



Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences

Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında Silajlık Mısır Üretiminde Toprak İşleminin Enerji Kullanım Etkinliğine Etkisi

Ebubekir ALTUNTAŞ^{1*}, Engin ÖZGÖZ¹, Serkan DEDE²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

²Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü, Tokat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi: 12.02.2018

Kabul tarihi: 09.04.2018

Anahtar Kelimeler:

Korumalı toprak işleme

Sırtta ekim

Enerji çıktı/girdi oranı

Özgül enerji

ÖZET

Bu çalışmada, Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında ikinci ürün silajlık mısır tarımında geleneksel toprak işleme sistemi (kulaklı pulluk + kültivatör + dişli tırmık) (G) ve koruyucu toprak işleme sistemi (çizel + dişli tırmık) (K) ile ekim sistemleri olarak düze ekim (D) ve sırta ekim (S) sistemlerinin enerji kullanım etkinliği incelenmiştir. Denemelerde tohumluk olarak TTM-183 silajlık mısır çeşidi kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek özgül enerji değeri toprak işleme sistemlerine göre geleneksel toprak işlemeli sırta ekim sisteminde (GS, 0.382 MJ kg⁻¹) bulunurken, en yüksek enerji oranı ise korumalı toprak işlemeli düze ekim sisteminde (KD, 15.61) belirlenmiştir. Silajlık mısır üretiminde toplam girdi enerjileri içerisinde en yüksek payı kimyasal gübre enerjisi alırken, bunu yakıt enerjisi ve tohum enerjisi takip etmiştir. Bulgulara göre, Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında ikinci ürün silajlık mısır tarımında, çizel kullanımlı korumalı toprak işlemeli düze ekim (KD) sisteminin geleneksel toprak işleme sistemine alternatif olarak daha uygun ve enerji kaynakları ve çevre koruma açısından uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

Effect of The Different Tillage Systems on Energy Use Efficiency of Second Crop Silage Maize in Mid-Black Sea Transition Climate Belt

ARTICLE INFO

Article history:

Received date: 12.02.2018

Accepted date: 09.04.2018

Keywords:

Conservational tillage,

Ridge planting

Energy output/input ratio

Specific energy

ABSTRACT

In this study, the effects of different tillage system (conventional tillage system G: mouldboard plough + cultivator + spike tooth harrow) and conservational tillage system K: chisel + spike tooth harrow); planting system (flat (D) and ridge (S) planting system) on energy use efficiency of second crop silage maize in Mid-Black Sea Transition Climate Belt were investigated. TTM-813 silage maize seed was used in the experiments. According to the results, the highest specific energy was found in conventional tillage +ridge planting system (GS, 0.382 MJ kg⁻¹), whereas, the highest energy output/input ratio was found in conservational tillage + flat planting system (KD, 15.61). It was found that the highest usage ratio in total energy input belongs to fertilizer energy and fuel energy in silage maize production. In conclusion, conservational tillage + flat planting system (KD) was the appropriate system as alternative soil tillage system to conventional system was quite practicable for preservation of energy sources and environment for silage maize production in Mid-Black Sea Transition Climate Belt.

* Sorumlu yazar email: ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

1. Giriş

Tarım, endüstri, konut, ticaret ve ulaştırma sektörlerinde enerji kullanımını azaltmak için enerji kullanım etkinliğini arttırmak gerekmektedir. Tarımsal işletmelerde, kârlılığı artırmak için işletmeciliğe yönelik kararların doğru ve zamanında alınabilmesi, ürün ve üretim yöntemindeki farklılıklar dikkate alınarak, tüketilen enerji değerlerine ait verilerin alınması önemlidir (Şehri, 2012).

Tarımsal üretimde özellikle kullanılan kaynakların etkinliğini arttırıcı yönde planlamalar yapılması üretimin sürdürülebilirliğini sağlamanın yanında, tarım üretim politikalarının da, tarımda verimliliğinin artırılmasına yönelik olması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik kapsamında ekonomi, enerji ve çevre duyarlılığı dikkate alınmaktadır. Başarılı ve kârlı bir tarımsal üretim için; birim alandaki ürün ile harcanan enerji eşdeğerleri arasındaki oran enerji etkinliğinin belirlenmesinde bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Alternatif üretim yöntemlerinin karşılaştırılmasında enerji etkinliğinin yanında birim alan başına maliyet de göz önünde tutulmaktadır (Erdoğan, 2009).

Tarımsal üretimde enerji kullanımını etkileyen önemli faktörler, tarımsal işgücü, işlenen alan büyüklüğü ve mekanizasyon düzeyidir (Alam ve ark., 2005). Tarımsal üretimde, traktör ve tarım makineleri kullanımındaki harcanan enerji, üretimde uygulanan yöntemler ve yöre koşulları dikkate alındığında, mekanizasyon düzeyinin tespiti için önemlidir (Erdoğan, 2009). Tarımsal üretimdeki toplam enerji girdisinin toplam ürün enerjisine oranının azalmasıyla, mekanizasyon düzeyinde artış söz konusu olmaktadır. Tarımsal üretimde tarımsal mekanizasyon kullanımı, en önemli enerji tüketim kaynağı olup, diğer enerji tüketim kaynaklarıyla beraber değerlendirilerek tarımsal üretimin etkinliğinin artırılması sağlanabilir (Şehri, 2012).

Tarımsal üretim işlemlerinde tüketilen enerji miktarının belirlenmesiyle; enerji kaynaklarının sürdürülebilir ve daha etkin olarak kullanılması, üretim sistemlerindeki atık ve kayıpların belirlenmesi, alternatif ve etkin üretim yöntemlerinin geliştirilmesi mümkün olabilmektedir. Tarımsal üretimde enerji kullanımı dolaylı (tohumluk üretimi, kimyasal gübre, tarımsal savaş ilaçları, sulama, insan iş gücü ve tarım makineleri) ile doğrudan (yakıt, yağ, elektrik, doğal gaz, biyokütle vb.) olarak iki grupta değerlendirilmektedir (Arıkan, 2011).

Koruyucu toprak işleme; su ve toprağın korunması için tarlada yeterli bitki örtüsünün ve artığın bırakıldığı, enerji kullanımı ve maliyetin en aza indirildiği bir uygulamadır (Köller, 2003). Toprak işleme ve ekim sistemleri koordineli uygulanırsa enerji kârlılığı sayesinde sürdürülebilir bir tarımsal üretim sağlanabilmektedir. Sırtta ekim sistemi, toprak işleme ve ekim sistemleri içerisinde kendine özgü bir yere sahip olup, sürdü-

rülebilir tarım için önemlidir. Sırtta ekim sistemi koruyucu toprak işleme ve ekim sistemleri kapsamında; yakıt, gübre, herbisit, su kullanımında önemli avantajlar sağlamaktadır. Mısır için sırt yüksekliği 12-20 cm, karık genişliği 20-35 cm ve sırt aralığı ise 75-100 cm olabilmektedir (Sayre, 1998). Sırtta ekim sistemi, A.B.D'nin kuzey mısır kuşağında, mısır ve soya fasulyesi ürün rotasyonunda (Pikul ve ark., 2001) ve Meksika'nın değişik bölgelerinde buğday tarımında düze ekimin yerine kullanılmaktadır (Sayre ve Moreno Ramos, 1997).

Ülkemizde İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinde buğday, pamuk ve ikinci ürün mısır tarımında çeşitli araştırmacılar tarafından sırtta ekim sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Çekiç ve Savaşlı, 2003; Ozpınar ve Isık, 2004; Yalçın ve ark. 2009; Kılıçkan ve ark. 2010, Barut ve ark. 2011). Türkiye'de çayır ve mer'a yem bitkileri tarımı kapsamında silajlık mısır ekimi ve üretimi her geçen yıl artmaktadır. 2005 yılında 1.550 000 da ekili alanda 6 200 000 ton, 2010 yılında 2 937 336 da ekili alanda 12 446 450 ton ve 2015 yılında 4 231 233 da ekili alanda 19 684 599 ton üretime ulaşılmıştır (TUİK, 2016). Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında bulunan Tokat ilinde 2016 yılında 22 450 da ekim alanında 100 910 ton ürün elde edilmiştir (Anonim, 2017).

Türkiye tarımında farklı ekolojilerimizi içeren yörelerimizde yapılması gereken çalışmalar içerisinde; enerji, zaman ve insan işgücü tüketimlerinin azaltılması, parsel büyüklüklerinin düzenlenmesi, makinanın kullanım etkinliğini artırma ve özellikle sürdürülebilir bir toprak işleme ile tarla trafiği ve toprak sıkışmasının azaltılması, optimum gübreleme, sulama, ilaçlama ile hassas tarım uygulamalarının geliştirilmesi sayılabilir (Evcim ve ark. 2005). Toprak, su ve çevrenin korunumuna yönelik alternatif toprak işleme sistemlerinin uygulanabilirliği açısından toprak ve bitki özelliklerinin belirlenmesine ek olarak uygulanacak toprak işleme ve ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden de karşılaştırılması önemlidir. Enerji kullanım etkinliği kapsamında, enerji verimliliği (kg MJ^{-1}), özgül enerji (MJ kg^{-1}), net enerji (MJ ha^{-1}) ve enerji kârlılığı gibi değerler belirlenerek tarımsal üretim sistemlerinin enerji analizleri yapılabilmektedir.

Farklı toprak işleme ve ekim sistemlerinin tane mısır ve silajlık mısır üretimindeki enerji kullanımına etkilerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Yalçın ve Çakır (2006) Batı Anadolu'da silajlık mısır, Khaledian ve ark. (2010) Fransa'da silajlık mısır, Öztürk ve ark. (2006) Çukurova yöresinde ikinci ürün mısır, Rathke ve ark. (2007) Nebraska'da mısır-soya fasulyesi, Mohammadhossein ve ark. (2012) İran Fars yöresinde silajlık mısır, Barut ve ark. (2011) Akdeniz kıyı bölgesinde silajlık mısır, Gathala ve ark. (2016) Güney Asya'da mısır ve Baran ve Gokdogan (2016) Kırklareli yöresinde ikinci ürün silajlık mısır üretiminde toprak işleme sistemlerinin enerji kullanım etkinliğine etkisini karşılaştırmışlardır. Üretim sistemlerinde

girdi miktarlarındaki değişimler ile iklim ve toprak şartlarına bağlı olarak verimde değişimler meydana geldiği için ürün ve bölgelere göre benzer çalışmaların yapılması üretim planlaması açısından gereklidir.

Öztürk ve ark. (2006), ikinci ürün mısır üretiminde anızda ve anızsız koşullarda dört farklı toprak işleme sistemi için enerji girdi-çıkışı analizlerini karşılaştırmışlardır. Anızsız koşulda minimum toprak işlemede anızlı koşulda geleneksel toprak işleme sistemine göre %53.7 oranında daha az makine ve yakıt enerjisi tüketildiğini bulmuşlardır. Anızlı koşulda geleneksel toprak işleme ile anızsız minimum toprak işlemede toplam enerji tüketim ve enerji çıktı/girdi oranı değerlerini sırasıyla 20 608 MJ ha⁻¹ - 6.6 ve 19 102 MJ ha⁻¹ - 7.6 olarak belirlemişlerdir.

Barut ve ark. (2011) silajlık mısır üretiminde geleneksel toprak işleme, minimum toprak işleme, banda işleme, sırta işleme ve anıza ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Minimum toprak işleme sisteminde enerji kullanım etkinliğini 8.78, enerji verimliliğini 2.12 MJ kg⁻¹ ve enerji kârlılığını ise 7.78 olarak en yüksek değerde bulurken, bu değerlerin anıza ekim sisteminde en düşük olduğunu bulmuşlardır.

Özgöz ve ark. (2017), Orta Anadolu'da Marfona ve Hermes patates çeşitlerinin üretiminde enerji kullanım etkinliği yönünden en uygun toprak işleme sisteminin belirlenmesi amacıyla, sonbaharda ve ilkbaharda kulaklı pulluk+diskli tırmık+ekim, sonbaharda ve ilkbaharda çizel+diskli tırmık+ekim ve ilkbaharda toprak freze+ekim sistemlerini karşılaştırmışlardır. Enerji parametreleri üzerine çeşit ve toprak işleme sistemlerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Toprak işleme sistemlerinin tamamında toplam enerji girdisi içerisinde en büyük paya gübre enerjisinin sahip olduğunu ve bunu tohum, yakıt+yağ ve elektrik enerjisi girdisinin takip ettiğini ifade etmişlerdir. Sonuçta, ilkbaharda çizelin kullanıldığı toprak işleme sisteminin Orta Anadolu'da patates tarımında enerji kaynaklarının korunması ve çevre koruma açısından uygulanabilir olduğunu açıklamışlardır.

Altuntaş ve Dede (2007) yaptıkları çalışmada Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında II. ürün silajlık mısır üretiminde geleneksel ve korumalı toprak işleme ile düze ve sırta ekim sistemlerinin toprak, bitki ve verim özellikleri açısından karşılaştırmasını yapmışlardır. Bu yörede, ikinci ürün silajlık mısır tarımında sürdürülebilirliğin sağlanması açısından farklı toprak işleme ve ekim sistemlerinin enerji etkinliğinin karşılaştırılması ve en uygun sistemin yöre için önerilmesi sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bu düşünce ile bu çalışmada, Altuntaş ve Dede (2007) tarafından yürütülen çalışmadaki sistemlerin enerji etkinliği açısından karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında ikinci ürün silajlık mısır üretiminde kullanılan toprak işleme ve ekim sistemleriyle yapılan üretimin (Altuntaş ve Dede, 2007) enerji etkinliği ve özellikle de sırta ekimin enerji etkinliğinin silaj mısır üretimindeki etkisi de incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Denemeler, 2006 yılında Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında bulunan Tokat ili Erbaa ilçesi (37° 07' N enlem; 38° 52' E boylam) Karayaka Beldesinde 2400 m²'lik bir çiftçi tarlasında kumlu killi tın (%26.6 kil, %15.0 silt ve %58.4 kum) toprak tekstüründe yürütülmüştür. Bölge 375 m rakım ve %4 eğime sahiptir. Deneme alanı topraklarının 0-30 cm toprak derinliğindeki organik madde içeriği, pH, P₂O₅, K₂O ve kireç değerleri sırasıyla %1.96, 7.45, 0.94 kg da⁻¹, 114.60 kg da⁻¹ ve %21 olarak belirlenmiştir. Bölgenin, ikinci ürün silajlık mısır tarımının yapıldığı Temmuz ve Ekim ayları arasındaki ortalama sıcaklık, yağış ve nispi nem değerleri sırasıyla 22.1-12.5°C-10.6-36.8 mm, %55.7-66.1 olarak belirlenmiştir. Denemede tohumluk materyal olarak TTM-813 silajlık mısır çeşidi (1000 tane ve hektolitre ağırlıkları sırasıyla 226.3 g ve 89.5 kg) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan traktör ve tarım alet ve makinalarının bazı teknik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir (Dede, 2007; Altuntaş ve Dede, 2007).

Tablo 1

İkinci ürün silajlık mısır tarımında kullanılan makinaların bazı özellikleri (Altuntaş ve Dede, 2007).

| Makine | Ünite sayısı | İş genişliği (cm) | İş derinliği* (cm) | Ağırlık (kg) | Ekonomik ömür** (h) |
|------------------------|--------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| Traktör | - | - | - | 1816 | 12000 |
| Kulaklı Pulluk | 3 gövdeli | 90 | 30 | 320 | 2000 |
| Kültivatör | 9 ayaklı | 215 | 15 | 270 | 2000 |
| Çizel | 5 ayaklı | 130 | 30 | 329 | 2000 |
| Dişli tırmık | 37 dişli | 225 | 10 | 220 | 2000 |
| Lister | 3 gövdeli | 210 | 25 | 130 | 2500*** |
| Pnömatik ekim makinası | 4 sıralı | 210 | 7 | 650 | 1500 |
| Mısır silaj makinası | Tek sıralı | 70 | - | 600 | 2000 |
| Santrifüj pompa | - | - | - | 126 ^{&} | 32000 ^{&} |

* Denemede uygulanan değerler, ** ASAE (2011), ***(ANR, 2001), & (Tezer, 1978)

2.2. Metot

2.2.1. Deneme düzeni ve tarımsal faaliyetler

Denemeler, tesadüf blokları 2 faktörlü ve 3 tekrarlı deneme desenine göre planlanmıştır. Toprak işleme sistemlerinin yerleştirildiği ana parsel boyutları 60 x 40 m ve ekim sistemlerinin yerleştirildiği alt parsel boyutları ise 15 x 40 m'dir. Uygulanan toprak işleme sistemleri;

- Geleneksel toprak işleme (G): Kulaklı pulluk+ kültüvator+ dişli tırmık
- Korumalı toprak işleme (K): Çizel+ dişli tırmık ve ekim sistemleri ise;
- Düze ekim (D): Sırt yapmadan düze ekim
- Sırta ekim (S): Listerle 15x30 cm boyutlarında oluşturulan sırtlara ekimdir.

Deneme alanı buğday hasadından sonra, 03 Temmuz 2006 tarihinde salma sulama yöntemi ile sulanmış ve 10 gün kadar beklenerek, tarla toprak işlemeye uygun tava geldikten sonra 13 Temmuz 2006 tarihinde toprak işleme ve ekim yapılmıştır. Silajlık mısır ekimi; pnömatik ekim makinasıyla; 70 cm sıra aralığında, 20 cm sıra üzeri aralıkta (71428.6 tohum ha⁻¹), 6 km/h ilerleme hızında ve 7 cm derinlikte yapılmıştır. Ekim makinasıyla 25 kg da⁻¹ Diamonyum Fosfat gübresi ekim esnasında, ekim sonrasında ise 25 kg da⁻¹ Amonyum Sülfat elle verilmiştir. Tüm işlemlerde gücü 55 BG olan A-50 New Holland Fiat tarım traktörü kullanılmıştır. Çapalama işlemi elle ve listerle olmak üzere iki kez yapılmıştır. Silajlık mısırın yetiştirme döneminde bitkinin su ihtiyacı dikkate alınarak 2 kez yağmurlama ve iki kez salma sulama yapılmıştır. Hasat işlemi, 21 Ekim 2006 tarihinde mısır silaj hasat makinasıyla gerçekleştirilmiştir. Her parselden tesadüfi olarak seçilen 8 farklı sırada 4 m'lik şeritlerdeki bitkiler 5 cm yükseklikte anız bırakacak şekilde kesilerek tartılmış ve yeşil ot verimi (kg ha⁻¹) belirlenmiştir (Dede, 2007; Altuntaş ve Dede, 2007).

2.2.2. Enerji parametreleri ve analizleri

Geleneksel ve korumalı toprak işleme sistemleri ile düze ve sırta ekim yapılarak gerçekleştirilen ikinci ürün silajlık mısır tarımında kullanılan girdilerin ve çıktılarının enerji eşdeğerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Traktör ve makine imalat enerji girdisinin belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Barut ve ark. (2011).

$$MİE = \frac{G \times E}{t \times ETK} \quad (1)$$

Burada; MİE= makine imalat enerji girdisi (MJ ha⁻¹), G= traktör veya makinanın ağırlığı (kg), E= traktör veya makinanın imalat enerjisi eşdeğeri (MJ ha⁻¹), t= traktör veya makinanın ekonomik ömrü (h) ve ETK= traktör veya makinanın efektif tarla kapasitesi (ha h⁻¹)'dir.

Denemede kullanılan traktör ve tarım alet ve makinalarının ekonomik ömür ve efektif tarla kapasitesi değerleri ASAE (2011), Evcim (1990) ve Özden ve Soğancı (1996)'dan alınmıştır. Üretimde kullanılan makinaların yakıt tüketimi değerleri tarla çalışmaları esnasında belirlenmediğinden; kulaklı pulluk, çizel, kültüvator, dişli tırmık, lister ve pnömatik ekim makinası değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (ASAE, 1999; ASAE, 2006; ASAE, 2011; Heller ve ark., 2003). Santrifüj pompa için yakıt tüketimi hesaplamalarında Özmerzi ve ark. (2009)'dan yararlanılmıştır. Yağ tüketimi değerleri ise yakıt tüketiminin %4.5'i olacak şekilde hesap edilmiştir (Özcan, 1985; Alpkent, 1984).

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

$$P_T = (D_i S) / 3.6 E_m E_t \quad (3)$$

$$P_{pto} = a + bw + cF \quad (4)$$

$$Q_{dizel} = P_T(2.64(P_T/P_{Tmax}) + 3.91 - 0.203 \sqrt{738(P_T/P_{Tmax}) + 173}) \quad (5)$$

$$Q_{dizel\ pto} = P_{pto} * 0.305 \quad (6)$$

$$C_a = (S W E_f) / 10 \quad (7)$$

Eşitliklerde; D_i= çeki kuvveti (N); F_i= toprak tektürüne bağlı boyutsuz bir faktör; A, B, ve C= toprak işleme ve ekim makinasına özgü parametreler; S= çalışma hızı (km h⁻¹); W= makine iş genişliği (m); a, b, ve c= mısır silaj makinasına özgü parametreler; w= silaj makinesi iş genişliği (m); F= makine iş kapasitesi (t/h); 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_{dizel}= yakıt tüketimi (l h⁻¹); Q_{dizel pto}= mısır silaj makinası için yakıt tüketimi (l h⁻¹); P_T= işlem için toplam iş gereksinimi (kW); P_{Tmax}= maksimum elde edilen PTO gücü (kW); P_{pto}= kuyruk mili gücü (kW) (mısır silaj makinası için); C_a= tarla kapasitesi (ha h⁻¹); E_f= tarla etkinliğidir. Saatlik yakıt tüketimi değeri (Eşitlik 4) ile tarla kapasitesi (Eşitlik 5) değeri çarpılarak birim alandaki yakıt tüketimi (l ha⁻¹) bulunmuştur.

Tablo 2

İkinci ürün silajlık mısır tarımında kullanılan girdilerin ve çıktılarının enerji eşdeğerleri

| Girdi ve Çıktı (birim) | Enerji eşdeğeri (MJ birim ⁻¹) | Kaynak |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| GİRDİ | | |
| İnsan İş Gücü (h) | 2.3 | Kizilaslan (2009) |
| Tarım Makinası | 121.3 | Doering (1980) |
| Traktör | 158.3 | Doering (1980) |
| Gübreler | | |
| Azot (N) (kg) | 60.6 | Bojaca ve Schrevens (2010) |
| Fosfor (P) (kg) | 11.1 | Bojaca ve Schrevens (2010) |
| Potasyum (K) (kg) | 11.15 | Bojaca ve Schrevens (2010) |
| Yakıt (diesel) (l) | 47.8 | Hetz (1992) |
| Yağ (l) | 42.5 | Hetz (1992) |
| Sulama Suyu (m ³) | 0.63 | Yaldiz ve ark. (1993) |
| Tohumluk (kg) | 104 | Barut ve ark. (2011) |
| ÇIKTI | | |
| Ürün (kuru madde) (kg) | 5.5 | (Öztürk, 2011) |

Enerji parametreleri; silajlık mısır üretimindeki girdi kaynaklarının verimliliği ve etkin bir çıktıya dönüştüğünü belirlemek için kullanılmaktadır. Enerji parametreleri için silajlık mısır üretiminde kullanılan girdi ile ürün çıktılarının enerji eşdeğerleri karşılaştırılmakta olup; enerji oranı, özgül enerji, enerji üretkenliği, net enerji verimi ve enerji kârlılığı aşağıdaki eşitliklerden bulunabilmektedir (Erdoğan, 2009; Şehri, 2012).

$$EO=EÇ/EG \quad (8)$$

$$EV=ÜV/EG \quad (9)$$

$$ÖE=EG/ÜV \quad (10)$$

$$NE=EG-EÇ \quad (11)$$

$$EK=NE/EG \quad (12)$$

Eşitliklerde;

EO=Enerji oranı, EÇ=Enerji çıktısı (MJ ha⁻¹), EG=Enerji girdisi (MJ ha⁻¹), EV=Enerji verimliliği (kg MJ⁻¹), ÜV=Ürün verimi (kg ha⁻¹), ÖE=Özgül enerji (MJ kg⁻¹), NE= Net enerji (MJ ha⁻¹), EK=Enerji kârlılığını göstermektedir.

Toprak işleme ve ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliğine etkisini istatistiksel olarak belirlemek için SPSS 13 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi (LSD) yapılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Toprak işleme ve ekim sistemlerine göre ikinci ürün silajlık mısır verim değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Toprak işleme ve ekim sistemlerinin silajlık mısır verimine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Dede, 2007; Altuntaş ve Dede, 2007).

İkinci ürün silajlık mısır veriminde en düşük değer geleneksel toprak işlemeli düze ekim (GD) uygulamasında ve en yüksek değer ise korumalı toprak işlemeli düze ekim (KD) uygulamasında elde edilmiştir (Tablo

3). Çalışma alanının iklim ve toprak özellikleri ve ikinci ürün tarımı yapıldığı dikkate alındığında, silajlık mısır veriminin toprak ve nem koruma açısından korumalı toprak işlemeli sistemlerinde geleneksel toprak işleme sistemlerine göre daha yüksek sonuçlar vermesi oldukça önemlidir.

Toprak işleme ve ekim sistemlerinde toprak işlemeden hasata kadar uygulanan tüm işlemlerdeki toplam yakıt tüketimi değerlerine göre en yüksek yakıt tüketimi GS sisteminde, en düşük yakıt tüketimi ise KD sisteminde elde edilmiştir. GD, KS ve KD sistemlerinde elde edilen yakıt tüketimi değerleri GS sistemine göre sırasıyla %8.01, %21,79 ve %29,80 daha düşüktür (Tablo 3).

Silajlık mısır üretim girdilerinin ve çıktılarının enerji eşdeğerleri Tablo 4, enerji parametreleri ise Tablo 5'de verilmiştir. Çalışmada uygulanan sistemlerde her bir uygulama için girdi olarak aynı miktarda gübre, tohum ve su kullanıldığı için bu girdilerin enerji eşdeğerleri uygulamalara göre değişmemektedir. Uygulamalara göre farklılık gösteren insan işgücü, makine imalat, yakıt ve yağ enerji eşdeğeri girdileri kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme uygulamalarında hem düze ekim ve hem de sırta ekim için (GD ve GS) daha yüksektir. Yakıt ve yağ, insan işgücü ve makine imalat enerjisi girdisinin en düşük değerleri çizelin kullanıldığı korumalı toprak işlemeli düze ekim sisteminde elde edilmiştir. Silajlık mısır üretimi için makine imalat enerjisi değerleri KS sistemine göre GS sisteminde %34.60, GD sisteminde %21.43 oranında daha fazladır. Kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme sisteminde bir hektar alanda silajlık mısır üretilebilmek için gereksinim duyulan yakıt ve yağ enerjisi düze ekim ve sırta ekim için çizelin kullanıldığı korumalı toprak işlemeli düze ekim ve sırta ekim sistemlerine göre sırasıyla %30.96 ve %27.80 oranında daha fazladır (Tablo 4).

Tablo 3

İkinci ürün silajlık mısır tarımında farklı toprak işleme ve ekim sistemlerinde elde edilen yeşil ot verimi ve yakıt tüketimi değerleri.

| Toprak işleme ve ekim sistemleri | Yeşil ot verimi (kg ha ⁻¹)* | Yakıt tüketimi (l ha ⁻¹) |
|--|---|--------------------------------------|
| Geleneksel toprak işlemeli düze ekim (GD) | 75 258.9 | 120.28 |
| Geleneksel toprak işlemeli sırta ekim (GS) | 75 339.3 | 130.75 |
| Korumalı toprak işlemeli düze ekim (KD) | 75 800.0 | 97.79 |
| Korumalı toprak işlemeli sırta ekim (KS) | 75 709.8 | 102.26 |

* (Dede, 2007; Altuntaş ve Dede, 2007)

Tablo 4

İkinci ürün silajlık mısır üretimi için toprak işleme sistemlerinin toplam eşdeğer enerji değerleri (MJ ha⁻¹) ve % oranları

| Girdiler ve Çıktı | Toplam enerji değerleri (MJ ha ⁻¹) | | | |
|---------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| | GD | GS | KD | KS |
| A. Girdiler | | | | |
| İnsan | 225.24 (0.80) | 227.95 (0.79) | 219.28 (0.82) | 222.02 (0.81) |
| Makine imalat | 378.48 (1.34) | 419.51 (1.46) | 270.64 (1.01) | 311.68 (1.14) |
| Yakıt | 5 750.23 (20.36) | 6 250.51 (21.70) | 4 388.30 (16.43) | 4 888.58 (17.92) |
| Yağ | 240.60 (0.85) | 260.61 (0.90) | 186.11 (0.70) | 206.12 (0.76) |
| Kimyasal gübre | 17 925.0 (63.47) | 17 925.0 (62.23) | 17 925.0 (67.11) | 17 925.0 (65.72) |
| Tohum | 3 342.87 (11.84) | 3 342.87 (11.61) | 3 342.87 (12.52) | 3 342.87 (12.26) |
| Sulama | 378 (1.34) | 378 (1.31) | 378 (1.42) | 378 (1.39) |
| Toplam girdi | 28 240.43 (100) | 28 804.46 (100) | 26 710.21 (100) | 27 274.27 (100) |
| B. Çıktı | 413 924.95 | 414 366.15 | 416 944.00 | 416 403.90 |

Parantez içerisindeki rakamlar toplam enerji girdisi içerisindeki paylarını göstermektedir.

GD: Geleneksel düze ekim; GS: Geleneksel sırta ekim; KD: Korumalı düze ekim; KS: Korumalı sırta ekim

Toprak işleme sistemlerinin toplam enerji girdileri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Toprak işleme sistemlerinin toplam enerji girdilerine bakıldığında 1 ha alanda silajlık mısır üretmek için toplam enerji girdisi GS sisteminde (28 804.46 MJ ha⁻¹) en yüksek ve KD sisteminde (26 710.21 MJ ha⁻¹) ise en düşüktür (Tablo 4).

Barut ve ark. (2011), Akdeniz Bölgesi Çukurova'da silajlık mısır üretiminde enerji girdisinin geleneksel toprak işleme için 22 959.00 MJ ha⁻¹, minimum toprak işleme için 23 392.26 MJ ha⁻¹, sırta ekim için 23 779.96 MJ ha⁻¹ ve anıza ekim için 21 505.44 MJ ha⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Yalcin ve Çakir (2006), Ödemiş-İzmir yöresinde ikinci ürün silajlık mısır üretiminde toplam enerji gereksinimini 2002 ve 2003 yılları için anıza ekimde sırasıyla 59.9 GJ ha⁻¹ ve 59.5 GJ ha⁻¹, geleneksel toprak işlemede ise 62.4 GJ ha⁻¹ ve 62.3 GJ ha⁻¹ olduğunu açıklamışlardır.

Baran ve Gokdogan (2016), Trakya yöresinde ikinci ürün silajlık mısır tarımında 2011 ve 2012 yılları için ortalama enerji girdilerini ağır tip yaylı kültivatör kullanılan uygulamada 49 105.88 MJ ha⁻¹ ve pulluk kullanılan uygulamada ise 50 299.37 MJ ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Jacobs ve ark. (2016), Almanya'da farklı bölgeler ve yıllara göre silajlık mısırın toplam enerji girdisinin 19-22 GJ ha⁻¹ arasında değiştiğini, Sefeedpari ve ark (2012), Tahran-İran'da silajlık mısır için toplam enerji girdisini 36.5 GJ ha⁻¹ olduğunu; Houshyar ve ark. (2015) ise Fars-İran'da, silajlık mısır üretiminde toplam enerji girdisinin 45 589.64 – 68 598.65

MJ ha⁻¹ arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Buna göre incelenen literatürlerde verilen sonuçlarda farklı bölge ve yörelerde silajlık mısır üretimi için toplam enerji girdisi 19 000-68 598.65 MJ ha⁻¹ arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, silajlık mısır üretimi için harcanan toplam enerji girdisinin bölgelere göre değişkenlik gösterdiğini, dolayısıyla silaj mısır üretimi için enerji verimliliği analizlerinin bölgesel olarak yapılmasının gerekliliğini ve uygun toprak işleme sistemlerinin buna göre belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmada silajlık mısır üretim alanı için toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından, çizelin uygulandığı koruyucu toprak işlemeli düze ve sırta ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliği yönünden geleneksel toprak işlemeli ekim sistemlerine göre daha uygun sistem olması da önemli bir sonuçtur.

Toplam enerji girdisi içerisindeki kimyasal gübre enerjisinin payı GD ve GS sistemleri için sırasıyla %63.47, %62.23 bulunurken, KD ve KS sistemleri için ise sırasıyla, %67.11 ve %65.72 olarak bulunmuştur. GS sisteminde, toplam enerji girdisinin en yüksek olduğu kimyasal gübre enerjisi girdisini yakıt enerjisi (%21.70) ve tohum enerjisi girdisi (%11.61) takip etmektedir. Diğer sistemlerde de toplam enerji girdileri içerisinde en yüksek orandan en düşüğe doğru sıralama kimyasal gübre enerjisi girdisi, yakıt enerjisi ve tohum enerjisi girdisi şeklinde çıkmıştır. Diğer girdilerin enerji eşdeğerlerinin toplam enerji girdisi içerisindeki payları tüm toprak işleme sistemlerinde oldukça düşüktür (Tablo 4).

Benzer şekilde, Jacobs ve ark. (2016) Almanya’da bölgelere göre, silajlık mısırın toplam enerji girdisi içerisinde en yüksek payın kimyasal gübre enerjisinin %33–48 aralığında; yakıt ve yağ enerjisinin ise %34–40 aralığında olduğunu açıklamışlardır. Sefeedpari ve ark (2012)’da, Tahran-İran’da silajlık mısır için toplam enerji girdisi içerisinde kimyasal gübre enerjisinin en yüksek paya sahip olduğunu (%32.3), onu yakıt enerjisi (%26.5) ve sulama enerjisinin (%24.9) takip ettiğini ifade etmişlerdir. Farklı ürünlerde de toplam enerji girdisi içerisinde en yüksek payın gübre enerji girdisinin olduğu açıklanmaktadır. Bu anlamda; Mohammadi ve ark. (2008), Hamedani ve ark. (2011), Bakhtiari ve ark. (2015) ve Özgöz ve ark. (2017) patates; Marakoğlu ve ark. (2009) nohut; Baran ve Gökdoğan (2015) arpa üretiminde toplam enerji girdisi içerisinde gübre enerjisi girdisinin payının (%59.33) daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Farklı iklim ve toprak tiplerinde yapılan çalışmalarda uygulanan kimyasal gübre ve yakıt miktarı ile kullanılan traktör ve makinalar değişmekte olup, bitkisel üretiminde en yüksek enerji girdisine sahip olan gübre ve yakıt enerjilerinin azaltılması için etkin gübre kullanımı ve parsel büyüklüklerine göre traktör - makine eşleşmesinin doğru planlanması gereklidir (Özgöz ve ark., 2017).

Çalışmada, silajlık mısır üretiminde toprak işleme sistemlerinin enerji parametreleri üzerine $P<0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu, ekim sistemlerinin ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel toprak işleme sisteminde elde edilen toplam enerji çıktısı düze ekimde $413\ 924.95\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ ve sırta ekimde ise $414\ 366.15\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ olarak bulunurken, çizelin kullanıldığı korumalı toprak işleme sisteminde düze ekim sisteminde $416\ 944.00\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ ve sırta ekimde ise $416\ 403.90\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Yaş silaj veriminin yüksek olduğu korumalı toprak işleme sisteminin kullanıldığı uygulamalarda enerji çıktısı geleneksel toprak işleme sisteminin kullanıldığı uygulamalardan daha yüksektir. Ekim sistemleri karşılaştırıldığında geleneksel toprak işleme sisteminde sırta ekim ve korumalı toprak işleme sisteminde ise düze ekim sisteminde enerji çıktısının yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 4). Enerji çıktısı değerleri verime bağlı olduğundan, çalışma alanı iklim ve toprak özelliklerinden doğrudan etkilenmektedir. Silajlık mısır üretiminde toplam enerji çıktılarını Sefeedpari ve ark (2012), $127\ 077\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$ ve Pisphar Komleh ve ark. (2011) $148\ 380\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir.

Toprak işleme sistemlerine bağlı olarak, verim değerleri de değiştiğinden enerji çıktıları da değişmektedir. Barut ve ark. (2011) ikinci ürün silajlık mısır tarımında en yüksek enerji çıktısının minimum toprak işlemede $232\ 354.08\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$ ve en düşük enerji çıktısının da doğrudan ekim (no-till) uygulamasında $197\ 585.92\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$ olduğunu belirtmişlerdir. Baran ve ark. (2016) ise ikinci ürün silajlık mısır tarımında enerji çıktısını korumalı toprak işlemede $221\ 940.21\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$,

sırta ekimde $245\ 594.16\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$, anıza ekimde $201\ 999.28\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$ olarak elde etmişlerdir. İkinci ürün ayçiçeği üretiminde farklı toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin enerji kullanım etkinliğinin karşılaştırıldığı çalışmada ise en yüksek ve en düşük enerji çıktısının doğrudan ekim ($66\ 802\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$) ve diskli tırmığın kullanıldığı sistemde ($62\ 057\ \text{MJ}\ \text{ha}^{-1}$) olduğu açıklanmıştır (Bayhan, 2016). Bu sonuçlar uygun toprak işleme sistemlerinin belirlenmesinde enerji kullanım etkinliklerinin de karşılaştırılması gerektiğini göstermektedir.

İkinci ürün silajlık mısır üretiminde toprak işleme sistemleri ve ekim sistemlerinin enerji parametrelerine etkisini belirlemek için yapılan varyans analizleri sonucunda, toprak işleme sistemlerinin net enerji dışındaki enerji parametreleri üzerine istatistiksel olarak $P<0.05$ seviyesinde önemli bir etkisinin olduğu, ekim sistemlerinin etkisinin ise istatistiksel olarak önemsiz çıktığı görülmüştür. İkinci ürün silajlık mısır üretiminde en yüksek enerji oranı, enerji verimliliği, net enerji ve enerji kârlılığı değerleri çizelin kullanıldığı düze ekim sisteminde, özgül enerji değeri ise kulaklı pulluğun kullanıldığı sırta ekim sisteminde elde edilmiştir (Tablo 5).

Net enerji açısından tek yönlü varyans analizinde toprak işleme sistemleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Korumalı toprak işlemeli düze ekimde (KD) elde edilen enerji kullanım etkinliği değeri (15.61), en düşük değerinde elde edildiği geleneksel sırta ekim (GS) sisteminden %8.48 daha fazladır. Enerji kullanımı açısından özgül enerji değerinin düşük çıkması istenir. Özgül enerji değeri geleneksel sırta ekim uygulamasında korumalı düze ekim uygulamasına göre %8.52 daha yüksektir. KD uygulamasında elde edilen en yüksek enerji kârlılığı değeri en düşük değerinde elde edildiği GS sistemine göre %9.11 daha yüksektir. Toprak işleme sistemleri enerji verimliliği, net enerji ve enerji kârlılığı değerleri yönünden sırasıyla $\text{KD}>\text{KS}>\text{GS}>\text{GD}$ şeklinde sıralanmıştır (Tablo 5).

Silajlık mısır üretiminde enerji kullanım etkinliği değeri; Mohammadi ve ark. (2008), Zanganeh ve ark. (2010), Hamedani ve ark. (2011), Bakhtiari ve ark. (2015) tarafından sırasıyla 1.25, 1.14, 1.1 ve 0.97 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalarda enerji verimliliği ve özgül enerji değerlerinin ise sırasıyla $0.35\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$, $0.32\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$, $0.3\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$, $0.27\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$ ve $2.87\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$, $3.97\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$, $3.2\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$, $3.72\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ olduğu ifade edilmiştir. Barut ve ark. (2011) ikinci ürün silajlık mısır tarımında en yüksek enerji oranını (enerji kullanım etkinliği) minimum toprak işlemede 8.78, en düşük enerji oranını ise doğrudan ekim uygulamasında 7.90; enerji verimliliğini minimum toprak işlemede $2.12\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$, doğrudan ekim uygulamasında $1.91\ \text{kg}\ \text{MJ}^{-1}$; özgül enerji değerlerini ise bant toprak işlemede $0.55\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ ve minimum toprak işlemede $0.48\ \text{MJ}\ \text{kg}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir.

Tablo 5

İkinci ürün silajlık mısır üretiminde toprak işleme sistemleri ve ekim sistemlerinin enerji analizi

| Enerji Parametreleri | Toprak İşleme sistemi | Ekim sistemleri | | Ortalama* |
|--|--------------------------|-----------------|-------------|------------|
| | | Düze ekim | Sırtta ekim | |
| Enerji oranı (EO) | Geleneksel toprak işleme | 14.66 | 14.39 | 14.52 b |
| | Korumalı toprak işleme | 15.61 | 15.27 | 15.44 a |
| Özgül enerji (ÖE) (MJ kg ⁻¹) | Geleneksel toprak işleme | 0.375 | 0.382 | 0.379 a |
| | Korumalı toprak işleme | 0.352 | 0.360 | 0.356 b |
| Enerji verimliliği (EV) (kg MJ ⁻¹) | Geleneksel toprak işleme | 2.66 | 2.62 | 2.64 b |
| | Korumalı toprak işleme | 2.84 | 2.78 | 2.81 a |
| Net enerji (NE) (MJ kg ⁻¹) | Geleneksel toprak işleme | 385 683.52 | 385 561.69 | 385 622.61 |
| | Korumalı toprak işleme | 390 233.79 | 389 129.63 | 389 681.71 |
| Enerji kârlılığı (EK) | Geleneksel toprak işleme | 13.66 | 13.39 | 13.52 b |
| | Korumalı toprak işleme | 14.61 | 14.27 | 14.44 a |

*: a ve b, her bir enerji parametresi için toprak işleme sistemlerinin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir.

Tablo 6

İkinci ürün silajlık mısır üretiminde toprak işleme sistemlerindeki enerji girdilerinin (MJ ha⁻¹) farklı enerji tiplerine göre sınıflandırılması

| Enerji Dağılımları | Toprak İşleme ve Ekim Sistemleri | | | |
|----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | GD | GS | AD | AS |
| Doğrudan enerji | 6594.07 (23.35) | 7117.08 (24.71) | 5171.69 (19.36) | 5694.72 (20.88) |
| Dolaylı enerji | 21 646.35 (76.65) | 21 687.39 (75.29) | 21 538.52 (80.64) | 21 579.55 (79.12) |
| Yenilenebilir enerji | 603.24 (2.14) | 605.95 (2.10) | 597.28 (2.24) | 600.02 (2.20) |
| Yenilenemeyen enerji | 27 637.18 (97.86) | 28 198.51 (97.90) | 26 112.92 (97.76) | 26 674.25 (97.80) |

Parantez içerisindeki rakamlar toplam enerji girdisi içerisindeki % paylarını göstermektedir.

GD: Geleneksel düze ekim; GS: Geleneksel sırtta ekim; KD: Korumalı düze ekim; KS: Korumalı sırtta ekim

Enerji kullanım etkinliği (enerji oranı) verimdeki artış ve kullanılan enerji girdilerindeki azalma ile artacaktır (Bakhtiari ve ark., 2015). Elde ettiğimiz sonuçlar enerji kullanım etkinliği açısından sürdürülebilir tarım için karşılaştırılan sistemler içerisinde korumalı düze ekim sisteminin en uygun sistem olduğunu göstermektedir.

Toprak işleme sistemlerinin enerji girdilerinin farklı enerji tiplerine göre sınıflandırılması Tablo 6'da görülmektedir. Dolaylı ve yenilenemeyen enerji girdileri dikkate değer bir şekilde daha yüksektir. Bu değerler, enerji kaynaklarının korunması ve çevre koruma açısından enerji kaynaklarının etkin kullanımının ve dolayısıyla mekanizasyon planlamasının önemini göstermektedir (Tablo 6). Kaynakların tükenmesini ve hava kirliliğini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynakları daha etkin kullanılmalıdır (Zangeneh ve ark., 2010). Farklı ürünlerle ilgili olarak yapılan birçok çalışmada da dolaylı ve yenilenemeyen enerji girdilerinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Barut ve ark., 2011; Pispahar Komleh ve ark., 2011; Baran ve Gökdoğan, 2015; Gözübüyük, 2016). Ancak, Zangeneh ve ark. (2010) ve Bakhtiari ve ark. (2015) ise yaptıkları çalış-

malarında doğrudan enerji girdisinin dolaylı enerji girdisinden daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, silajlık mısır üretiminde enerji kullanımını açısından toprak işleme sistemi ve ekim sistemleri karşılaştırılmıştır. En yüksek enerji girdisinin kulaklı pulluğun kullanıldığı geleneksel sırtta ekim sisteminde, en düşük enerji girdisinin ise çizelin kullanıldığı düze ekim sisteminde olduğu bulunmuştur. Geleneksel ve korumalı toprak işlemeli düze ve sırtta ekim sistemlerinin her biri için toplam enerji girdisi içerisinde en yüksek pay kimyasal gübre enerjisindir. Kimyasal gübre enerji girdisini yakıt ve tohum enerji girdileri takip etmektedir. Enerji parametreleri açısından toprak işleme sistemleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar vardır. Net enerji, enerji kârlılığı ve enerji verimliliği karşılaştırıldığında, en uygun sistem çizelin kullanıldığı düze ekim sistemidir. Toprak işleme ve ekim sistemlerindeki enerji girdileri farklı enerji tiplerine göre sınıflandırıldığında; dolaylı ve yenilenemeyen enerji girdilerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Çevre koruma ve sürdürülebilirlik açısından kimyasal

gübre ve yakıt enerjisinin azaltılması için etkin gübre kullanımı ve parsel büyüklüklerine bağlı olarak traktör - makina eşleşmesinin doğru yapılması gerekir.

5. Kaynaklar

- Alam M.S, Alam, M.R. Islam K.K. (2005). Energy flow in agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Sciences*, 1(3): 213-20.
- Alpkent N (1984). Tarımda Enerji Kullanımı ve Enerji Tasarrufu. Milli Produktivite Merkezi Yayınları No: 296. Ankara.
- Altuntas E, Dede S (2007). The Effects of Different Tillage and Planting Methods on Soil Properties and Yield of the Silage Maize in Mid-Blacksea Transition Climate, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4(3): 283-295.
- ANR (2001). Publication 8030, Cowpea Production do: Sample Costs and Benefits as a Summer Cover Crop. University of California. <https://www.canr.msu.edu/uploads/234/78912/8030.pdf> (Erişim Tarihi: 15 Eylül 2017).
- Anonim (2017). Tokat İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2016 yılı Tarım İstatistikleri, Tokat.
- Arıkan M (2011). Adana İlinde Kolza Üretiminde Enerji Kullanımı. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana
- ASAE (1999). ASAE Standarts. D497.4 MAR99: Agricultural Machinery Data. pp. 350-357 ASAE 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI, 49085-9659, USA.
- ASAE (2006). ASAE Standarts. EP496.3 FEB2006 (R2015) Agricultural Machinery Management 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.
- Bakhtiari A.A, Hematian A, Moradipour M (2015). Energy, economic and GHG emissions analysis of potato production. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(2): 398-406.
- Baran M.F, Gökdoğan O (2015). Energy Input-Output Analysis of Barley Production In Thrace Region of Turkey. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 14 (11): 1255-1261.
- Baran M.F, Gökdoğan O (2016). Comparison of Energy Use Efficiency of Different Tillage Methods on the Secondary Crop Corn Silage Production. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25 (9): 3808-3814.
- Baran M.F, Karaağaç H.A, Gökdoğan O (2016). Kışlık Ara Ürün Sonrası (Buğday - Fiğ) İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Silajlık Mısır Üretiminde Farklı Toprak İşleme Ve Ekim Yöntemlerinin Enerji Bilançosu (2. Yıl Sonuçları). *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (1) : 1 – 6.
- Barut Z.B., Ertekin C, Karaağaç H.A (2011). Tillage effects on energy use for corn silage in Mediterranean Coastal of Turkey. *Energy*, 36: 5466-5475.
- Bayhan Y (2016). İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Yöntemlerinin Enerji Kullanım Etkinliğinin Karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (2): 102-109.
- Bojaca C.R, Schrevens E (2010). Energy Assessment Of Peri-Urban Horticulture And Its Uncertainty: Case Study For Bogota, Colombia. *Energy*, 35: 2109-18.
- Çekiç C, Savaşlı E (2003). İç Anadolu Bölgesinde Hububatta Sırta Ekim Yönteminin Uygulanması. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, 23-24 Ekim 2003. s. 156-162, İzmir.
- Dede S (2007). Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Toprak Özellikleri ve Verim Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- 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; p. 9-14.
- Erdoğan Y (2009). Tarımsal Üretimde Enerji Girdi Çıktı Analizlerinde Kullanılacak İnternet Tabanlı Bir Yazılımın Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana.
- Evcim H.Ü (1990). Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 495, İzmir.
- Evcim H.Ü, Ulusoy E, Gülsoylu E, Sındır, K.O, İçsöz E (2005). Türkiye tarımı makineleşme durumu, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, s.869- 892, Ankara.,
- Gathala M.K, Timisina J, Md. K, Islam S, Krupnik T.J, Bose T.R, Islam N, Rahman, Md. M, Hossain Md. I, Harun-Ar-Rashid Md, Ghosh A.K, Islam Z. Md, Timari T.P, McDonald A (2016). Productivity, profitability, and energetics: A multi-criteria assessment of farmers' tillage and crop establishment options for maize in intensively cultivated environments of South Assia. *Field Crop Research*, 186: 32-46.
- Gözübüyük Z (2016). Erzurum yöresinde nadası kaldırmaya yönelik değişik toprak işleme-ekim yön-

- temlerinin bazı işletme parametreleri ve enerji kullanım etkinliği. (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 132 s. Tokat.
- Hamedani S.R, Sahabani Z, Rafree S (2011). Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran, *Energy*, 36: 2367-2371.
- 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.
- Houshyar E, Zareifard H.M, Grundmann P, Smith P (2015). Determining efficiency of energy input for silage corn production: An econometric approach. *Energy* 93: 2166-2174.
- Jacobs A, Brauer-Siebrecht W, Christen O, Götze P, Koch H.J, Rücknagel J, Märlander B (2016). Silage maize and sugar beet for biogas production in crop rotations and continuous cultivation – energy efficiency and land demand. *Field Crops Research* 196: 75–84.
- Khaledian M.R, Mailhol J.C, Ruelle P, Mubarak I, Perret S (2010). The impacts of direct seeding into mulch on the energy balance of crop production system in the SE of France *Soil & Tillage Research* 106: 218–226.
- Kılıçkan A, Üçer N, Yalçın İ (2010). Pamuk Üretiminde Sırtta Ekim Yöntemi ve Makinalı Hasat. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 22–23 Eylül 2010, 301-307. Hatay.
- Kizilaslan H (2009). Input-output Energy Analysis Of Cherries Production in Tokat Province Of Turkey. *Applied Energy*, 86: 1354-1358.
- Köller K (2003). Conservation tillage-technical, ecological and economic aspects. *Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, ISBN 975-483-601-9. İzmir.
- Marakoğlu T, Özbek O, Çarman K (2009). Nohut üretiminde farklı toprak işleme sistemlerinin enerji bilançosu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journals of Agricultural Machinery Science)*, 6(4): 229-235.
- Mohammadhossein R, Amin W, Hoshang R (2012). Energy Efficiency of Different Tillage Systems in Forage Corn Production. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Available online at www.ijagcs.com IJACS/2012/4-22/1644-1652 ISSN 2227-670X ©2012 IJACS Journal.
- Mohammadi A, Tabatabaefar A, Shahin Sh, Safiee Sh, Keyhani A (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49: 3566-3570.
- 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, M, Soğancı A (1996). Türkiye Tarım Alet ve Makinaları İşletme Değerleri Rehberi Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü A.P.K. Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No: 92, Ankara.
- Özgöz E, Altuntas E, Asiltürk M (2017). Effects of Soil Tillage on Energy Use In Potato Farming in Central Anatolia of Turkey. *Energy*, 141, 1517-1523.
- Özmerzi A, Yıldız O, Kürklü A, Ertekin C, Külcü R (2009). *Tarım Makinaları İçin Mühendislik El Kitabı*. Literatür Yayıncılık, s.614. İstanbul.
- Ozpinar S, Isık A (2004). Effects of Tillage, Ridging and Row Spacing on Seedling Emergence and Yield of Cotton. *Soil and Tillage Research* 75: 19-26.
- Öztürk H.H, Barut Z.B, Ekinci K (2006). Energy Analysis of the Tillage Systems in Second Crop Maize. *Journal of Sustainable Agriculture*. 28 (3): 25-38.
- Öztürk H.H (2011). *Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi*. Hasad Yayıncılık.
- Pikul Jr, J.L, Carpenter Boggs L, Vıgıl M, Schumacher T.E, Lindstrom M.J, Riedel W.E (2001). Crop Yield and Soil Condition under Ridge and Chisel-Plow Tillage in the Northern Corn Belt, USA. *Soil and Tillage Research* 60, s. 21-33.
- Pisphar Komleh S.H, Keyhani A, Rafiee Sh (2011). Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*, 36: 3335-3341.
- Rathke G.W, Wienhold B, Wilhelm W, Diepenbrock W (2007). Tillage and rotation effect on corn-soybean energy balances in eastern Nebraska. *Soil and Tillage Research*, 97: 60-70.
- Sayre K.D (1998). Ensuring the Use of Sustainable Crop Management Strategies by Small Wheat Farmers in the 21st Century. *CIMMYT Wheat Program- Special-Report*, WPSR No: 48.
- Sayre K.D, Moreno Ramos O.H (1997). Application of Raised Bed Planting Systems to Wheat. *CIMMYT Wheat Program- Special-Report* WPSR No: 31.
- Sefeedpari P, Rafiee S, Komleh S.H.P, Ghahderijani M (2012). A source-wise and operation-wise energy use analysis for corn silage production, a case study

- of Tehran province, Iran. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 1, 158–166.
- 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.
- Tezer E (1978). Sulama pompaj tesisleri (Proje Seçim ve İşletme Yöntemleri). Köy İşleri Ve Kooperatifler Bakanlığı, Ankara.
- TUİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi, 20 Ocak 2017).
- Yalcın H, Çakır E (2006). Tillage effects and energy efficiencies of subsoiling and direct seeding in light soil on yield of second crop corn for silage in Western Turkey. *Soil and Tillage Research*, 90(1–2): 250–255.
- Yalcın İ, Topuz N, Yavaş İ, Ünay A (2009). İkinci ürün mısırdaki sırta ekim yönteminin uygulanabilirliğinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1): 35-40.
- Yaldız O, Oztürk H.H, Zeren Y (1993). Bascetincelik A. Energy Usage In Production Of Field Crops in Turkey, 5th International Congress On Mechanization And Energy Use in Agriculture. 11-14 October, Kusadasi-Turkey.
- Zangeneh M, Omid M, Akram A (2010). A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*, 35: 2927-2933.