



FASULYENİN HASAT-HARMAN MEKANİZASYONUNDA ENERJİ TÜKETİMLERİ¹

Mehmet Hakan SONMETE²

Fikret DEMİR²

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Kampus-KONYA

ÖZET

Bu araştırmada, kuru fasulye hasadında, yoğun işgücü gerektiren elle hasat dışındaki farklı yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, fasulye hasat-harmanı için üç farklı yöntem kullanılmış ve bu yöntemler iki farklı yerel fasulye popülasyonunun (Kanada ve Sarıkız) yetiştirildiği tarlalarda denenmiştir.

I. Yöntem: Elle yolma, öbek yapma, harman makinası ile harmanlama.

II. Yöntem: Çift bıçaklı çayır biçme makinası ile biçme, öbek yapma, harman makinası ile harmanlama.

III. Yöntem: Prototip hasat-harman makinası ile hasat ve harmanlama.

Bu yöntemlerdeki işgücü ve enerji tüketimleri belirlenmiştir.

Sonuç olarak, Kanada ve Sarıkız fasulye popülasyonlarında sırasıyla I.Yöntemde toplam tüketilen enerji 2121.81 MJ/ha ve 1866.41 MJ/ha bulunmuştur. II. Yöntemde bu değerler sırasıyla 1087.73 MJ/ha ve 1050.25 MJ/ha'dır. III. Yöntemde ise 873.76 MJ/ha ve 868.33 MJ/ha olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuru fasulye, işgücü tüketimi, hasat-harman makinaları, enerji tüketimi.

ENERGY CONSUMPTIONS IN THE HARVESTING-THRESHING MECHANIZATION OF DRY BEAN

ABSTRACT

In this research it was aimed to improve different methods apart from manual harvesting requires intensive labour in dry bean harvesting. For this purpose three different methods were used for bean harvesting-threshing and these methods were tested in fields where two different local bean population (Canada-Sarikiz) were cultivated.

I. Method: Hand pulling, piling, threshing by thresher.

II. Method: Cutting by double knife mower, piling, threshing by thresher.

III. Method: Harvesting-threshing by prototype harvesting-threshing machine.

Labour requirements and energy consumptions were determined in these methods.

Consequently, it was found that consumed energy in Canada and Sarikiz bean population were 2121.81 MJ.ha⁻¹-1866.41 MJ.ha⁻¹ in the first method, 1087.73 MJ.ha⁻¹-1050.25 MJ.ha⁻¹ in the second method, 873.76 MJ.ha⁻¹-868.33 MJ.ha⁻¹ in the third method, respectively.

Keywords: Dry bean, labour requirements, harvesting-threshing machines, energy consumptions.

GİRİŞ

Fasulye, dünya'da en fazla ekim alanı ve üretimi olan yemeklik tane baklagil bitkisidir. Toplam yemeklik tane baklagil ekim alanının %44.38'ini ve toplam kuru baklagil üretiminin %36.56'sını fasulye oluşturur. Tarımı %94 gibi yüksek bir oranla daha çok gelişmekte olan ülkelerde yapılmaktadır. En fazla Asya ve Güney Amerika kıtalarında bulunan Hindistan, Brezilya ve Meksika'da üretilmektedir (Anonymous 2005 a).

Ülkemizde fasulye ekim alanı ve üretimi nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırayı almaktadır. Fasulye, nohut ve mercimekle beraber ekim alanı ve üretimi sürekli artan yemeklik tane baklagillerden biridir. 2005 yılında fasulye ekim alanımız 175 000 ha, üretimimiz 225 000 ton'dur. Birim alandan elde edilen

ürün miktarında ise herhangi bir artış olmamasına rağmen 2005 yılı verim değeri, dünya ortalamasının iki katına yakındır (Anonymous 2005 b).

2002 yılı verilerine göre fasulye ekim alanı en fazla olan ilimiz 28 205 ha ile Konya'dır. Konya'da verimde Türkiye ortalamasının üzerindedir. Fasulyede en fazla üretime de 53 845 ton ile Konya ilimiz sahiptir. Konya ilinin ilçeleri arasında en fazla fasulye ekimi yapılan ilçe 4 500 ha'lık ekim alanı ile Çumra'dır ve Konya ilinde fasulye ekilen alanlar içerisinde % 31.7'lik payla ilk sıradadır.

Ülkemizde kuru fasulyenin üretiminde en önemli problemlerden birisi, bitkinin hasadında karşımıza çıkmaktadır. Kuru fasulyenin hasadı büyük bir oranda insan işgücü kullanılarak elle yapılmaktadır. Buda yoğun bir insan işgücü gerektirmektedir. Dolayısıyla işgücünün artmasında enerji tüketimini artırmaktadır.

Özcan (1986), mercimek üretiminde uygulanan ve uygulanabilecek hasat ve harman yöntemlerini enerji tüketimi yönünden karşılaştırmış ve uygun bir biçme düzeni geliştirilmesi açısından değerlendirmiştir.

¹Bu çalışma Mehmet Hakan SONMETE'nin Doktora Tezinin bir kısmından özetlenmiştir. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

Zender (1986), fasulye, mercimek, nohut, bezelye ve bakla hasat ve harmanında uygulanan yöntemleri ve makinaları açıklamıştır.

Yaldız ve ark. (1990), araştırmalarında Çukurova Bölgesinde önemli tarımsal ürünlerin enerji bilançosunu belirlemişler, sonuç olarak girdi-çıkıtlı enerjisi olarak değerlendirmişlerdir.

Toros (1991), Çukurova yöresinde buğday ikinci ürün soya tarımında kullanılan alet ve makinaların yakıt zaman verilerini ve iş başarılarını tesbit etmiştir.

Zeren ve ark. (1991), nohut bitkisinin hasat ve harmanı için dört farklı hasat harman sistemini denemişler, sistemlerin teknik iş başarılarını ve enerji tüketimlerini karşılaştırmışlardır.

Uzun (1993), soya ve ayçiçeği tarımında kullanılan alet ve makinaların yakıt, zaman tüketimlerini belirlemiştir.

Dılmaç (1998), buğday hasat-harmanında farklı yöntemlerin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılmasını yapmıştır. Bunun için; tırpan, kanatlı orak makinası, sapdöver harman makinası ve biçerdöverin kullanıldığı üç farklı sistem oluşturmuştur. Bu sistemlerde kullanılan alet ve makinaların, bunların yer aldığı yöntem ve sistemlerin, işgücü tüketimlerini, iş başarılarını, enerji tüketimlerini ve kullanım giderlerini belirlemiştir.

El Saleh (2000), yaptığı çalışmada Suriye ve Türkiye'de mercimek hasadında uygulanan dört farklı hasat-harman yöntemi belirlemiş ve bu sistemlerin enerji tüketimlerini saptamıştır.

Bu çalışmada, kuru fasulye hasadında, yoğun işgücü gerektiren elle hasat dışındaki farklı yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır ve bu amaçla, üç farklı fasulye hasat-harman sisteminin, iki farklı fasulye popülasyonunda işgücü tüketimleri ve enerji tüketimleri belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Denemeler Konya ili Çumra ilçesi İçericumra beldesinde bulunan, farklı fasulye popülasyonları ekilmiş iki tarlada yürütülmüştür. Çalışmada, Konya bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen Kanada ve Sarıkız yerel popülasyonları kullanılmıştır. Her iki fasulye popülasyonu da pnömatik hassas ekim makinası ile sıra üzeri 10 cm, sıra arası 45 cm olacak şekilde ekilmiştir.

Fasulyehasat-harman denemelerinde kullanılan alet ve makinalar

Çift bıçaklı çayır biçme makinası: Makaslama kesme yapan bu makinada her iki bıçakta hareket etmektedir. Makinaya biçilmiş ürünü namlu haline getiren özel bir namlu düzeni ilave edilmiştir. Makinaya ilişkin bazı teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 1'de makina ve ilave edilen namlu düzeni görülmektedir.

Prototip hasat-harman makinası: Prototip hasat-harman makinası ürünü tarladan biçerek harmanlama

organında harman eden, taneyi tane deposuna aktaran, sapı kıyarak saman haline getiren, saman sevk borusundan tarım arabasına yükleyen bir makina olarak dizayn edilmiştir.

Tablo 1. Çift Bıçaklı Çayır Biçme Makinasının Bazı Teknik Özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Biçme düzeni yapısal iş genişliği	mm	1700
Toplam ağırlık	kg	210
Bıçak eksenleri arası uzaklık	mm	76.2
Eksantrik devir sayısı	min ⁻¹	1440
Bıçak stroku	mm	38.1
Ortalama bıçak hızı	m/s	1.8



Şekil 1. Çift bıçaklı çayır biçme makinasının ve ilave edilen namlu düzeninin genel görünüşü

Bu amaçla, imalatçı bir firma tarafından nohut bitkisinin hasat ve harmanı için imal edilen makina üzerine fasulye bitkisinin hasat ve harmanına uygun olabileceği düşünülen bazı düzenler imal edilerek monte edilmiştir. Bu düzenler;

-Ürünü tarladan bıçaklar ile biçen biçme düzeni ve biçilen ürünü, dönerek çalışan yaylı parmaklar vasıtasıyla aspiratörün vakum alanına sevk eden pikap (toplama) düzeni,

-Sapı kıyarak saman haline getirip saman sevk borusundan tarım arabasına yükleyecek bir sap kıyıcı ve pnömatik iletim düzenidir.

İmal edilerek prototip hasat-harman makinası üzerine monte edilen biçme ve pikap düzeninin genel görünüşü Şekil 2'de, sap kıyıcı ve pnömatik iletim düzeninin genel görünüşü Şekil 3'de verilmiştir.

Prototip hasat-harman makinasının bazı teknik özellikleri Tablo 2'de, makinaya ilişkin genel görünüş Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 2. Prototip hasat-harman makinasının biçme ve pikap düzeni



Şekil 3. Prototip hasat-harman makinasının sap kıyıyıcı ve pnömatik iletim düzeni

Tablo 2. Prototip Hasat-Harman Makinasının Bazı Teknik Özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Genel ölçüler		
Uzunluk	mm	5740
Genişlik	mm	2670
Yükseklik	mm	2800
Ağırlık	kg	2480
Tane depo kapasitesi	kg	600
Biçme düzeni		
Yapısal iş genişliği	mm	1750
Bıçak eksenleri arası uzaklık	mm	76.2
Eksantrik devir sayısı	min ⁻¹	695
Parmaklar arası uzaklık	mm	50.8
Bıçak stroku	mm	76.2
Ortalama bıçak hızı	m/s	1.8
Pikap düzeni		
Pikap mili devir sayısı	min ⁻¹	130
Pikap genişliği	mm	1750
Besleme mili devir sayısı	min ⁻¹	130
Aspiratör		
Aspiratör devir sayısı	min ⁻¹	2280
Batör		
Sayısı	adet	8
Çapı	mm	115
540 min ⁻¹ kuyruk mili devrinde batör devir sayıları	1:	510
	2:	205
	3:	510
	4:	135
	5:	780
	6:	135
	7:	780
	8:	135
Kontrbatör		
Sayısı	adet	8
Delik çapları	mm	13
Vantilatörler		
Vantilatör devir sayısı	min ⁻¹	1080
Sayısı	adet	2
Sarsaklar		
Sarsak devir sayısı	min ⁻¹	390
Sayısı	adet	2
Kavuzlu tane deposu		
Hacmi	dm ³	130
Saman aspiratörü		
Aspiratör devir sayısı	min ⁻¹	1040

Materyalin, biçme düzeninden harmanlama ünitesine iletimi pnömatik ve mekanik yolla yapılmıştır (elevatör ve aspiratör). Hareket iletim düzenlerinde, mekanik düzenlerin yanında hidrolik sistemler de

kullanılmıştır. Çeki oku, yol ve iş durumu olmak üzere iki farklı konuma getirilebilmektedir. Makinanın sağ ve solunda tabla yüksekliğini ve eğimini ayarlayan hidrolik silindirler bulunmaktadır. Bu silindirler vasıtasıyla biçme ünitesi arazi eğimine uyum sağlamaktadır. Hidrolik kumanda sistemi çeki oku üzerine yerleştirilmiş olup operatör tarafından kumanda edilmektedir. Bıçaklar tarafından biçilen ürün, pikap düzeni tarafından aspiratörün vakum alanına sevk edilmektedir. Vakum alanına giren ürün, hava akımının etkisiyle harmanlama tertibatına iletilmektedir. Harmanlama tertibatında batör-kontrbatör tarafından harmanlanan ürün sap kısmı sap kıyıyıcı üniteye saman haline getirilerek pnömatik iletim düzeni vasıtasıyla saman sevk borusundan tarım arabasına, tane kısmı eğik düzlem vasıtasıyla jaluzi tip eleğe iletilmektedir. Elek üzerindeki materyal, hava akımı etkisiyle kavuz v.b. hafif maddelerden arınmakta, kavuzlardan ayrılamayan kavuzlu taneler eleğin hareketi ile elek sonunda kavuzlu tane deposuna boşaltılmaktadır. Bu kısımda biriken kavuzlu taneler tekrar harmanlama sistemine elle verilerek ikinci bir harmanlama sağlanmaktadır. Kavuzsuz taneler elek aralarından geçerek eğik düzlem üzerinden ana depoda toplanmaktadır. Makina üzerinde bir adet tane deposu ve bir adet kavuzlu tane deposu olmak üzere toplam iki adet depo bulunmaktadır.



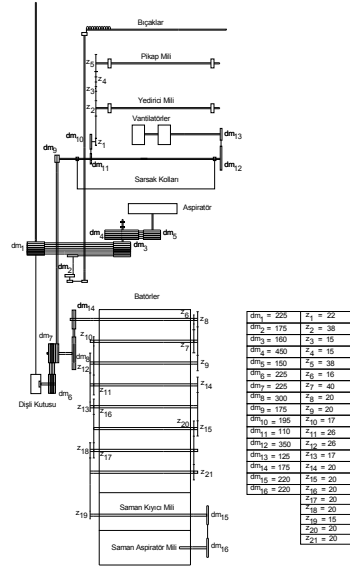
Şekil 4. Prototip hasat-harman makinasının genel görünüşü

Traktör kuyruk milinden mafsallı mil ile alınan hareket, ana mil üzerinden kayış-kasnak tertibatı ve zincir dişli sistemleri ile değişik oranlarda biçme, iletim, harmanlama, temizleme ve sap kıyıyıcı tertibatına iletilmektedir. Prototip hasat-harman makinasının hareket iletim düzeni Şekil 5'de verilmiştir.

Harman makinası: Harmanlamada kullanılan fasulye harman makinasının genel görünüşü Şekil 6'da, bazı teknik özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Deneme alanları her iki fasulye popülasyonunda ayrı ayrı olmak üzere tesadüf blokları deneme desenine göre üç farklı yöntemde üç tekerrürlü olarak yapılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987). Her iki popülasyonda da makina denemelerinde parsel boyutu (50mx5.4m) alanı 270 m², elle yolma parselleri; Kanada popülasyonunda 1.parsel (40mx15m) alanı 600 m², 2.parsel (35mx15m) alanı 525 m², 3.parsel (25mx25m) alanı 625 m², Sarıkız popülasyonunda (50mx4m) alanı 200 m² dir. Denemelerde ölçülen tüm değerler 150

mx66.67 m ölçülerindeki standart parselle çevrilerek ortalamaları alınmıştır (Güzel 1986).



Şekil 5. Prototip hasat-harman makinasının hareket iletim tertibatı

Tablo 3. Harman Makinasının Bazı Teknik Özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Genel ölçüler		
Toplam uzunluk	mm	6040
Toplam genişlik	mm	2370
Toplam yükseklik	mm	3450
Toplam ağırlık	kg	2300
Batör		
Batör çapı.	mm	750
Batör devir sayısı	min ⁻¹	480
Kontrabatör		
Kontrabatör delik çapı	mm	22
Aspiratör		
Aspiratör devir sayısı	min ⁻¹	1285
Eksantrik devir sayısı	min ⁻¹	385
Pnömatik tane elevatörü		
Tane elevatörü devir sayısı	min ⁻¹	120
Kesmik elevatörü devir sayısı	min ⁻¹	190
Eksantrik		
Eksantrik devir sayısı	min ⁻¹	340



Şekil 6. Harman makinasının genel görünüşü

Fasulyenin hasat ve harman denemelerinde uygulanan yöntemler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

I.Yöntem: Elle yolma, öbek yapma, harman makinası ile harmanlama.

II.Yöntem: Çift bıçaklı çayır biçme makinası ile biçme, öbek yapma, harman makinası ile harmanlama.

III.Yöntem:Prototip hasat-harman makinası ile hasat ve harmanlama.

I.yöntemde fasulye, hasadı elle yapılarak öbekler haline getirilmekte (Şekil 7), öbekler haline getirilen ürün kurutulduktan sonra harman makinası ile harmanlanmaktadır (Şekil 11).

II.yöntemde fasulye, çift bıçaklı çayır biçme makinası ile hasat edilerek namlu haline getirilmekte (Şekil 8 ve 9), ürün kurutulduktan sonra harman makinası ile harmanlanmaktadır (Şekil 11).

III.yöntemde fasulye hasat-harmanı, prototip hasat-harman makinası ile yapılmaktadır (Şekil 10).



Şekil 7. Fasulyenin elle yolunarak hasadı ve öbek yapılması



Şekil 8. Çift bıçaklı çayır biçme makinası ile fasulye hasadı



Şekil 9. Çift bıçaklı çayır biçme makinası ile hasat işleminden sonra oluşan fasulye namluları

Koşulların insan, hasat-harman, materyaller üzerinde iş başarılarına etkisi her yıl değişiklik gösterdiğinden, yanılmalara neden olmaması için aynı koşullar altında tüm denemeler aynı üretim yılındaki hasat-harman döneminde yapılmıştır.

Yakıt tüketimi ölçümleri

Yakıt tüketiminin belirlenmesi amacıyla, dolu depo yönteminden yararlanılmıştır. Belirli bir alan için depo tamamen doldurulmuştur. Makina işi bitirdikten hemen sonra ölçekli bir kap kullanılarak, depo tekrar ilk seviyesine kadar doldurulmuştur. İşlem yapılan alan ve doldurulan yakıt miktarı ölçülerek birim alan için tüketilen yakıt miktarı belirlenmiştir (Göktürk 1999, El Saleh 2000).



Şekil 10. Prototip hasat-harman makinası ile fasulye hasadı



Şekil 11. Harman makinası ile fasulye harmanı

Toplam enerji tüketimi

Enerji tüketimi üç başlık altında toplanmıştır. Bunlar, İnsan, yakıt-yağ ve makina yapım enerjileridir. İnsan işgücü enerjisi 1.87 MJ/h olarak alınmıştır (Kaltschmitt ve Reinhardt 1997).

Yakıt tüketimi belirlemeleri sonucu (l/ha) olarak elde edilen yakıt tüketimi enerji eşdeğerine çevrilmiştir. Yağ enerjisi ise yakıt enerjisinin % 2'si olarak alınmıştır. Bir litre diesel yakıtın enerji eşdeğeri 35.524 MJ/l ve yakıtın üretimi için harcanan enerji 3.726 MJ/l değerleri kullanılmıştır. Tüketilen bir litre yakıtın enerji eşdeğeri 39.25 MJ/l, tüketilen bir litre yağın enerji eşdeğeri ise 0.785 MJ/l'dir. Diesel yakıtı için (yakıt + yağ) enerji değeri 40.035 MJ/l'dir (Kaltschmitt ve Reinhardt 1997).

Makina yapım enerjisi hesaplamalarında, aşağıdaki hesaplama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

-Makina yapımında kullanılan malzemenin üretimi için tüketilen enerji: Malzeme üretim enerjisi (MÜ).

-Makina yapımında, malzemenin fabrikada biçimlendirilişi sırasında tüketilen enerji: Fabrika yapım enerjisi (F).

-Makinanın aşınan ve bozulan parçalarının yenilenmesi için takılan yedek parçanın yapımı için harcanan enerji: Yedek parça enerjisi (Yd).

Hesaplamalar aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yapılmıştır.

$$MÜ = G_1 \cdot a + G_2 \cdot b$$

MÜ : Malzeme üretim enerjisi (MJ)

G_1 : Makinanın toplam metal ağırlığı (kg)

G_2 : Makinanın lastik ağırlığı (kg)

a,b : Malzeme üretim katsayısı (MJ/kg)

$$F = G \cdot C$$

F : Fabrika yapım enerjisi (MJ)

G : Makina toplam ağırlığı ($G_1 + G_2$) (kg)

C : Fabrika yapım katsayısı (MJ/kg)

$$Yd = 0.33 (MÜ + F) d$$

Yd : Yedek parça enerjisi (MJ)

d: Toplam takılmış parça oranı

$$My = (MÜ + F) 0.82 + Yd$$

My : Malzeme üretim, fabrika yapım ve yedek parça enerjilerinin toplamı olan makina yapım enerjisi (MJ).

$$E = My / (T.A)$$

E: ha başına makina yapım enerjisi girdisi (MJ/ha)

T: Kullanılabilir ömür (yıl)

A: Yılda işlenen alan (ha/yıl)

Yöntemin hektar başına toplam enerji girdisini oluşturan üç elemanın insan ve makinanın enerji tüketimleri ile makina yapım enerjisi toplanarak toplam eşdeğer enerji tüketimi hesaplanmıştır (Doering 1980, Özcan 1986, Yıldız ve ark.1990, Zeren ve ark. 1991, Yıldız ve ark.1993, Yavuzcan 1994).

Genel enerji tüketimi boyutunda, yöntemlerin toplam tane kaybı yüzdelerinin enerji eşdeğerlerinin ve yöntemlerin hasat-harman işlemlerindeki toplam enerji tüketimlerinin toplanması ile elde edilen değerler belirlenmiştir.

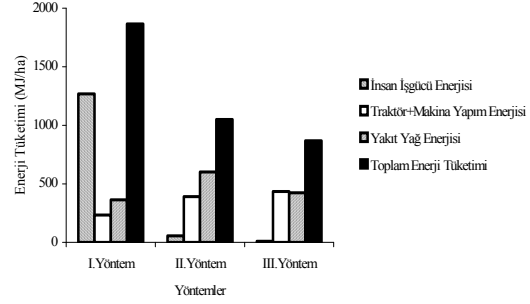
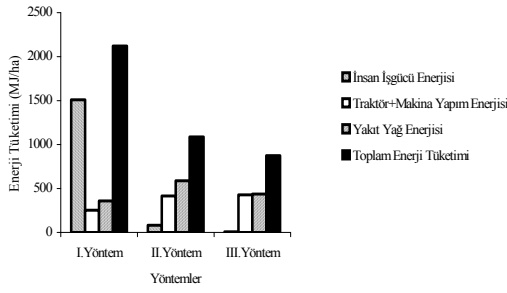
İstatistiksel analizler: Kanada ve Sarıkız popülasyonlarında toplam enerji tüketimleri ve toplam tane kaybı yüzdelerinin enerji eşdeğerlerinin ve hasat-harman işlemlerindeki toplam enerji tüketimleri değerleri arasında yöntemlere göre farklılıkların önemli olup olmadığının, popülasyonlar arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığının değerlendirilmesi amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Yöntemler arası farkın önemli çıkması durumunda LSD testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark.1987).

ARAŞIRMA SONUÇLARI

Toplam enerji tüketimleri

Kanada ve Sarıkız fasulye popülasyonu için uygulanan yöntemlerdeki enerji tüketimleri şamalarına göre Tablo 4, 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir.

Şekil 12'de Kanada fasulye popülasyonunda uygulanan yöntemlere ait enerji tüketimi değerleri, Şekil 13'de Sarıkız fasulye popülasyonunda uygulanan yöntemlere ait enerji tüketimi değerleri grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 12. Kanada popülasyonunda uygulanan yöntemlere ait enerji tüketimleri

Şekil 13. Sarıkız popülasyonunda uygulanan yöntemlere ait enerji tüketimleri

Tablo 4. Kanada ve Sarıkız Fasulye Popülasyonlarında Hasat-Harman İşlemlerinde İnsan Enerji Eşdeğerleri

	Kanada				Sarıkız			
	İşçi sayısı (adet)	Sürücü sayısı (adet)	Alan iş verimi (h/ha)	İnsan enerjisi (MJ/ha)	İşçi sayısı (adet)	Sürücü sayısı (adet)	Alan iş verimi (h/ha)	İnsan enerjisi (MJ/ha)
Elle yolma + öbek yapma	4	-	196.08 x 4	1466.68	3	-	222.22 x 3	1246.65
Öbek yapma (ç.b.)	2	-	9.09 x 2	33.99	2	-	7.63 x 2	28.54
Harmanlama	4	1	4.57 x 5	42.73	2	1	4.00 x 3	22.44
Çift bıçaklı	-	1	3.48	6.51	-	1	3.36	6.28
Prototip	-	1	4.79	8.96	-	1	4.95	9.26

Tablo 5. Kanada ve Sarıkız Fasulye Popülasyonlarında Hasat-Harman İşlemlerinde Makina Yakıt ve Yağ Tüketiminin Enerji Eşdeğerleri

	Kanada				Sarıkız			
	Yakıt tüketimi (l/ha)	Yakıt enerjisi (MJ/ha)	Yağ enerjisi (MJ/ha)	Toplam yakıt yağ enerjisi (MJ/ha)	Yakıt tüketimi (l/ha)	Yakıt enerjisi (MJ/ha)	Yağ enerjisi (MJ/ha)	Toplam yakıt yağ enerjisi (MJ/ha)
Traktör+harman mak.	8.95	351.29	7.03	358.32	9.10	357.18	7.14	364.32
Traktör+ç.b. mak.	5.75	225.69	4.51	230.20	5.95	233.54	4.67	238.21
Traktör+prototip	10.90	427.83	8.56	436.39	10.60	416.05	8.32	424.37

Tablo 6. Kanada ve Sarıkız Fasulye Popülasyonlarında Hasat-Harman İşlemlerinde Traktör+Makina Yapım Enerjisi Gereksinimleri

	Kanada				Sarıkız			
	Alan iş verimi (h/ha)	Traktör yapım enerjisi (MJ/ha)	Makina yapım enerjisi (MJ/ha)	Traktör+makina yapım enerjisi (MJ/ha)	Alan iş verimi (h/ha)	Traktör yapım enerjisi (MJ/ha)	Makina yapım enerjisi (MJ/ha)	Traktör+makina yapım enerjisi (MJ/ha)
Traktör		36.99 (MJ/h)	-	-		36.99 (MJ/h)	-	-
Harmanlama	4.57	169.04	85.04	254.08	4.00	147.96	85.04	233.00
Çift bıçaklı	3.48	128.73	33.17	161.90	3.36	124.29	33.17	157.46
Prototip	4.78	176.81	251.60	428.41	4.95	183.10	251.60	434.70

Tablo 7. Kanada ve Sarıkız Fasulye Popülasyonlarında Hasat-Harman İşlemlerinde Toplam Enerji Gereksinimleri

	Kanada				Sarıkız			
	İnsan işgücü enerjisi (MJ/ha)	Yakıt yağ enerjisi (MJ/ha)	Traktör+makina yapım enerjisi (MJ/ha)	Toplam enerji tüketimi (MJ/ha)	İnsan işgücü enerjisi (MJ/ha)	Yakıt yağ enerjisi (MJ/ha)	Traktör+makina yapım enerjisi (MJ/ha)	Toplam enerji tüketimi (MJ/ha)
Elle yolma + öbek yapma	1466.68	-	-	1466.68	1246.65	-	-	1246.65
Öbek yapma (ç.b.)	33.99	-	-	33.99	28.54	-	-	28.54
Harmanlama	42.73	358.32	254.08	655.13	22.44	364.32	233.00	619.76
Çift bıçaklı	6.51	230.20	161.90	398.61	6.28	238.21	157.46	401.95
Prototip	8.96	436.39	428.41	873.76	9.26	424.37	434.70	868.33

Kanada ve Sarıkız popülasyonlarında toplam enerji tüketimi değerleri arasında yöntemlere göre farklılıkların istatistiksel olarak değerlendirilmesi

amacıyla yapılan varyans analizi, ortalama değerler ve LSD testi sonuçları Tablo 9 ve 10'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre hem Kanada hem de Sarıkız popülasyonlarında toplam enerji tüketimleri bakımından yöntemler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) çıkmıştır. Yapılan

LSD testi sonuçlarına göre Kanada popülasyonunda yöntemler farklı gruplara, Sarıkız popülasyonunda ise II. ve III. yöntemler aynı gruba, I.yöntem ise farklı gruba girmiştir (Tablo 9 ve 10).

Tablo 8. Kanada ve Sarıkız Fasulye Popülasyonlarında Hasat-Harman Aşamalarında Enerji Gereksinimi

	Kanada					Sarıkız				
	Kesme yolma (MJ/ha)	Öbek yapma (MJ/ha)	Harmanlama (MJ/ha)	Kesme ve harman. (MJ/ha)	Toplam enerji tük. (MJ/ha)	Kesme yolma (MJ/ha)	Öbek yapma (MJ/ha)	Harmanlama (MJ/ha)	Kesme ve harman. (MJ/ha)	Toplam enerji tük. (MJ/ha)
I.Yöntem	1466.68	-	655.13	-	2121.81	1246.65	619.76	-	-	1866.41
II.Yöntem	398.61	33.99	655.13	-	1087.73	401.95	28.54	619.76	-	1050.25
III.Yöntem	-	-	-	873.76	873.76	-	-	-	868.33	868.33

Tablo 9. Kanada Popülasyonunda Toplam Enerji Tüketimlerine Ait Varyans Analizi, Ortalama Değerler ve LSD Testi Sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	Yöntemler Ortalama
Tekerrür	2	1128.44	0.737	I.Yöntem 2121.81a
Yöntem	2	1336366.705	872.824 **	II.Yöntem 1087.73b
Hata	4	1531.084		III.Yöntem 873.76c
Genel	8	335139.328		LSD: 147.095

** : % 1 seviyesinde önemli

Tablo 10. Sarıkız Popülasyonunda Toplam Enerji Tüketimlerine Ait Varyans Analizi, Ortalama Değerler ve LSD Testi Sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	Yöntemler Ortalama
Tekerrür	2	4369.200	0.968	I.Yöntem 1866.61a
Yöntem	2	847687.859	187.808**	II.Yöntem 1050.25b
Hata	4	4513.576		III.Yöntem 868.33b
Genel	8	215271.053		LSD: 252.556

** : % 1 seviyesinde önemli

Kanada popülasyonunda tarla verimi 3750 kg/ha, Sarıkız popülasyonunda ise 3000 kg/ha'dır. Fasulyenin enerji eşdeğeri olan 14.48 MJ/kg değeri (Yaldız ve ark. 1993) ve hasat zamanı nem seviyeleri dikkate alınarak kuru madde miktarlarına göre toplam tane kaybı yüzdelere enerji cinsinden eşdeğerleri Kanada popülasyonu için I.yöntemde 3496.73 MJ/ha, II.yöntemde 11256.11 MJ/ha, III.yöntemde 8629.43 MJ/ha, Sarıkız popülasyonu için ise I.yöntemde 2134.57 MJ/ha, II.yöntemde 7944.06 MJ/ha, III.yöntemde 6414.10 MJ/ha olarak belirlenmiştir. Hasat-harman aşamalarındaki toplam enerji tüketimleri diğer bir deyişle girdi enerjisi tüketim değerleri bu değerlerle toplanarak genel enerji tüketimi boyutunda Kanada popülasyonu için I.yöntemde 5618.54 MJ/ha, II.yöntemde 12343.84 MJ/ha, III.yöntemde 9503.19 MJ/ha, Sarıkız popülasyonunda ise I.yöntemde 4000.98 MJ/ha, II.yöntemde 8994.31 MJ/ha, III.yöntemde 7282.43 MJ/ha değerleri bulunmuştur.

Tablo 11. Kanada Popülasyonunda Toplam Tane Kaybı Yüzdelere Enerji Eşdeğerleri ile Toplam Enerji Tüketimi Değerlerinin Toplamına Ait Varyans Analizi, Ortalama Değerler ve LSD Testi Sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	Yöntemler Ortalama
Tekerrür	2	754038.74	1.581	I.Yöntem 5618.540c
Yöntem	2	34194729.068	71.691 **	II.Yöntem 12343.840a
Hata	4	476976.583		III.Yöntem 9503.190b
Genel	8	8975680.243		LSD: 2596.246

** : % 1 seviyesinde önemli

Kanada ve Sarıkız popülasyonlarında toplam tane kaybı yüzdelere enerji eşdeğerleri ile toplam enerji tüketimi değerlerinin toplanmasıyla elde edilen değerler arasında yöntemlere göre farklılıkların istatistiki olarak değerlendirilmesi amacıyla yapılan varyans analizi, ortalama değerler ve LSD testi sonuçları Tablo 11 ve 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Sarıkız Popülasyonunda Toplam Tane Kaybı Yüzdelere Enerji Eşdeğerleri ile Toplam Enerji Tüketimi Değerlerinin Toplamına Ait Varyans Analizi, Ortalama Değerler ve LSD Testi Sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	Yöntemler Ortalama
Tekerrür	2	66279.803	1.322	I.Yöntem 4000.980c
Yöntem	2	19315900.856	385.329 **	II.Yöntem 8994.310a
Hata	4	50128.381		III.Yöntem 7282.430b
Genel	8	4870609.355		LSD: 841.665

** : % 1 seviyesinde önemli

Varyans analizi sonuçlarına göre hem Kanada hem de Sarıkız popülasyonlarında toplam tane kaybı yüzdelere enerji eşdeğerleri ile toplam enerji tüketimi toplamı bakımından yöntemler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) çıkmıştır. Yapılan LSD testi sonuçlarına göre her iki popülasyonda yöntemler farklı gruplara girmişlerdir (Tablo 11 ve 12). Genel enerji tüketimi boyutunda en dezavantajlı uygulamanın Kanada fasulye popülasyonunda II.yöntem olduğu saptanmıştır.

TARTIŞMA

Hasat-harman işlemi yapılırken, tüketilen enerji grupları arasında insan enerjisi en pahalı enerjidir. Bu nedenden dolayı insan enerjisi tüketiminin az olması istenmektedir. Elle yılmada yüksek miktarda insan enerjisi tüketildiği halde, makina ile çalışmada insan enerjisi tüketimi sürücü kullanımından kaynaklanmaktadır ve düşük değerlerde kalmıştır.

Prototip hasat-harman makinasında diğer makinalara göre daha fazla yakıt tüketilmiştir. Biçilen fasulyenin, pikap düzeninden emilerek batörlere iletilmesi esnasında daha yüksek hava hızı ve basınç gerekliliği daha fazla yakıt tüketiminin nedenleri arasında gösterilebilir (Tablo 5).

Enerji gereksinimleri ile ilgili Tablo 4, 5, 6, 7 ve 8 incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir.

Kanada fasulye popülasyonu hasat-harman işlemlerinde, tüketilen toplam enerji içerisinde insan enerjisi olarak tüketilen miktar I.yöntemde 1509.41 MJ/ha (%71.14), II.yöntemde 83.23 MJ/ha (%7.65), III.yöntemde 8.96 MJ/ha (%1.03)'dir. I.yöntemde toplam tüketilen insan enerjisinin %97.17'si elle yolma + öbek yapma işlemi esnasında harcanmıştır. Sarıkız fasulye popülasyonunda ise bu değerler I.yöntemde 1269.09 MJ/ha (%67.99), II.yöntemde 57.26 MJ/ha (%5.45), III.yöntemde 9.26 MJ/ha (%1.07)'dir. I.yöntemde toplam tüketilen insan enerjisinin % 98.23'ü elle yolma + öbek yapma işlemi esnasında harcanmıştır. I.yöntemde tüketilen insan enerjisi miktarı; Kanada popülasyonunda, Sarıkız popülasyonuna oranla %3.15 fazladır. Bunun nedenleri arasında, I.yöntemde Kanada popülasyonunda hasat edilen alan fazla olduğundan dolayı fazla işçi çalıştırılması gösterilebilir.

Fasulye hasat-harman işlemlerinde tüketilen toplam enerji bakımından Kanada popülasyonunda elle yolma+öbek yapma aşaması 1466.68 MJ/ha, Sarıkız popülasyonunda 1246.65 MJ/ha değerleriyle ilk sırada yer almıştır. Bu değerleri sırasıyla Kanada popülasyonunda 873.76 MJ/ha değeriyle prototip hasat-harman makinası, 655.13 MJ/ha değeriyle harman makinası, 398.61 MJ/ha değeri ile çift bıçaklı çayır biçme makinası, Sarıkız popülasyonunda ise 868.33 MJ/ha değeriyle prototip hasat-harman makinası, 619.76 MJ/ha değeriyle harman makinası, 401.95 MJ/ha değeri ile çift bıçaklı çayır biçme makinası takip etmektedir. Her iki popülasyonda da en az enerji, hasat edilmiş fasulye popülasyonlarının öbekler haline getirilmesi sırasında tüketilmiştir. Bu değerler Kanada popülasyonunda 33.99 MJ/ha, Sarıkız popülasyonunda ise 28.54 MJ/ha'dır.

Fasulye hasat-harman yöntemleri toplam enerji gereksinimleri yönünden karşılaştırıldığında ve tane kayıpları da göz önüne alındığında, Kanada popülasyonunda % 9.029 tane kaybı ile I.Yöntem en az kayıp oranına sahipken, enerji tüketimi bakımından 2121.81 MJ/ha'lık toplam enerji gereksinimi ile en fazla enerji harcanan yöntemdir. Benzer olarak Sarıkız popülasyonunda % 6.955 tane kaybı ile I.Yöntem en az kayıp oranına sahipken, enerji tüketimi bakımından 1866.41 MJ/ha'lık toplam enerji gereksinimi ile en fazla enerji harcanan yöntemdir.

Bu enerji tüketiminin yüksekliği, elle yolma işleminde fazla miktarda insan enerjisi harcanmasından kaynaklanmaktadır.

II.yöntemde Kanada popülasyonunda tane kaybı % 25.279 iken, toplam enerji gereksinimi 1087.73 MJ/ha ile uygulanan üç sistem arasında ikinci sıradadır. Aynı şekilde II.yöntemde Sarıkız popülasyonunda tane kaybı % 22.301 iken, toplam enerji gereksinimi 1050.25 MJ/ha ile uygulanan üç sistem arasında ikinci sıradadır. Her iki fasulye popülasyonunda II.yöntemde biçme işleminde kullanılan makina ağırlığının diğer yöntemlere göre daha az olması toplam enerji tüketimi-

mini azaltarak, yöntemler arasında en az toplam enerji tüketimine sahip olan III.yöntemde kullanılan prototip hasat-harman makinasının değerlerine yaklaştırmıştır.

III.yöntemde oluşan tane kaybı değerleri; Kanada popülasyonunda %19.380 iken, toplam enerji gereksinimi 873.76 MJ/ha, Sarıkız popülasyonunda %18.006 iken, toplam enerji gereksinimi 868.33 MJ/ha'dır. III.yöntem her iki popülasyonda da uygulanan üç yöntem arasında en az enerji tüketimi olan yöntemdir. Bunun nedeni, insan enerjisi tüketiminin en az bu yöntemde olmasından kaynaklanmaktadır.

Genel kayıplar boyutunda toplam tane kaybı yüzdelerinin enerji eşdeğerleri ile toplam enerji tüketimi değerlerinin toplamı Kanada popülasyonu için I.yöntemde 5618.54 MJ/ha, II.yöntemde 12343.84 MJ/ha, III.yöntemde 9503.19 MJ/ha, Sarıkız popülasyonunda I.yöntemde 4000.98 MJ/ha, II.yöntemde 8994.31 MJ/ha, III.yöntemde 7282.43 MJ/ha olarak bulunmuştur. Genel enerji tüketimi boyutunda en dezavantajlı uygulamanın Kanada fasulye popülasyonunda II.yöntem olduğu söylenebilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

I.yöntemde toplam tüketilen enerji Kanada popülasyonunda 2121.81 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam enerjinin 1509.41 MJ/ha'ı (%71.14) insan enerjisi, 358.32 MJ/ha'ı (%16.89) yakıt-yağ enerjisi, 254.08 MJ/ha'ı (%11.97) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Bu yöntemde toplam tüketilen insan enerjisinin %97.17'si elle yolma+öbek yapma işlemi esnasında tüketilmiştir. Sarıkız popülasyonunda I.yöntemde toplam tüketilen enerji 1866.41 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam enerjinin 1269.09 MJ/ha'ı (% 67.99) insan enerjisi, 364.32 MJ/ha'ı (%19.52) yakıt-yağ enerjisi, 233.00 MJ/ha'ı (%12.48) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Bu yöntemde toplam tüketilen insan enerjisinin %98.23'ü elle yolma+öbek yapma işlemi esnasında tüketilmiştir. Birinci yöntem her iki fasulye popülasyonunda da en fazla insan enerjisinin kullanıldığı yöntemdir.

II.yöntemde toplam tüketilen enerji Kanada popülasyonunda 1087.73 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam enerjinin 83.23 MJ/ha'ı (% 7.65) insan enerjisi, 588.52 MJ/ha'ı (%54.11) yakıt-yağ enerjisi, 415.98 MJ/ha'ı (%38.24) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Sarıkız popülasyonunda II.yöntemde toplam tüketilen enerji 1050.25 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam enerjinin 57.26 MJ/ha'ı (% 5.45) insan enerjisi, 602.53 MJ/ha'ı (%57.37) yakıt-yağ enerjisi, 390.46 MJ/ha'ı (%37.18) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Bu yöntemde kullanılan yakıt-yağ enerjisi diğer yöntemlere göre en yüksek değerdedir.

III.yöntemde toplam tüketilen enerji Kanada popülasyonunda 873.76 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam enerjinin 8.96 MJ/ha'ı (% 1.03) insan enerjisi, 436.39 MJ/ha'ı (%49.94) yakıt-yağ enerjisi, 428.41 MJ/ha'ı (%49.03) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Sarıkız popülasyonunda III.yöntemde toplam tüketilen enerji 868.33 MJ/ha'dır. Tüketilen bu toplam ener-

jinin 9.26 MJ/ha'ı (% 1.07) insan enerjisi, 424.37 MJ/ha'ı (%48.87) yakıt-yağ enerjisi, 434.70 MJ/ha'ı (%50.06) kullanılan makinaların yapım enerjisidir. Bu yöntem makina yapım enerjisi bakımından diğer yöntemler arasında en yüksek değere sahiptir.

Prototip hasat-harman makinası ile yapılan fasulye hasadı sonucunda işgücü gereksinimi ve enerji tüketimi elle hasada göre önemli ölçüde azalmıştır.

Genel enerji tüketimi boyutunda Kanada popülasyonunda toplam tane kaybı yüzdelерinin enerji eşdeğerleri ile toplam enerji tüketimi toplam değerleri en fazla II.yöntemde (12343.84 MJ/ha), en az I.yöntemde (5618.54 MJ/ha) bulunmuştur. III.yöntemde bu değer 9503.19 MJ/ha olmuştur (Tablo 11). Bu değerler Sarıkız popülasyonunda en fazla II.yöntemde (8994.31 MJ/ha), en az I.yöntemde (4000.98 MJ/ha) bulunmuştur. III.yöntemde bu değer 7282.43 MJ/ha olmuştur (Tablo 12).

Genel enerji tüketimi boyutunda en dezavantajlı uygulama Kanada fasulye popülasyonunda II.yöntem olarak saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2005 a. <http://www.fao.org>
- Anonymous, 2005 b. <http://www.die.gov.tr>
- Dilmaç, M., 1998. Tokat Yöresinde Buğday Hasat-Harmanında Farklı Yöntemlerin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No: 1021, Ders Kitabı, 295, Ankara.
- Doering, O.C., 1980. Accounting for Energy in Farm Machinery and Buildings Handbook of Energy Utilization in Agriculture, CRC Press, pp. 9-14. Florida.
- El Saleh, Y., 2000. Suriye ve Türkiye'de Mercimek ve Nohut Hasadında Mekanizasyon Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Göktürk, B., 1999. Kuru Soğanın Hasada Yönelik Bazı Özelliklerinin Saptanması, Kazıcı Bıçaklı Tip Hasat Makinasının Geliştirilmesi ve Diğer Hasat Yöntemleri ile Karşılaştırılması Üzerinde Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Kaltschmitt, M., Reinhardt, A., 1997. Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung. Vieweg Verlag Braunschweig/Wiesbaden.
- Özcan, M. T., 1986. Mercimek Hasat ve Harman Yöntemlerinin İş Verimi, Kalitesi, Enerji Tüketimi ve Maliyet Yönünden Karşılaştırılması ve Uygun Bir Hasat Makinası Geliştirilmesi Üzerinde Araştırmalar. Türkiye Ziraat Kurumu Yayınları, Yayın No 46. Ankara.
- Uzun, Z., 1993. Samsun Yöresinde Soya ve Ayçiçeği Tarımında Kullanılan Alet ve Makinaların Yakıt Zaman Tüketimleri ve İş Başarıları. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 81. Rapor Seri No: 68. Samsun.
- Toros, H., 1991. Çukurova Yöresinde Buğday İkinci Ürün Soya Tarımında Kullanılan Alet ve Makinaların Yakıt, Zaman Verileri, İş Başarıları. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 164. Rapor Seri No: 99. Tarsus.
- Yaldız, O., Öztürk, H., Başçetinçelik, A., 1990. Energiebilanz bei den wichtigsten Produkten im Gebiet Çukurova (Turkei) Grundlagen der Landtechnik Bd. 40 Nr.2.,s. 65-66, VDI Verlag CmbH-Düsseldorf.
- Yaldız, O., Öztürk, H.H., Zeren, Y., Başçetinçelik, A., 1993. Türkiye Tarla Bitkileri Üretiminde Enerji Kullanımı. 5. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Bildiri Kitabı, s. 527-536, Kuşadası-Türkiye.
- Yavuzcan, G., 1994. Enerji Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 1324, Ders Kitabı, 383, Ankara.
- Zender, F.N., 1986. Yemelik Dane Baklagillerde Hasat ve Harman Yöntemleri. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Adana.
- Zeren, Y., Özcan, T., Işık, A. 1991. Nohut Hasat ve Harman Mekanizasyonu Üzerine Bir Araştırma. Doğa-Tr.J. of Agriculture and Forestry, 15: 215-238. Ankara.