



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.418694

Kuru tarımda farklı toprak işleme sistemleri ile buğday üretiminin enerji kullanım etkinliği analizi

Ebubekir Altuntaş^{a*}, Osman Nuri Bulut^b, Engin Özgöz^a

^a Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

^b Tarım ve Orman Müdürlüğü, Sivas.

* Sorumlu yazar/corresponding author: ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

Geliş/Received 26/04/2018

Kabul/Accepted 20/11/2018

ÖZET

Bu çalışmada, Sivas ilinde kuru tarım şartlarında buğday tarımında 4 farklı toprak işleme [1) Doğrudan ekim (DE) (Doğrudan ekim makinesi), 2) Koruyucu toprak işleme (KT) (Çizel+diskli tırmık+hububat ekim makinesi), 3) Azaltılmış toprak işleme (AT) (Rotovator+hububat ekim makinesi) ve 4) Geleneksel toprak işleme (GT) (Kulaklı pulluk+diskli tırmık+hububat ekim makinesi)] sistemlerinin enerji kullanım etkinliği incelenmiştir. Denemelerde tohumluk olarak Bezostaja-1 kışlık buğday çeşidi kullanılmıştır. Enerji parametreleri olarak enerji oranı, özgül enerji, enerji verimliliği, net enerji ve enerji kârlılığı göz önüne alınmıştır. Buğday üretiminde incelenen toprak işleme sistemlerinin hepsinde toplam girdi enerjileri içerisinde en yüksek payı kimyasal gübre enerjisi alırken, bunu tohum enerjisi ve yakıt+yağ enerjisi takip etmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek ve en düşük enerji oranı değerleri sırasıyla AT (4.87) ve GT (4.53) sistemlerinde elde edilirken, en yüksek özgül enerji değeri GT (3.25 MJ kg⁻¹) ve en düşük özgül enerji değeri ise AT (3.02 MJ kg⁻¹) sistemlerinde elde edilmiştir. Toprak işleme sistemleri net enerji değeri bakımından GT>AT>KT>DE şeklinde sıralanmıştır. Enerji oranı, özgül enerji, enerji verimliliği ve enerji kârlılığı değerlerine göre Sivas ilinde, buğday tarımında, geleneksel toprak işleme yöntemi yerine doğrudan ekim, koruyucu toprak işleme ve azaltılmış toprak işleme sistemlerinin kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler:
Koruyucu toprak işleme
Doğrudan ekim,
Enerji oranı
Net enerji

Energy use efficiency analysis of wheat production with different soil tillage systems in dry agriculture

ABSTRACT

In this study, the four different tillage systems (1 (no-tillage (DE) (no till planter); 2) conservational tillage system (KT) (chisel+ disc harrow+planting); 3) reduced soil tillage system (RT) (rotovator+planting); 4) conventional soil tillage system (GT) (mouldboard plough+ disc harrow+planting)] were compared in terms of energy use efficiency under dry farming condition for Bezostaja-1 wheat cultivar in Sivas province. Energy ratio, specific energy, energy productivity, net energy and energy profitability were taken into consideration as energy parameters. The highest energy input was obtained as fertilizer, seed, and fuel +oil energies in all tillage systems for wheat farming, respectively. According to results; the highest and lowest energy values are obtained in AT (4.87) and GT (4.53) systems respectively, while the highest specific energy value was obtained in the GT (3.25 MJ kg⁻¹) and the lowest specific energy value was obtained in the AT (3.02) MJ kg⁻¹) system. Soil tillage systems are listed in terms of net energy value (MJ) as GT> AT> KT> DE from high value to low value depending on net energy. In Sivas province, no-till, reduced tillage and conservational tillage systems could be used instead of the traditional tillage method in wheat farming according to the energy ratio, specific energy, energy efficiency and energy profitability values.

Keywords:
Conservational tillage system
No till
Energy ratio
Net energy

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Son yıllarda gerek dünyada ve gerekse ülkemizde doğal ekosistemi ve özellikle de daha hassas olan agro ekosistemi korumak için temel amacın toprağı korumak

ve toprak verimliliğini artırmak olduğu sürdürülebilir tarım uygulamaları gündeme gelmiştir. Sürdürülebilir tarım; toprak, su ve hava gibi çevresel faktörleri dikkate alıp, insan, bitki ve hayvan sağlığını koruyarak üretim yapma düşüncesidir (Çarman ve ark., 2014).

Sürdürülebilir tarımsal üretim için temel gereksinimlerden birisi olan enerji kaynağının etkin kullanılması sağlandığında; fosil kaynaklar korunmakta ve hava kirliliğinin azalması mümkün olabilmektedir. Enerji etkinliğini artırmak için üretim verimini artıracak veya verimi etkilemeden enerji girdisini koruyacak adımların atılması gerekir (Singh et al., 2004). Bu yüzden, sürdürülebilir tarımsal üretim için enerji tasarrufu hayati bir konudur (Uhlın, 1998; Mousavi-Avval ve ark., 2012).

Enerji girdisindeki artışla verim artmaktadır. Fakat enerji girdisindeki aşırı artış, bazı ekonomik zararlara neden olabilmektedir (Alikhani ve Nezhad, 2004). Enerji etkinliği için ya verimin artırılması ya da girdilerin azaltılması gerekmektedir. Verimin artırılması belirli sınırlar içerisinde sağlanabilir. Fakat enerji kullanım etkinliği, girdilerin bilinçli bir şekilde uygulanması ile azaltılabileceği için (Gözübüyük ve ark., 2012) üretimde kullanılan sistemlerin enerji dengesini hesaplamak oldukça önemlidir (Alikhani ve Nezhad, 2004).

Geliştirilmiş tarımsal üretim için doğru miktarda enerjiyi yeterli miktarda tedarik etmek, etkin ve verimli kullanmak gereklidir (Mohammadi ve Omid, 2010). Yakıt, elektrik, tohum, gübre ve kimyasallar gibi girdiler modern tarımın üretim sistemindeki enerjiyi önemli bir şekilde tüketen kaynaklardır (Hatırlı ve ark., 2006). Tarımsal üretimde en büyük enerji ve iş gücü tüketicisi, toprak işlemedir. Birincil toprak işleme uygulamaları, ekimden önce tüketilen toplam enerjinin % 75'ine ihtiyaç duymaktadır (Pelizzi ve ark., 1988). Bu yüzden, uygun toprak işleme sisteminin seçimi; sistemlerin çevre kirliliğini kontrolünü ve enerji korumasının belirlenmesini kapsamaktadır (Tabatabaefar ve ark., 2009).

Borin ve ark. (1997) tarladaki enerjinin % 30'unun toprak işlemede tüketildiğini; Bonari ve ark. (1995), toprak işlemeyi azaltmanın ürün veriminde önemli bir farklılık olmadan geleneksel toprak işlemeye göre yakıt tüketimini % 55 azalttığını; Chaplin ve ark. (1988), doğrudan ekim ve azaltılmış toprak işleme sistemleriyle çeki enerjisi kullanımının sırasıyla % 84 ve % 54 azaldığını rapor etmişlerdir (Tabatabaefar ve ark., 2009).

Karaağaç ve ark. (2012), Çukurova bölgesinde buğday tarımında düze ekim ve sırta ekim yöntemlerinin enerji bilançolarını belirledikleri çalışmalarında, enerji oranının düze ekimde 6.63 ve sırta ekimde 5.29 olduğunu ifade etmişlerdir. Tabatabaefar ve ark. (2009), buğday üretiminde farklı toprak işleme sistemlerinin enerji etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında geleneksel uygulama ve doğrudan ekim uygulaması için enerji oranını sırasıyla 3.65 ile 4.87 olarak belirlemişlerdir. Çarman ve ark. (2014), Orta Anadolu koşullarında 5 farklı toprak işleme sisteminin buğday üretimindeki enerji bilançolarını belirledikleri çalışmalarında, en yüksek çıktı/girdi oranına sahip olan doğrudan ekim uygulamasının daha kârlı bir üretim tekniği olduğunu ifade etmişlerdir. Orta Anadolu koşullarında yapılan başka bir çalışmada da buna benzer sonuçlara ulaşılmış

ve buğday üretiminde doğrudan ekim uygulamalarında çıktı/girdi oranı 2.81 olarak belirlenmiştir (Marakoğlu ve Çarman, 2010). Kusotic ve ark. (2005), kışlık buğday için geleneksel toprak işlemede 315.32 MJ Mg⁻¹ harcandığını ve koruyucu toprak işlemede 192.38 MJ Mg⁻¹ harcama ile % 39 tasarruf yapılırken, doğrudan ekim sisteminde ise 47.14 MJ Mg⁻¹ ile % 85.1 tasarruf sağlandığını belirtmişlerdir (Tabatabaefar ve ark., 2009).

Golaszewski ve ark. (2014), Avrupa' da farklı iklim bölgelerindeki buğday üretiminin enerji etkinliği karşılaştırmak ve seçilen enerji koruma önlemleri ile ortaya çıkan enerji, ekonomi ve çevresel faydaları değerlendirmişlerdir. İklim ve ülkeye bağlı olarak farklı enerji koruma önlemlerini öngörmüşlerdir. Dolaylı ve doğrudan enerji girdilerinin büyük ölçüde coğrafi konum ve iklim bölgelerine özgü olduğunu, iklim bölgelerinde verimdeki artışın toplam enerji girdisindeki artışa paralel olduğunu ifade etmişlerdir. Belirli bir tarımsal üretim sisteminde enerji tüketimi ve enerji tasarrufu potansiyelinin, belirli coğrafi alanlarda ve iklim bölgelerinde farklılaştığını belirtmişlerdir.

Çalışmanın yapıldığı Sivas ili, 27 202 km² lik alanı ile Türkiye'nin en büyük yüzölçümüne sahip ikinci ilidir. Sivas ili tarım alanlarının 2 519 043 hektarı rüzgâr ve su erozyonu etkisinde olduğu için, sürdürülebilir bir tarımsal üretim sistemine geçilmesi, toprak ve su kaynaklarını koruyan ve erozyon tehdidini azaltan toprak işleme sistemleri uygulanmalıdır (Anonim, 2014a). Sivas ili bitkisel üretiminde hububat ağırlıklı bir üretim yapılmakta olup 2017 yılında toplam tarım alanlarının % 33.79' unda buğday tarımı yapılmıştır (TÜİK, 2017).

Ana ürün olarak kuru tarım şartlarında buğday tarımının yapıldığı Sivas ilinde sürdürülebilir bir tarımsal üretimin sağlanması için, verimi de dikkate alarak toprak, su ve çevreyi koruyan toprak işleme sistemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Bulut (2015) tarafından toprak işleme sistemlerinin toprak özellikleri, buğdayın bitki çıkış özellikleri ve verim özellikleri bakımından karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada kullanılan sistemler enerji etkinliği açısından değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada sistemlerin enerji etkinliğini belirlemede, Bulut (2015) tarafından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bulut (2015), Sivas ilinde kuru şartlarda yürüttüğü çalışmada buğday tarımında farklı toprak işleme sistemlerini; toprak özellikleri, tarla filiz çıkışı ve verim üzerine etkileri yönünden karşılaştırmıştır. Çalışma 2012-2013 üretim sezonunda, rakımı yaklaşık 1260 m olan düz-düze yakın eğimli (% 0-2) bir çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Deneme alanına ait buğday ekiminden hasadına kadar geçen süre içerisindeki yağış miktarları Çizelge 1 ve deneme alanı topraklarının bazı toprak özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanına ait sıcaklık ve yağış verileri (Anonim, 2014b)

Aylar	Sıcaklık, °C		Yağış, mm	
	2012-2013 yılı	59 yıl ortalaması*	2012-2013 yılı	59 yıl ortalaması*
2012 Ekim	11	10.8	33.4	32.6
2012 Kasım	4.7	4.7	91.0	40.4
2012 Aralık	0	-0.4	116.8	45.7
2013 Ocak	-4.3	-3.3	53.0	42.3
2013 Şubat	-1.1	-2	24.1	39.5
2013 Mart	4.1	3.1	38.2	45.6
2013 Nisan	9.8	9.1	59.8	60.4
2013 Mayıs	13.4	13.6	63.3	59.3
2013 Haziran	19.8	17.2	13.5	34.6
2013 Temmuz	21.4	20.2	0.4	8.6
2013 Ağustos	23.3	20.1	0	5.8

*59 yıllık meteorolojik değer ortalamaları (1954-2013)

Çizelge 2. Çalışma başlangıcındaki bazı toprak özellikleri (Bulut ve Altuntaş, 2014; Bulut, 2015)

Toprak Özellikleri	Derinlik	
	0-15 cm	15-30 cm
Tekstür sınıfı	% 32 kil, % 38 silt, % 30 kum	
Nem içeriği (%)	11.42	16.54
Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	1.37	1.44
Penetrasyon direnci (MPa)	1.32	2.48
pH	8.27	8.31
Toplam tuz (%)	0.02	0.02
Kireç (%)	15.61	15.58
Organik madde (%)	1.69	1.74
Toplam azot (%)	0.08	0.09
Yarayışlı fosfor (P ₂ O ₅ , kg da ⁻¹)	5.3	3.74
Yarayışlı potasyum (K ₂ O, kg da ⁻¹)	68.14	69.69

Çalışmalar tesadüf blokları faktöriyel deneme desenine göre, 4 tekrarlı olarak her biri 500 m² olan 16 parselde yürütülmüştür. Denemelerde 4 farklı toprak işleme sistemi uygulanmıştır. Bunlar; 1) Doğrudan ekim (DE) (Doğrudan ekim makinesi), 2) Koruyucu toprak işleme (KT) (Çizel+diskli tırmık+hububat ekim makinesi), 3) Azaltılmış toprak işleme (AT) (Rotovator+hububat ekim makinesi) ve 4) Geleneksel toprak işleme (GT) (Kulaklı pulluk+diskli tırmık+hububat ekim makinesi)'dir. Denemelerde gücü 90 BG olan Renault Cergos 350 4WD traktör kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan alet makineler ve teknik özellikleri, Çizelge 3' de verilmiştir.

Çalışmada ekim işlemi, 20 kg da⁻¹ ekim normunda ve 50 mm ekim derinliğinde yapılmıştır. Ekim makineleri için ilerleme hızları makinelerin 100 metre mesafeyi katetme süreleri kronometre yardımı ile ölçülerek 5.5 km h⁻¹ olarak belirlenmiştir (Bulut, 2015). Çalışmada kullanılan diğer alet ve makineler için ilerleme hızı değerleri, ASAE 1999 ve ASAE 2011 standartlarından ortalama olarak seçilmiştir. Çalışmada Bezostaja-1 kışık buğday çeşidi kullanılmıştır. Ekimle birlikte dekara 6 kg saf P₂O₅ hesaplama yapılarak DAP gübresi, azotun kalan kısmı ilkbaharda ÜRE formunda 6 kg da⁻¹ a tamamlanacak şekilde uygulanmıştır. Üretim sezonu boyunca ilaçlama ve sulama yapılmamıştır (Bulut, 2015).

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan makinelerin bazı özellikleri

Makine	Ünite sayısı	Genişlik (cm)	Derinlik* (cm)	Ağırlık (kg)	Tarla etkinliği**	Ekonomik Ömür** (h)
Traktör	-	-	-	4 130		12 000
Kulaklı pulluk	5 Gövde	130	25	628	0.85	2 000
Çizel	9 Ayak	250	22	450	0.85	2 000
Rotovator	48 L-şekilli bıçak	199	13	600	0.85	2 000
Diskli tırmık	20 Disk	180	10	520	0.80	2 000
Santrifüj gübre dağıtma makinesi	Tek diskli	225	-	220		1 200
Hububat ekim makinesi	22 adet ekici ayak	308	5	1 200	0.70	1 500
Doğrudan ekim makinesi	15 adet ekici ayak	210	5	2 050	0.70	1 200
Bıçerdöver	-	4 570	-	8 720	-	3 000

* Denemede uygulanan değerler. ** ASAE (2011)

Toprak işleme ve ekim makinelerinin yakıt tüketimi değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (ASAE, 1999; ASAE, 2011; Heller et al., 2003). Santrifüj gübre dağıtma makinesi ve biçerdöverin yakıt tüketimi değerleri Özden ve Soğancı (1996)'dan alınmıştır. Yağ tüketimi değerleri ise yakıt tüketiminin % 4.5'i olacak şekilde hesap edilmiştir (Özcan, 1985; AlpKent, 1984).

$$D_i = F_i (A + B S + C S^2) W T \quad (1)$$

$$PT = (D_i S) / 3.6 E_m E_t \quad (2)$$

$$Q_{diesel} = PT (2.64 (PT / P_{Tmax}) + 3.91 - 0.203 \sqrt{738 (P_T / P_{Tmax}) + 173}) \quad (3)$$

$$C_a = (S W E_f) / 10 \quad (4)$$

Eşitliklerde; D_i = çeki kuvveti (N); F_i = toprak tekstürüne bağlı boyutsuz bir faktör; A, B, ve C = makineye özgü parametreler; S= çalışma hızı ($km\ h^{-1}$); W = makine iş genişliği (m); ; T = makine iş derinliği (cm); E_m = transmisyon ve güç aktarma organlarının mekanik etkinliği= 0,96 (dişli transmisyon sistemine sahip traktör için); E_t = çeki etkinliği; Q_{diesel} = yakıt tüketimi ($l\ h^{-1}$); P_T = işlem için toplam iş gereksinimi (kW); P_{Tmax} = maksimum elde edilen PTO gücü (kW); C_a = tarla kapasitesi ($ha\ h^{-1}$); E_f = tarla etkinliğidir. Saatlik yakıt tüketimi değeri (Eşitlik 3) ile tarla kapasitesi (Eşitlik 4) değeri çarpılarak birim alandaki yakıt tüketimi ($l\ ha^{-1}$) bulunmuştur. Eşitliklerde verilen parametrelere ait sayısal değerler çalışmada kullanılan her bir alet ve makine için Çizelge 4' te verilmiştir.

Çizelge 4. Yakıt tüketiminin hesaplanmasında kullanılan makinelerle ilgili parametrelere ait sayısal değerler (ASAE, 1999; ASAE, 2011)

	A	B	C	F_i	E_t	E_f
Kulaklı pulluk	652.00	0.00	5.10	0.70	0.77	0.85
Çizel	91.00	5.40	0.00	0.85	0.77	0.85
Rotovatör	600.00	0.00	0.00	1.00	0.77	0.85
Diskli tırmık	216.00	11.20	0.00	0.88	0.75	0.80
Hububat ekim makinesi	300.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.70
Doğrudan ekim makinesi	720.00	0.00	0.00	0.79	0.77	0.70

Buğday üretiminde kullanılan girdiler ve çıktıların enerji karşılıklarının belirlenmesi ve üretimin enerji analizlerinin yapılabilmesi için Çizelge 5' te verilen enerji eş değerleri kullanılmıştır. Girdi ve çıktı değerleri, enerji eşdeğerleri ile çarpılarak enerji miktarı elde edilmiştir. Traktör ve makine imalat enerjisi ise traktör ve makine ağırlığı (kg) ile traktör ve makine imalat enerjisi eşdeğerinin çarpım değeri ($MJ\ ha^{-1}$), traktör veya makinenin ekonomik ömrü (h) ile traktör veya makinenin

efektif tarla kapasitesinin ($ha\ h^{-1}$) çarpım değerine oranlanarak hesap edilmiştir

Üretimde girdi kaynaklarının ne kadar verimli kullanıldığı ve ne kadar etkin bir şekilde çıktıya dönüştüğünü gösteren; enerji oranı, özgül enerji değeri, enerji üretkenliği değeri, net enerji verimi ve enerji kârlılığı aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

Çizelge 5. Buğday üretimindeki girdi ve çıktıların enerji eşdeğerleri

Girdi ve Çıktı (birim)	Enerji Eşdeğeri ($MJ\ birim^{-1}$)	Kaynak
GİRDİ		
İnsan iş gücü (h)	2.3	Kizilaslan (2009)
Tarım makinesi	121.3	Doering (1980)
Traktör	158.3	Doering (1980)
Azotlu gübre (kg)	60.6	Bojaca ve Schrevens (2010)
Fosforlu gübre (kg)	11.10	Bojaca ve Schrevens (2010)
Diesel yakıt (l)	47.8	Hetz (1992)
Yağ (l)	42.5	Hetz (1992)
Tohum (kg)	15	Öztürk (2011)
ÇIKTI		
Ürün (kg)	14.7	Mani ve ark. (2007)

$$\text{Enerji Oranı} = \text{Enerji çıktısı (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Enerji girdisi (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

$$\text{Özgül enerji (MJ kg}^{-1}\text{)} = \text{Enerji girdisi (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Verim (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

$$\text{Enerji verimliliği (kg MJ}^{-1}\text{)} = \text{Verim (kg ha}^{-1}\text{)} / \text{Enerji girdisi (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (7)$$

$$\text{Net enerji (MJ ha}^{-1}\text{)} = \text{Enerji girdisi (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{Enerji çıktısı (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (8)$$

$$\text{Enerji karlılığı} = \text{Net enerji (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Enerji girdisi (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (9)$$

Buğday üretiminde enerji kullanımı bakımından toprak işleme sistemleri arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek için, elde edilen değerler SPSS 17 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testine (LSD) tabi tutulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan toprak işleme sistemleri, buğday verimini istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bir şekilde etkilemektedir. En yüksek buğday verimi geleneksel toprak işlemede ($3\ 300\ \text{kg ha}^{-1}$) ve en düşük buğday verimi ise doğrudan ekim sisteminde ($2\ 930\ \text{kg ha}^{-1}$) elde edilmiştir. İstatistiksel olarak GT-AT, AT-KT ve KT-DE sistemleri arasında önemli bir farklılık bulunmamaktadır (Çizelge 6) (Bulut, 2015).

Toprak işleme sistemlerinin uygulandığı parsellerde hasada kadar uygulanan tüm işlemlerdeki yakıt tüketimi ve çalışma süresi değerleri, Çizelge 7’de verilmiştir.

Toprak işleme sistemleri, yakıt tüketimleri bakımından $GT > AT > KT > DE$ şeklinde sıralanmıştır. Kullanılan makineler arasında, kulaklı pulluk yakıt tüketimi en yüksek olan makinedir. Geleneksel toprak işleme ile karşılaştırıldığında AT, KT ve DE sistemlerindeki yakıt tüketimi sırasıyla % 46.95, % 47.04 ve % 77.88 daha azdır (Çizelge 7).

Çizelge 6. Toprak işleme sistemlerindeki buğday verim değerleri (Bulut ve Altuntaş, 2014; Bulut, 2015).

Toprak İşleme Sistemleri	Verim (kg ha ⁻¹)*
(DE) Doğrudan Ekim	2 930 c
(KT) Çizel + Diskli tırmık + Ekim	3 135 bc
(AT) Freze + Ekim	3 222 ab
(GT) Kulaklı Pulluk + Diskli Tırmık + Ekim	3 300 a

*Sütunda aynı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Çizelge 7. Toprak işleme sistemlerinin ortalama yakıt tüketimi değerleri

Toprak işleme Sistemleri	Yakıt Tüketimi (l ha ⁻¹)	Tarla Kapasitesi (h ha ⁻¹)
(DE) Doğrudan Ekim	9.97	3.18
(KT) Koruyucu Toprak İşleme	23.87	4.54
(AT) Azaltılmış Toprak İşleme	25.26	4.44
(GT) Geleneksel Toprak İşleme	45.07	5.24

Çalışmada, buğday üretimi için gereksinim duyulan girdiler içerisinde incelenen dört toprak işleme sisteminde en yüksek payın gübre enerjisinde olduğu ve bunu tohum, yakıt+yağ ve makine imalat enerjisinin takip ettiği belirlenmiştir. Toprak işleme sistemleri, toplam enerji girdisi bakımından $GT > AT > KT > DE$ şeklinde sıralanmıştır. Toprak işleme sistemlerinin enerji girdilerinde farklılık oluşturan girdi yakıt+yağ, makine imalat ve insan iş gücü enerjisi girdisidir. Yakıt+yağ enerjisi girdisi DE sisteminde toplam enerji girdisinin %

11.49’unu oluştururken, KT, AT ve GT sistemlerinde sırasıyla % 17.92, % 18.58 ve % 25.58’ini oluşturmaktadır (Çizelge 8). Benzer şekilde Adana’da yapılan bir çalışmada buğday üretiminin hem düze ekim, hem de sırta ekim yönteminde toplam enerji girdileri içerisinde en büyük oranın gübre enerjisi girdisinin olduğu, bunu sırasıyla tohum enerjisi girdisi ve yakıt yağ enerjisi girdisinin takip ettiği görülmüştür (Karaağaç ve ark. 2012).

Çizelge 8. Buğday üretimi için toprak işleme sistemlerinin toplam enerji eşdeğerleri (MJ ha⁻¹)

Girdiler ve Çıktı	Toprak işleme sistemleri			
	DE	KT	AT	GT
A. Girdiler				
1. İnsan iş gücü	7.30 (0.08)	10.44 (0.11)	10.21 (0.10)	12.06 (0.11)
2. Makine imalat	664.87 (7.38)	591.22 (6.14)	612.73 (6.29)	662.79 (6.18)
3. Yakıt+Yağ	1 035.25 (11.49)	1726.03 (17.92)	1 809.03 (18.58)	2 741.71 (25.58)
4. Gübre	4 302.00 (47.75)	4 302.00 (44.67)	4 302.00 (44.20)	4 302.00 (40.14)
5. Tohum	3 000.00 (33.30)	3 000.00 (31.15)	3 000.00 (30.82)	3 000.00 (27.99)
Toplam Girdi	9 009.42 (100)	9 629.69 (100)	9 733.97 (100)	10 718.57 (100)
B. Çıktı				
Buğday	43 071.00	46 084.50	47 370.75	48 510.00

Ghorbani ve ark. (2011), sulamanın yapıldığı ve yapılmadığı şartlarda buğday üretiminde toplam enerji ihtiyacının sırasıyla 45 367 MJ ha⁻¹ ve 9 354 MJ ha⁻¹, Gökdoğan ve Sevim (2016) buğday üretiminde enerji girdisinin 25 876.29 MJ ha⁻¹, Karaağaç ve ark. (2012) buğday üretiminde enerji girdisinin düze ekim de 18 392.10 MJ ha⁻¹ ve sırta ekim de 18 494.01 MJ ha⁻¹ olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, enerji çıktısı değerleri incelendiğinde, verim değerlerinde olduğu gibi en yüksek çıktı enerjisi GT sisteminde ve en düşük enerji çıktısı ise AE sisteminde elde edilmiştir (Çizelge 8).

Buğday üretimde girdi kaynaklarının ne kadar verimli kullanıldığı ve ne kadar etkin bir şekilde çıktıya dönüştüğünü ifade edebilmek için toprak işleme sistemlerinin Çizelge 9’ da verilen enerji parametrelerine göre karşılaştırılması gerekir. Varyans analizi sonuçları

toprak işleme sistemlerinin enerji parametreleri üzerine istatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Toprak işleme sistemleri arasındaki farklılığı görmek için yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ve ortalama değerler Çizelge 9’ da verilmiştir. En yüksek enerji oranı AT ve en düşük enerji oranı ise GT sisteminde elde edilmiştir. Geleneksel toprak işleme sisteminde her ne kadar verim en yüksek değerde olsa da, enerji girdisinin yüksek olması enerji oranının diğer sistemlere göre daha düşük olmasına neden olmuştur. DE uygulamasında ise verim düşük olmasına rağmen, enerji girdisinin de düşük olması oranın yükselmesini sağlamıştır. Ghorbani ve ark. (2011) İran’ da kuru tarım şartlarında buğday üretiminde enerji oranının 3.38 ve sulamanın yapıldığı şartlarda ise 1.44 olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 9. Buğday üretiminde toprak işleme sistemlerinin enerji analizi

Enerji Parametreleri	Toprak İşleme Sistemleri			
	DE	KT	AT	GT
Enerji Oranı	4.78a	4.79a	4.87a	4.53b
Özgül Enerji (MJ kg ⁻¹)	3.07a	3.07a	3.02a	3.25b
Enerji Verimliliği (kg MJ ⁻¹)	0.33a	0.33a	0.33a	0.31b
Net Enerji (MJ ha ⁻¹)	34 061.58b	36 454.81a	37 636.78a	37 791.43a
Enerji Kârlılığı	3.78a	3.79a	3.87a	3.53b

Çalışmada, toprak işleme sistemleri enerji oranı yönünden de AT>KT>DE>GT şeklinde sıralanmaktadır. AT ve GT sistemlerinde 1 kg buğday üretebilmek için enerji gereksinimi sırasıyla 3.02 MJ ve 3.25 MJ iken KT ve DE sistemlerinde 3.07 MJ ile 3.07 MJ enerjiye gereksinim duyulmaktadır (Çizelge 8). Karaağaç ve ark. (2012), 1 kg buğdayın üretilmesi için gerekli olan enerji değerinin düze ekim yönteminde 2.08 MJ iken, sırta ekim yönteminde 2.61 MJ, Gökdoğan ve Sevim (2016) 4.95 MJ, Özpınar ve Ürkmez (2011) 6.20 MJ olduğunu belirtmektedir.

Çalışmadaki sonuçlara göre, GT sisteminde, 1 MJ enerji ile 0.31 kg buğday üretiliyorken, bu değer AT, KT ve DE sistemlerinde ise 0.33 kg olarak belirlenmiştir. Ayrıca enerji kârlılığının da GT sisteminde en düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9).

Sistemlerin net enerji değerleri incelendiğinde; GT sisteminde 37 791.43 MJ ha⁻¹ ile en yüksek, DE sisteminde ise 34 061.58 MJ ha⁻¹ ile en düşük değer elde edildiği görülmektedir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; net enerji kazancı dışındaki enerji parametrelerinde DE, KT ve AT sistemleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur. Net enerji kazancında ise, KT, AT ve GT sistemleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almaktadır. Net enerji kazancı dikkate alındığında bölgede buğday tarımında geleneksel toprak işleme tercih edilmelidir. Ancak, diğer enerji parametreleri dikkate alındığında istatistiksel sonuçlar çalışma bölgesinde, kuru tarım şartlarında enerji kullanımı açısından geleneksel toprak işleme yerine

doğrudan ekim, koruyucu toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme sistemlerinden birisinin kullanılması gerektiğini göstermektedir. Çarman ve ark. (2014)’ da yaptıkları çalışmada önerilerini enerji oranını dikkate alarak yapmışlar ve buğday ve nohut üretiminde en yüksek enerji oranına sahip olan herbisit+doğrudan ekim uygulamasını tavsiye etmişlerdir. Buğday tarımında enerji etkinliğinin belirlenmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar (Tabatabaefar ve ark., 2009; Ghorbani ve ark., 2011; Özpınar ve Ürkmez, 2011; Çarman ve ark., 2014; Golaszewski ve ark., 2014; Karaağaç ve ark., 2012; Gökdoğan ve Sevim, 2016; Yıldız, 2016) incelendiğinde iklim, toprak özellikleri ve uygulanan yöntemler gibi faktörlere bağlı olarak enerji parametrelerinin değiştiği görülmektedir. Bu sonuçlar, sürdürülebilir tarımsal üretim için farklı coğrafi alanlar ve iklim bölgelerinde bitkisel üretim için uygun amenajmanların belirlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada, sürdürülebilir tarım çerçevesinde kuru şartlarda buğday tarımında toprak işleme sistemleri enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılmıştır. Bu amaçla; her bir toprak işleme sistemi için enerji girdisi, enerji çıktısı ve enerji parametreleri belirlenmiştir. En yüksek enerji girdisi ve enerji çıktısı geleneksel toprak işleme en düşük girdi ve çıktı değerleri ise doğrudan ekim sisteminde elde edilmiştir. Toplam girdi içerisinde en yüksek payı sırasıyla gübre, tohum ve yakıt+yağ

enerjisi almıştır. Kullanılan toprak işleme sistemlerinin enerji parametrelerini istatistiksel olarak önemli bir şekilde etkilediği belirlenmiştir. Enerji oranı, özgül enerji, enerji verimliliği ve enerji kârlılığı değerlerine göre en iyi sonucu veren azaltılmış toprak işleme olmuştur. Bunun yanında; doğrudan ekim, koruyucu toprak işleme ve azaltılmış toprak işleme sistemi arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığından bölgede buğday tarımında geleneksel yöntem yerine etkin enerji kullanımı açısından bu yöntemlerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Alikhani, M.A., Nezhad, R.K., 2004. Energy efficiency of irrigated wheat production in traditional and mechanized systems at East Azarbayjan Province, Iran. *Proceedings of The Fourth International Iran & Russia Conference*, 675-681.
- Alpkent, N., 1984. Tarımda enerji kullanımı ve enerji tasarrufu. Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 296. Ankara.
- Anonim, 2014a. Sivas il gelişme planı, Sivas.
- Anonim, 2014b. Sivas ili yıllık toplam yağış verileri, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplamyagisverileri.aspx?m=sivas>, (03.09.2014).
- ASAE, 1999. ASAE Standarts. D497.4 MAR99: Agricultural machinery data. pp. 350-357 ASAE 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI, 49085-9659, USA.
- ASAE, 2011. ASAE Standarts. D497.7 MAR2011 (R2015): Agricultural machinery data. pp. 1-14 ASABE 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI, 49085-9659, USA.
- Bojaca, C.R., Schrevens, E., 2010. Energy assessment of peri-urban horticulture and its uncertainty: Case Study for Bogota, Colombia. *Energy*, 35(5): 2109-2118.
- Bonari, E., Mazzoneini, M., Peruzzi, A., 1995. Effects of conventional and minimum tillage on winter oil seed rape. *Soil Tillage and Research*, 33(2): 91-108.
- Borin, M., Merini, C., Sartori, L., 1997. Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil Tillage and Research*, 40(3): 209-226.
- Bulut, O.N., Altuntaş, E., 2014. Sivas yöresinde buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak fiziksel özellikleri, bitki gelişimi ve ürün verimi üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(3): 39-51.
- Bulut, O.N., 2015. Buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak özellikleri, tarla filiz çıkışı ve verim üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 88 s, Tokat.
- Chaplin, J., Jenane, C., Lueders, M., 1988. Drawbar energy use for tillage operations on loamy sand. *Transaction of The ASAE*, 31(6):1692-1694.
- Çarman, K., Uyanöz, R., Marakoğlu, T., Kırtış, F., 2014. Alternatif toprak işleme sistemlerinin 3E (Enerji, erozyon, emisyon) üzerine etkileri. TÜBİTAK 111 O 182 nolu Proje Sonuç Raporu.
- Doering, O.C., 1980. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: Pimentel David, editor. *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. FL, USA: CRC Press, Inc, ISBN 0-8493-2661-3: 9-14.
- Erdoğan, Y., 2009. Tarımsal üretimde enerji girdi çıktı analizlerinde kullanılacak internet tabanlı bir yazılımın geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana.
- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, 88: 283-288.
- Gołaszewski, J., van der Voort, M., Meyer-Aurich, A., Baptista, F., Balafoutis, A., Mikkola, H.J., 2014. Comparative analysis of energy efficiency in wheat production in different climate conditions of Europe. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 4, 632-640.
- Gökdoğan, O., Sevim, B., 2016. Determination of Energy Balance of Wheat Production in Turkey: A Case Study of Eskil District of Aksaray Province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4): 36-43.
- Gözbüyük Z., Çelik A., Öztürk İ., Demir O., Adıgüzel, M.C., 2012. Buğday üretiminde farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 8(1): 25-34.
- Hatirli, S. A., Ozkan, B., Fert, C., 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy*, 31: 427-438.
- Heller M.C, Keoleian G.A, Volk T.A., 2003. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy*, 25: 147-165.
- Hetz E.J., 1992. Energy utilization in Chilean agriculture, *Agricultural Mechanization in Asia. Africa And Latin America*, 23: 52-56.
- Karaağaç, H.A., Aykanat, S., Coşkun, M.A., Şimşek, M., 2012. Buğday tarımında farklı ekim tekniklerinin enerji bilançosu. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül 2012, Bildiriler Kitabı, 169-173.
- Kizilaslan, H., 2009. Input and output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*, 86: 1354-1358.
- Kosutic. S., Filipovic, D., Gospodaric, Z., Husnjak, S., Kovacev, I., Copec, K., 2005. Effects of different soil tillage systems on yields of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in north-west Slavonia. *J. Central Eur. Agric.*, 6: 241-248.
- Mani, I., P. Kumar, J. S. Panwar, Kant, K., 2007. Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hill regions of Himachal Prades, India. *Energy* 32, 2336-2339.
- Marakoglu, T., Çarman K., 2010. Energy balance of direct seeding applications used in wheat production

- in Middle Anatolia. *African Journal of Agricultural Research*, 5(10), 988-992.
- Mohammadi, A., Omid, M., 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87, 191–196.
- Mousavi Avval, S.H., Rafiee, S., Keyhani, A., 2012. Energy efficiency analysis in agricultural productions: parametric and non-parametric approaches, energy efficiency - a bridge to low carbon economy, Dr. Zoran Morvaj (Ed.), ISBN: 978-953-51-0340-0, InTech.
- Özcan M.T., 1985. Mercimek hasat ve harman yöntemlerinin iş 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, M., Soğancı, A., 1996. Türkiye tarım alet ve makinaları işletme değerleri rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü A.P.K. Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No: 92, Ankara.
- Özpınar, S., Ürkmez, Ü., 2011. Energy use pattern and economic analysis of wheat and maize production In West Turkey. 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, 21-23 Eylül 2011, pp.145-151, İstanbul, Türkiye.
- Öztürk, H. H., 2011. Bitkisel üretimde enerji yönetimi. Hasad yayıncılık.
- Pelizzi, G., Cavalchini, A., Lazzari, M., 1988. Energy in agricultural machinery and mechanization. London, New York: Elsevier Applied Sciences, ISBN-13: 978-94-010-7108-6.
- Singh, G.; Singh, S., Singh, J., 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, 45: 453-465
- Şehri, M., 2012. Adana yöresi pamuk üretiminde enerji kullanım etkinliği ve maliyet analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Ghasemi Varnamkhasti, M., Rahimizadeh, R., Karimi, M., 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy*, 34: 41–45.
- TUİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) Web sitesi. Bitkisel üretim istatistikleri.<http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim Tarihi: 05.09.2017
- Uhlın, H., 1998. Why energy productivity is increasing: an I–O analysis of Swedish agriculture. *Agric Syst* 56(4):443–465.
- Yıldız, T., 2016. An input-output energy analysis of wheat production in Çarşamba district of Samsun province. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3): 10-20.