, M., Marakoğlu, T., Özbek, O., (2004). Mısır Üretiminde Enerji
- Özcan, M. T., (1985). Mercimek Hasat ve Harman Yöntemlerinin İş Verimi Kalitesi, Enerji Tüketimi ve Maliyet Yönünden Karşılaştırılması ve Uygun Bir Hasat Makinası Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.
- Özden, D. M., (1995). Tarımsal Mekanizasyonda Zaman Etüdü Çözümleme (ZET) ve Veri Tabanı Oluşturma Bilgisayar Programı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü A.P.K Dairesi Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No:82
- Öztürk, H. H., Barut, Z. B., (2005). Türkiye Tarımında Enerji Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği, Teknik Kongresi, Ankara. Sayfa 1253-1264.
- Öztürk, H. H., (2010). *Tarımsal Üretimde Enerji Yönetimi*. Hasad Yayınevi.
- Saygılı, İ., Uzman, İ., (1984). Türk Tarımında Temel Girdiler ve Verim. 2. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 23-27 Nisan 1984 Bildiri Kitabı. 391-397.
- Shrestha, D. S. (2002). Energy Use Efficiency İndicator for Agriculture. 28-30.
- Yaldız O., Öztürk H. H., Zeren Y., Başçetinçelik A., (1993). Türkiye Tarla Bitkileri Üretiminde Enerji Kullanımı. 5th. Internationale Congress on Agricultural Mechanization and Energy, pp,527-537,12-14 Ekim, Kuşadası.