

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

Zinnur GÖZÜBÜYÜK¹, Ahmet ÇELİK², İsmail ÖZTÜRK²,
Okan DEMİR¹, Mesut Cemal ADIGÜZEL¹

¹Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 25700 Erzurum

²Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 25240 Erzurum
zgozubuyuk2001@yahoo.com

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

Özet: Erzurum yöresinde sulu ve kuru tarım koşullarında, buğday üretiminde geleneksel toprak işleme-ekim sistemine alternatif olabilecek, farklı toprak işleme-ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden karşılaştırılması amaçlanmıştır. 2001-2004-2007 yıllarında sulu koşullarda buğday, fiğ, ayçiçeği ve kuru koşullarda buğday, fiğ, nadas münavebeleri esas alınarak yürütülen bu çalışmada yer alan toprak işleme-ekim sistemleri; Geleneksel toprak işleme, (**S₁**, sulu tarım koşulları için; kulaklı pulluk+diskli tırmık+kombikrüm+ekim makinası), Geleneksel toprak işleme (**S₁**, kuru tarım koşulları için; kulaklı pulluk+kültivatör+kombikrüm+ekim makinası), Azaltılmış toprak işleme-1 (**S₂**, kültivatör+kombikrüm+ekim makinası), Azaltılmış toprak işleme-2 (**S₃**, dik rotovatör+ekim makinası) ve Doğrudan ekim (**S₄**, doğrudan ekim makinası)' den oluşmuştur. Toprak işleme-ekim sistemlerinin karşılaştırılmasında; yakıt-yağ, insan gücü, makina imalat, gübre ve tohum girdilerinin eşdeğer enerji miktarları ile buğday (dane+sap) veriminden oluşan eşdeğer enerji çıktı değeri hesaplanmış, buradan hareketle enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji (MJ/kg), enerji üretkenliği (kg/MJ) ve net enerji verimi (MJ) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tüm sistemlerde enerji dağılım oranları açısından her iki tarım koşulunda da, toprak analiz sonucuna göre verilen kimyasal gübre, tartışmasız en yüksek enerji girdi oranına sahip olmuştur. Bunu tohum, yakıt-yağ, makine imalat ve insan gücü enerji oranları takip etmiştir. Sistemler arasında enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji üretimi açısından sulu tarım koşullarında **S₁** en iyi sonucu vermiş, bunu sırasıyla **S₄**, **S₂** ve **S₃** sistemleri takip etmiştir. Kuru tarım koşullarında ise enerji çıktı/girdi oranları, özgül enerji, enerji üretkenliği yönünden en iyi sonuç **S₄** sisteminden elde edilirken, bunu **S₂**, **S₁** ve **S₃** sistemleri izlemiştir. Net enerji üretimi açısından ise en iyi sonuç **S₁** sisteminden elde edilmiş, bunu sırasıyla **S₂**, **S₃** ve **S₄** sistemleri izlemiştir.

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

Comparison of Energy Use Efficiency of Various Tillage - Seeding Systems in Production of Wheat

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 wheat production in irrigated and dry farming conditions of Erzurum region. The study was conducted in the years of 2001, 2004 and 2007 for both irrigated and dry farming conditions. In irrigated conditions, wheat, vetch and sunflower and in dry conditions, wheat, vetch and fallow rotation was considered. Tillage-seeding systems consist of; Conventional tillage (**S₁**, for irrigated conditions; moldboard plough+disc harrow+combined harrows+seeder), Conventional tillage (**S₁**, for dry conditions; moldboard plough+cultivator +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; the amount of energy equivalent to fuel-oil, human labor, machinery manufacturing, and fertilizer and seed inputs was determined and wheat (grain+stalk) efficiency was calculated from the value of the equivalent energy output.

Starting from this point the energy output/input ratio, specific energy (MJ/kg), energy productivity (kg/MJ) and net energy output (MJ) were determined. According to the results, the chemical fertilizer applied considering the results of soil analysis has arguably been the highest rate of energy input in terms of energy distribution ratios of all systems in the both farming conditions followed by seed, fuel-oil, machinery manufacturing and human labor energy rates. As systems compared in irrigated conditions in terms of energy output/input ratio, specific energy, energy productivity and net energy production energy, **S₁** system gave the best results, followed by the **S₄**, **S₂** and **S₃** systems. In dry farming conditions, the best results in terms of the energy output/input ratio, specific energy and energy productivity were obtained from **S₄** system followed by **S₂**, **S₁** and **S₃** systems. In terms of net energy production system, the best results obtained from **S₁** system, followed by **S₂**, **S₃** and **S₄** systems.

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

GİRİŞ

İnsanların tohum ekerek tarım yapmaya başladığı tarih öncesi çağlardan 20. yüzyıl başlarına kadar geçen uzun süreç içerisinde, tohum yatağı hazırlama işleminde genellikle toprağı yırtarak işleyen aletler kullanılmıştır. Toprak işlemede pulluğun ortaya çıkışı ve yaygın olarak kullanılmaya başlaması ise I. Dünya Savaşının sonlarına rastlamaktadır.

Ancak 1950'li yıllara doğru sınırlı bir kaynak olan toprağın pulluk kullanımı sonucunda aşırı işleme ile yapısının bozulduğu ve işleme yoğunluğuna paralel olarak erozyonun arttığı, nemin ve organik maddenin azaldığı gözlenmiş, bu sakıncaları ortadan kaldıracak alternatif toprak işleme yöntemleri geliştirme çabaları başlamıştır.

Bu gelişme süreci içerisinde, bazı herbisitlerin de bulunmasıyla, toprak işlemez tarım ilk defa 1960'lı yıllar başında uygulamaya girmiştir. Daha sonra uygun anız mibzerlerinin geliştirilip seri olarak üretilmesiyle, toprak işlemez tarım 1960'ların ikinci yarısından itibaren ABD, Brezilya, Arjantin, İngiltere gibi ülkelerde özellikle ikinci ürün soya ve mısır üretiminde uygulanmaya başlamıştır (Anonim, 1983).

Tarımsal üretimin ilk aşaması ana üretim kaynağı olan toprağı işlemekle başlar. Kültür bitkisine daha iyi bir gelişme ortamı hazırlamak, iyi bir toprak işleme ile olanaklı hale gelebilir. 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.

Tarımsal işlemler arasında, toprak şartları çok iyi bir durumda olsa bile, genel olarak %60 oranında en fazla güç tüketimine toprak işleme neden olmaktadır (Shinners et al., 1993; Lazic and Turan, 1995). Bu nedenle toprak işleme maliyet yönünden bitkisel

Üretimde en pahalı işlemdir. Tahıl üretimi için gerekli çalışma süresinin yarıdan fazlasının toprak işleme ve tohum yatağı hazırlamada kullanılması ve bunun da ürün verimine %25'e ulaşan oranlarda etki yapması tarımsal üretimde toprak hazırlama işlemlerine ayrıcalıklı bir önem kazandırmıştır (Schönhammer, 1982; Eker ve Ülger, 1988).

Göktolga ve ark. (2006), Tokat ilinde şeftali üretiminin ve bu üretimde kullanılan girdilerin enerji eşdeğerlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma sonucu, şeftali üretiminde enerji eşdeğeri en yüksek oranın (%44.44) gübre girdisine ait olduğunu, bu oranı %23.49 ile elektrik, %20.92 ile yakıt girdisinin izlediğini bildirmişlerdir. Şeftali üretiminde enerji girdi/çıkış oranı 0.93 olarak hesaplanmış ve bu oranın düşük olmasının, şeftali üretiminde girdilerin etkin bir şekilde kullanılmadığını ve bu durumun birtakım çevresel sorunları beraberinde getirmekte olduğunu açıklamışlardır.

Collins (1977), kimyasal nadaslı doğrudan ekimde enerji tüketimi, kara nadaslı geleneksel toprak işleme sistemi enerji tüketiminin %68'i kadar olmasına karşın, verimin daha az olması nedeniyle 1 kg buğday için gerekli enerji miktarı geleneksel toprak işleminin 2-3 katı, maliyetinin de 2.5-3 katı daha fazla olduğu, enerji randımanının ise 1/3'ü kadar olduğu belirlenmiştir. Geleneksel toprak işleme-ekim sisteminde enerji tutum olanaklarını şöyle sıralayabiliriz; minimum toprak işleme, toprak işleme derinliği ile sayısının azaltılması ya da kaldırılması, kuyruk milinden hareketli aletlerin kullanılması, tarla işlerinin birleştirilerek trafiğin azaltılması, traktör-alet uyumluluğunun sağlanması, ekim nöbeti ve uygun gübreleme gibi önlemlerle gübre girdisinin azaltılması, daha uygun kimyasal madde üretimiyle ilaç girdisinin

azaltılması (Dunn, 1977; Downing, 1977; Wingate-Hill and Johnson, 1977; Griffith and Parsons, 1981; Gökçebay, 1984).

2008 yılı itibariyle ülkemizde tüketilen toplam enerjinin sektörel bazda dağılımında konut sektörü %35.60, sanayi sektörü %32.27, ulaştırma sektörü %20.17, tarım sektörü %6.50 ve enerji dışı alanlar %5.46 pay almaktadır (Eren, 2011).

Geleneksel toprak işleme, koruyucu toprak işleme ve özellikle sıfır toprak işleme göre makine yatırımı, bakım-onarım ve işgücü 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, 2012).

Alpkent (1984), 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.

Özsert ve Kara (1987;1998), kuru tarımda tahıl üretimiyle ilgili olarak yaptıkları bir derlemede; enerji açısından değişik toprak işleme sistemlerini incelemişlerdir. Geleneksel toprak işleme sisteminde en fazla yakıt tüketiminin birincil ve ikincil toprak işlemede gerçekleştiğini ve tohum yatağı hazırlığında harcanan yakıtın, toplam yakıtın yarısından çoğunu (%62) oluşturduğunu; azaltılmış toprak işleme ile yakıt tüketiminde %36 oranında tasarruf sağlandığını ifade etmişlerdir. Doğrudan ekimde en fazla yakıt tüketiminin büyük çeki gücü isteği nedeniyle ekim işleminde ortaya çıktığını yakıt, makina ve insan işgücü, kimyasal madde, gübre ve tohum ihtiyacının geleneksel toprak işleme sisteminde 8738 MJ/ha, azaltılmış toprak işlemede 8065.4 MJ/ha ve doğrudan ekim sisteminde ise 7938.6 MJ/ha'lık bir enerji gereksinimine ihtiyaç olduğunu belirlemişlerdir.

Toros (1991), Çukurova yöresinde buğday ve ikinci ürün soya tarımı üzerine yürüttüğü bir çalışmada enerji tüketimlerini incelemiştir. Enerji gereksinimi; buğdayda makina ve alet için %13 iken, gübre için %62.5 gibi yüksek bir değere çıktığını, aynı şekilde

soyada ise makina ve alet için %37 ve gübre için %29 gibi bir değere ulaştığını rapor etmiştir.

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. Aynı şekilde, ülkemizde gübre enerji eşdeğeri toplam enerji girdisi içerisinde %45.8 gibi bir orana sahipken, ABD'de yapılan benzeri bir çalışmada gübrenin payı %21 civarında bulunmuştur (Anonim, 1989). 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 639.05 MJ/ha iken, ABD'de 2827.1 MJ/ha düzeyindedir. Bu karşılaştırma ülkemizde henüz istenilen mekanizasyon düzeyine ulaşamadığını göstermektedir.

Farsaie et al. (1985), tarafından; kışık kolza, soya fasulyesi, ayçiçeği ve yerfıstığı yağı üretiminde toplam enerji ve yakıt enerjisi girdi ve çıktılar değerlendirilmiş, buna göre çıktılar girdilerden daha yüksek bulunmuştur. Enerji çıktı/girdi oranı, geleneksel toprak işlemeyle ayçiçeği üretiminde 2.62, toprak işlemez soya üretiminde ise 7.47 olarak hesaplanmıştır (Sabah, 2010).

Arıkan (2011), Adana ilinde kışık 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 (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; 2.9; 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.

Bu çalışmada, Erzurum yöresi sulu ve kuru tarım koşullarında buğday 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 alanlarında yürütülmüştür. Düz bir topoğrafik yapıya sahip olan deneme alanlarındaki başlıca toprak grupları alüviyal ve kolüviyallerdir. Deneme alanlarında yapılan toprak analizleri sonucunda %49.4 kum, %24 silt ve %26.6 kil belirlenmiş ve bünye sınıfı kumlu killi tın olarak tespit edilmiştir.

Çakılı olarak sulu ve kuru tarım koşullarında, 9 yıl süreyle yürütülen deneme tesadüf blokları deneme planına göre, üç tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Denemede suluda; fiğ, buğday ve ayçiçeği, kurda ise; fiğ, buğday ve nadas' tan oluşan üçlü münavebe esas alınmıştır. 15x40 m²'lik parsellerde yürütülen denemelerde uygulanan toprak işleme-ekim sistemleri;

S₁–Geleneksel toprak işleme; Sulu, (Kulaklı pulluk+ diskli tırmık +kombikrüm+ diskli ekim makinası)

S₁–Geleneksel toprak işleme; Kuru, (Kulaklı pulluk+ kültivatör+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 her iki tarım koşullarında da Macar fiği (popülasyon çeşidi) ile başlanılmış, münavebe sırasına göre buğday (Bezostaja) ve ayçiçeği-nadas ile devam edilmiştir. Yakıt tüketimleri ve iş başarıları deneme esnasında ölçülerek belirlenmiştir. Toprağın gübre ihtiyacı; her bir sistemin 0-20 cm işleme derinliğinden alınan toprak verimlilik analizi sonuçlarına göre belirlenmiştir.

Yakıt–yağ enerjisi (MJ/ha):

Yakıt tüketimi depo tamamlama yöntemi ile belirlenmiştir. Yağ tüketimi ise tüketilen diesel yakıtın %4.5'i olacak şekilde dikkate alınmıştır (Özcan, 1985;Alpkent, 1984).

$$YKE = YT \times YKED \quad (1)$$

$$YGE = (YT \times 0.045) \times YGED \quad (2)$$

YKE:Yakıt enerjisi

YGE: Yağ enerjisi

YT:Yakıt tüketimi (L/ha)

YKED: Yakıtın enerji değeri (MJ/L)

YGED:Yağın enerji değeri (MJ/L)

Bir litre diesel yakıtın enerjisi: 35.69 MJ, bir litre diesel motor yağının enerjisi: 6.51 MJ alınmıştır (Ejilaj and Asere, 2008).

İnsan işgücü enerjisi (İİE) : (MJ/ha)

$$İİE = İG \times BİG \quad (3)$$

İİE:İnsan işgücü enerjisi

İG: İnsan işgücü (h/ha)

BİG: Birim insan işgücü (MJ/h)

Birim insan işgücü için: 2.3 MJ/h alınmıştır (Dinger, 1980).

Traktör ve alet–makina imalat enerjisi

(Agregat Enerjisi): Traktör ve alet/makine imalat enerjisi aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır (Önal ve Tozan, 1986; Yıldız ve ark.,1990).

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

AG: Agregat enerjisi (MJ/ha)

G: Traktör veya alet-makina ağırlığı (kg)

E: Traktör veya alet-makinanın birim ağırlığının üretimi için gerekli enerji miktarı (MJ/kg)

E değeri; traktör için 158.5 MJ/kg ve alet-makinalar için 121.3 MJ/kg olarak dikkate alınmıştır (Keener and Roller, 1975).

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

Efektif İş Başarısı: Traktörle birlikte kullanılan alet-makinaların efektif iş başarısı (ha/h)

Gübre enerjisi:

Gübre enerjisi farklı dönemlerde hektara atılan gübrenin miktarı (Ekim ile birlikte verilen %46'lık P₂O₅ ve %17'lik N ihtiva eden Diamonyum fosfat ile kardeşlenme döneminde verilen % 46'lık Üre) esas alınarak belirlenmiştir. Gübre enerji değeri Amonyum sülfat için 11.96 MJ/kg ve Üre için 64.4 MJ/kg olarak dikkate alınmıştır (Önal ve Tozan, 1986).

Tohumluk enerji değeri:

Buğday için 16.7 MJ/kg ve buğday sapı için 17.17 olarak dikkate alınmıştır MJ/kg (Özcan, 1985; Alpkent, 1984).

Enerji kullanım etkinliği

Enerji kullanım etkinliğini belirleyebilmek amacı ile çıktı/girdi oranı ve enerji verimliliği katsayıları Öztürk, 2010'a göre 5,6,7 ve 8 nolu eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir.

$$\text{Çıktı/Girdi Oranı} = \frac{\text{TEÇ}}{\text{TEG}} \quad (5)$$

TEÇ: Toplam enerji çıktısı (MJ/ha)

TEG: Toplam enerji girdisi (MJ/ha)

Özgül enerji (MJ/kg), üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır.

$$\text{Özgül Enerji} = \frac{\text{TEÇ}}{\text{TÜM}} \quad (6)$$

TEG: Toplam enerji girdisi, (MJ/ha)

TÜM: Toplam ürün miktarı, (Kg/ha)

Enerji üretkenliği (kg/MJ), hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır.

$$\text{Enerji Üretkenliği} = \frac{\text{TÜM}}{\text{TEG}} \quad (7)$$

Net enerji verimi (MJ/ha), birim alandan edilen ürünün enerji karşılığı ile aynı alan için harcanan toplam enerji girdisi arasındaki fark olarak tanımlanır.

$$\text{Net Enerji Verimi} = \text{TEÇ} - \text{TEG} \quad (8)$$

Sistemlerin enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi için, sistemlerde yer alan her bir alet ve makinasının yakıt tüketimleri belirlenmiş ve zaman etütleri yapılmıştır. Analiz ve değerlendirmeler ZET bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmıştır (Özden, 1995).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Sulu ve kuru tarım koşullarında buğday 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.

Sulu ve kuru tarım koşullarında buğday üretiminde farklı toprak işleme-ekim uygulamaları için birim üretim alanı başına yakıt tüketimleri Çizelge 1'de ve yakıt enerjisi eşdeğerleri Çizelge 3 ile Çizelge 4'te verilmiştir. Buna göre sulu ve kuru tarım koşullarında en yüksek yakıt tüketim değeri S₁ sisteminde 62.15-63.90 L/ha olarak elde edilmiştir. Kullanılan bu yakıt miktarına karşılık olarak, toplam 2236.18-2440.84 MJ/ha yakıt-yağ enerjisi tüketilmiş ve toplam enerji girdilerinde ortalama %8.02-19.52 arasında bir oran teşkil etmiştir (Çizelge 5).

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 5.60-11.58 h insan işgücüne karşılık olarak (Çizelge 1), ortalama 12.88-26.63 MJ/ha insan enerjisi tüketilmiş, bu değer %0.10-0.21'lik bir oranla en düşük girdiyi oluşturmuştur (Çizelge 3, Çizelge 4).

Sulu ve kuru tarım koşullarında 3 yıllık ortalama buğday dane ve sap verimleri Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre toplam verimde (dane+sap) her iki tarım koşulunda da geleneksel toprak işleme sisteminde en iyi, doğrudan ekim sisteminde ise en az verim elde edilmiştir.

Buğday üretiminde alet/makina kullanımı sonucunda 1 ha alanda tüketilen ortalama 533.03-772.99 MJ imalat enerjisine karşılık, toplam girdi enerjisi %3.63-6.18 arasında bir oran teşkil etmiştir.

Enerji girdileri içerisinde 6041-9491 MJ/ha'lık girdiye sahip gübre üretim enerjisi değerleri %50.96-68.43'lik oranlar ile en yüksek girdiyi oluşturmuştur.

Buğday üretiminde her iki tarım koşulunda da hektara 180 kg ekim normunda Bezostaya çeşidi

ekilmiştir. Bu ekim normunda, bir ha üretim alanı için 3006 MJ' lük tohumluk enerjisi girdisi harcanmış ve bu değer %19.42-28.61'lik bir oranla girdiler içinde 2. sırada yer almıştır.

Sulu ve kuru tarım koşullarında dokuz yıl süren bu çalışmanın 3 yıllık kısmını oluşturan buğday üretiminde en yüksek girdi ve çıktı değerleri geleneksel toprak

işleme sisteminde, en düşük girdi ve çıktı değerleri ise doğrudan ekim sisteminde ortaya çıkmıştır.

Sulu tarım koşullarında enerji oranı (çıktı/girdi), özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji verimi değerlerinde S₁ sistemi diğerlerinden daha iyi sonuç vermiştir.

Çizelge 1. Sulu ve kuru tarım koşullarında işletme parametreleri

Sistemler	Bazı işletme parametreleri					
	Sulu			Kuru		
	Yakıt Tüketimi (L/ha)	Efektif İş Başarısı (ha/h)	İnsan İşgücü (h/ha)	Yakıt Tüketimi (L/ha)	Efektif İş Başarısı (ha/h)	İnsan İşgücü (h/ha)
S ₁	62.15	0.13	10.79	63.90	0.11	11.58
S ₂	38.19	0.21	7.19	38.17	0.20	7.47
S ₃	38.50	0.22	7.01	37.80	0.22	6.93
S ₄	21.99	0.38	5.85	22.11	0.39	5.60

Çizelge 2. Sulu ve kuru tarım koşullarında ortalama verim değerleri

Sistemler	Verim değerleri (Kg/ha)					
	Sulu			Kuru		
	Dane	Sap	Toplam	Dane	Sap	Toplam
S ₁	5711	8764	14475	3852	5834	9686
S ₂	4944	7562	12506	3534	5244	8778
S ₃	4855	7465	12320	3438	5220	8658
S ₄	4795	7520	12315	3362	5205	8567

Çizelge 3. Sulu tarım koşullarında ortalama enerji eşdeğerleri (MJ/ha)

Sistemler	Yakıt-Yağ	İnsan İşgücü	Makine İmalat	Gübre	Tohum	Toplam Girdi	Toplam Çıktı
S ₁	2236.18	24.81	721.23				
Traktör	-	-	315.13				
Pulluk	967.62	9.17	67.30	9491	3006	15479	245853
Diskaro	366.87	3.21	32.68				
Kombikrüm	301.90	2.62	28.31				
Ekim Makinası	236.37	4.88	29.56				
Hasat	363.43	4.93	248.24				
S ₂	1374.15	16.53	522.03				
Traktör	-	-	170.42				
Kültivatör	476.93	4.61	48.67	9445	3006	14364	212396
Kombikrüm	299.26	2.51	27.13				
Ekim Makinası	234.53	4.48	27.57				
Hasat	363.43	4.93	248.24				
S ₃	1385.26	16.12	551.13				
Traktör	-	-	163.11				
Dik Rotavatör	788.95	6.71	112.26	9491	3006	14449	209245
Ekim Makinası	232.89	4.47	27.51				
Hasat	363.43	4.93	248.24				
S ₄	791.19	13.46	568.35				
Traktör	-	-	77.04				
Doğrudan Ekim Mak.	427.76	8.52	243.06	9491	3006	13869	209190
Hasat	363.43	4.93	248.24				

Çizelge 4. Kuru tarım koşullarında ortalama enerji eşdeğerleri (MJ/ha)

Sistemler	Yakıt-Yağ	İnsan İşgücü	Makine İmalat	Gübre	Tohum	Toplam Girdi	Toplam Çıktı
S₁	2440.84	26.63	772.99				
Traktör	-	-	352.41				
Pulluk	995.01	9.44	69.42				
Diskaro	501.35	4.64	48.56	6371	3006	12503	164498
Kombikrüm	313.17	3.10	33.61				
Ekim Makinası	245.97	4.51	20.76				
Hasat	385.34	4.93	248.24				
S₂	1457.24	17.17	536.54				
Traktör	-	-	183.76				
Kültivatör	516.45	5.04	52.85				
Kombikrüm	307.72	2.97	32.19	6041	3006	11002	149056
Ekim Makinası	247.73	4.23	19.49				
Hasat	385.34	4.93	248.24				
S₃	1442.63	15.93	544.90				
Traktör	-	-	163.08				
Dik Rotavatör	809.19	6.70	113.81	6151	3006	11100	147045
Ekim Makinası	248.10	4.29	19.77				
Hasat	385.34	4.93	248.24				
S₄	842.99	12.88	548.35				
Traktör	-	-	72.23				
Doğrudan Ekim Mak.	457.64	7.94	227.88	6096	3006	10506	145507
Hasat	385.34	4.93	248.24				

Çizelge 5. Sulu ve kuru tarım koşullarında sistemlerin ortalama enerji girdisi dağılımı (%)

Enerji girdileri	Sistemlerin % Enerji Değerleri							
	S ₁		S ₂		S ₃		S ₄	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Yakıt – Yağ	14.45	19.52	9.57	13.24	9.59	13.00	5.70	8.02
İnsan İşgücü	0.16	0.21	0.12	0.16	0.11	0.14	0.10	0.12
Makina İmalat	4.66	6.18	3.63	4.88	3.81	4.91	4.10	5.22
Gübre	61.31	50.96	65.76	54.91	65.68	55.42	68.43	58.02
Tohum	19.42	24.04	20.93	27.32	20.80	27.08	21.67	28.61
Toplam Enerji	100		100		100		100	

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sulu ve kuru tarım koşullarında buğday üretiminin toplam enerji girdilerinde, sistemleri oluşturan tarım alet/makinaları arasında birim alan (ha) başına yakıt-yağ ve insan işgücü enerji girdisinde en yüksek değeri pulluk oluşturmuş, bunu doğrudan ekim makinası, dik rotavatör ve biçerdöver takip etmiştir. Makine imalat enerji girdisinde ise biçerdöver ilk sırayı almış, bunu doğrudan ekim makinası ve dik rotavatör takip etmiştir. Yakıt-yağ, insan ve makine imalat enerji girdisinde en düşük değer ise, ikinci sınıf toprak işleme aleti olan kombikrüm de ortaya çıkmıştır (Çizelge 3, Çizelge 4).

Her iki tarım koşulunda ve tüm sistemlerde toplam enerji tüketiminin %51.95-68.45'ni oluşturan ve bunun karşılığında 6041-9491 MJ/ha arasında girdi enerjisi olan kimyasal gübre en yüksek paya sahip olmuştur. İkinci sırayı, her sistemde aynı ekim normunda verilen %19.82-28.63'lik bir enerji tüketim oranı ve 3006 MJ/ha enerji girdisi ile tohum oluşturmuştur. En düşük girdi oranını ise %0.10-0.22 oran ve 12.88-26.63 MJ/ha enerji girdisi ile insan işgücü oluşturmuştur (Çizelge 5).

Buğday üretiminde harcanan enerji parametrelerinin toplamında, her iki tarım koşulunda

da kullanılan tarım alet/makinalarından kaynaklanan ve yoğun işgücü oluşturan geleneksel toprak işleme sistemleri yüksek enerji girdisini teşkil etmiştir. Buğday verim değerlerinden hesaplanan toplam çıktı enerji eşdeğerleri açısından en yüksek değer, her iki tarım koşulunda da S_1 (geleneksel toprak işleme) sisteminde gerçekleşmiş, bunu S_2 , S_3 ve S_4 sistemleri takip etmiştir (Çizelge 3, Çizelge 4).

Enerji girdilerinin hesaplanmasında kullanılan yakıt tüketimi (L/ha) ve İnsan işgücü (h/ha) parametreleri incelendiğinde, tarla trafiğinin çok yoğun olduğu S_1 sistemindeki değerlerin diğer sistemlere göre oldukça yüksek olduğu ve en düşük değerlere sahip olan S_4 sistemine göre yaklaşık üç kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Sulu ve kuru tarım koşullarında toplam çıktıyı oluşturan verim (dane+sap) değerleri sistemler bazında incelendiğinde; S_1 sisteminde en yüksek değerler elde edilmiş, bunu sırasıyla S_2 , S_3 ve S_4 sistemleri takip etmiştir (Çizelge 2).

Bitkisel üretimde temel amaç en az masrafla optimum verim elde etmek ve enerjiyi etkin bir şekilde kullanmaktır. Bu amaçla buğday üretimi sonucunda elde edilen toplam çıktıya ait enerji miktarının, buğday üretiminde kullanılan toplam girdinin enerji miktarına oranları (çıktı/girdi) incelendiğinde, sulu tarım koşulunda geleneksel toprak işleme sistemi (S_1) %15.88'lik oranla ilk sırayı almış, bunu doğrudan ekim sistemi (S_4) %15.08'le takip etmiştir. Kuru tarım koşulunda ise doğrudan ekim sistemi %13.85 ile ilk sırayı almış, bunu sırasıyla S_2 , S_3 ve S_1 sistemleri takip etmiştir (Çizelge 6).

Birim miktar (kg) buğday üretmek için, tüketilen enerji miktarını (MJ) ifade eden özgül enerji değeri açısından sistemler incelendiğinde; sulu koşullarda S_1 (1.07 MJ/kg) sistemi en yüksek enerji etkinliğini oluşturmuştur. Bunu S_4 , S_2 ve S_3 sistemleri takip etmiştir. Kuru koşullarda ise S_4 sistemi (2.02 MJ/kg) en yüksek enerji etkinliğini oluşturmuş, bunu S_2 , S_3 ve S_1 sistemleri takip etmiştir (Çizelge 6).

Tüketilen birim miktar (MJ) enerjiye karşılık sistemler bazında üretilen buğday miktarı (kg) incelendiğinde; sulu koşullarda, S_1 (0.94 kg/MJ) en yüksek enerji üretkenlik değerini oluşturmuş, bunu S_4 , S_2 ve S_3 sistemleri takip etmiştir. Kuru koşullarda ise S_4 sistemi (0.50 MJ/kg) en yüksek enerji etkinliğini oluşturmuş, bunu S_2 , S_1 - S_3 sistemleri takip etmiştir (Çizelge 6).

Net enerji verimi değerleri incelendiğinde; hem sulu, hem de kuru tarım koşullarında S_1 sistemi (230374-151994 MJ/ha) en iyi enerji etkinliği sonucunu vermiştir (Çizelge 6).

Erzurum ili buğday üretiminde yürütülen bu çalışmada sulu koşullardaki sistemlerin ortalama enerji girdisi (14540 MJ/ha) ve üretim sonucunda elde edilen ortalama enerji çıktısı değerleri (219171 MJ/ha), kuru tarım koşullarındaki enerji girdisi (11278 MJ/ha), çıktısı (151527 MJ/ha) değerler ile diğer enerji kullanım değerlerine göre daha yüksek olup, sulu koşullar enerjiyi, kuru koşullara göre daha etkin kullanmıştır.

Sonuç olarak, enerji etkinliği değerini arttırmak için ya verimin artırılması ya da girdilerin azaltılması gerekmektedir. Verimin artırılması belirli sınırlar içerisinde sağlanabilir, fakat enerji kullanım etkinliği girdilerin bilinçli bir şekilde uygulanmasıyla azaltılabilir. Etkin olmayan enerji kullanımının ülke tarımında çevresel problemlere, küresel ısınmaya ve yüksek maliyetlere sebep olacağı, oluşturulacak yeni tarım politikalarıyla tarımın sürdürülebilirliğini ve etkin enerji kullanımını sağlayacak, geleneksel toprak işleme-ekim sistemine alternatif olabilecek, yöreye uygun değişik toprak işleme-ekim sistemlerinin kullanılması kaçınılmazdır. Böylece bütün kaynakların etkin kullanımı sağlanarak en yüksek çıktıya dönüştürülmesi, tarımsal ve çevresel sürdürülebilirlik için yaşamsal önem taşımaktadır.

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. Nitekim ABD toplam tarım alanlarının %15.60'ında, Arjantin %60.67'de, Brezilya %2.86'da ve daha pek çok ülkede doğrudan ekim yapılmaktadır (Derpsch ve Friedrich, 2009).

Çizelge 6. Buğday üretiminde enerji kullanım etkinliği

Sulu	Enerji oranı (çıktı/girdi)	Özgül Enerji (MJ/kg)	Enerji Üretkenliği (kg/MJ)	Net Enerji Verimi (MJ/ha)
S ₁	15.88	1.07	0.94	230374
S ₂	14.79	1.15	0.87	198032
S ₃	14.48	1.17	0.85	194796
S ₄	15.08	1.13	0.89	195320
Kuru				
S ₁	13.16	2.14	0.47	151994
S ₂	13.55	2.10	0.48	138054
S ₃	13.25	2.13	0.47	135945
S ₄	13.85	2.02	0.50	135001

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alpkent, N., 1984. Tarımda Enerji Kullanımı ve Enerji Tasarrufu. *Milli Produktivite Merkezi Yayınları* No: 296, Ankara.
- Anonymous, 2012. Conservation Agriculture: Economic Benefits, <http://www.ecaf.org/>.
- Anonymous, 1983. *Fundamentals of No-Till Farming*. American Associations for Vocational Instructional Materials. Driftmier Engineering Center Athens, GA 30602.
- Anonymous, 1989. Energy Consumption and Input-Output Relation of Field Operation, FAO, Rome
- 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, S:335-342
- Collins, G.G., 1977. Chemical Fallowing on Heavy Soils in South Australia. Energy Conservation in Crop Production, Proceeding of The International Conference. Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Çakır, R., G. Keçecioglu, 1988. Buğday ve Mısır Bitkilerinde Çizel ve Pullukla Toprak İşlemede Enerji Gereksinimi. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi. 164-171, Erzurum.
- Davoodi, M.J.Ş., E. Housyar, 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.
- Derpsch, R., T. Friedrich, 2009. Global Overview of Conservation Agriculture No-Till Adoption. 4th World Congress on Conservation Agriculture New Delhi, India, 4 – 7 February.
- Dinçer, H., 1980. Tarımsal Üretim Enerji Esaslarına Göre Değerlendirilmesi. 5. Tarımsal Mekanizasyon Semineri, İzmir.
- Downing, C.G.E., 1977. Mulch Tillage Practices and Equipment for Cereal Crop Production İn Westerncanada. Energy Con. Proceed. Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Dunn, J. S., 1977. The Latest Developments in Mechanization and Engineering Aspects of Low Energy Crooping, Energy Con. Proceed. Mas.Uni. New Zealand
- Eker, B., P. Ülger, 1988. Ayçiçeği Tarımında Kullanılan Toprak İşleme Aletlerinin Toprak ve Bitki Karakteristiklerine Etkilerinin Araştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi, 10-12 Ekim 1988, Erzurum, Türkiye.
- Ejilal, I.R., A.A. Asere, 2008. A Comparative 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., D. Akbolat, V. Demircan, Ç. Ekinci, 2005. Isparta İli Elma Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi," 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSEM) ve Sergisi, Bildiriler Kitabı sayfa 43-47, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (Sorghum Bicolor (L.) Moench) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji Ve Çevresel Etki Analizi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana
- Gökçebay, B., 1984. Pulluksuz Tarıma Doğru. *Tarım ve Mühendislik* Sayı : 14.43-47.
- Göktolga, Z. G., B Gözener, O. Karkacier, 2006. Şeftali Üretiminde Enerji Kullanımı: Tokat İli Örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 39-44.
- Griffith, D.R., S.D. Parsons, 1981. Energy Equipments for Various Tillage - Planthing Systems. (Tillage) Id - 141, Coop. Ext. Ser. Purdue Uni. Indiana..
- Keener, H.M., W.L. Roller, 1975. Energy Production by Field Crops. Asea Paper No : 75 -3021, St Joseph, Michigan 49085.
- Lazic, V., J. Turan, 1995. Factors of Fuel Consumption in Ploughing, Contemporary Agricultural Engineering.21(1)54-60.
- Önal, İ., M. Tozan, 1986. Sanayi Tipi Domates Yetiştiriciliğinde Alternatif Üretim Sistemlerinin İş Gücü

- Gereksinimleri ve Enerji Bilançosu. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi, 216-228, Adana.
- 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
- Özsert, İ., M. Kara, 1987. Kuru Tarım Tahıl Üretiminde Değişik Toprak İşleme-Ekim Sistemleri ve Enerji Gereksinimleri. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Simpozyumu, İzmir.
- Özsert, İ., M. Kara, 1998. Yeni Toprak İşleme – Ekim Sistemleri. Doğu Anadolu Tarım Kongresi, 14 – 18 Eylül, 1357 – 1368, Erzurum
- Öztürk, H.H., 2010. *Tarımsal Üretimde Enerji Yönetimi*. Hasad Yayınevi.
- Sabah, M. 2010. Söke Ovasında İkinci Ürün Yağlık Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanımı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana
- Schönhammer, J., 1982. Der Arbeitseffect Zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgerate. Aus Dem Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan, p:190.
- Shinners, K.J., J.M. Wilkes, T.D. England, 1993. Performance Characeristics of a Tillage Machine With Active-Passive Components. J.Agrich. Engineering Res.,55,277-297.
- Toros, H., 1991. *Çukurova Yöresinde Buğday İkinci Ürün Soya Tarımında Kullanılan Alet ve Makinalarının Yakıt, Zaman Verileri, İş Başarıları*. (Ara Sonuç Raporu). T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 164, Tarsus.
- Wingate-Hill, R., R.I. Johnson, 1977. Usage and Conservation of Fuel for Wheat Production in New South wales. Energy con. Proceed. Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Yaldız, O., H.H. Öztürk, A. Başçetinçelik, 1990. Energieblanz Bei Den Wichtigsten Producten Im Geibet Çukurova (Türkei). Grundlagen Der Landtechnik Band 40, No:2, S. 65 – 66, Vdi Verlag Cmbh – Düsseldorf.
- Yaldız, O., H.H. Öztürk, Y. Zeren, A. Başçetinçelik, 1993. Türkiye Tarla Bitkileri Üretiminde Enerji Kullanımı. 5th. Internationale Congress on Agricultural Mechanization and Energy, pp,527-537,12-14 Ekim, Kuşadası.