

Silaj Makinalarının Performans Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Metin GÜNER¹Ali KAFADAR²

Geliş Tarihi: 11.12.1998

Özet: Bu araştırmanın amacı ikisi tamburlu ve ikisi çarpmalı tip olmak üzere 4 adet silaj makinasının güç tüketimi, alan-ürün enerji tüketimi, alan-ürün iş başarısı, yakıt tüketimi, kıyma boyu ağırlık dağılımı, teorik, aritmetik ve geometrik kıyma boyu uzunlukları gibi performans karakteristiklerinin belirlenmesidir. Silaj metaryali olarak mısır, hasıl ve yonca alınmıştır. Tamburlu tip silaj makinalarının birisi direkt fırlatmalı, diğeri iletim fanlıdır. Direkt fırlatmalı tamburlu silaj makinası yalnızca mısır hasadında kullanılırken, iletim fanlı silaj makinası yonca ve hasıl hasadında da kullanılmıştır. Çarpmalı tip silaj makinalarının birisi 16 bıçaklı olup direkt fırlatmalıdır. Diğeri 32 bıçağa sahiptir ve iletim fanlıdır. Her iki çarpmalı silaj makinası yonca ve hasıl hasadında kullanılmıştır.

Tamburlu tip silaj makinalarını ele aldığımızda, mısır bitkisinde her iki makinanın performans karakteristikleri arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Mısır, yonca ve hasılın her birisinin hasadında kullanılan iletim fanlı silaj makinası ortalama en büyük güç tüketimini ve ortalama en büyük alan enerji tüketimini, ortalama en yüksek ürün iş başarısını ve en düşük saatlik yakıt tüketimini, 40 mm'den küçük kıyma boyu ağırlık dağılımının en büyük yüzde oranı ile en küçük aritmetik ve geometrik ortalama uzunluk değerlerini mısır bitkisinde vermiştir. Çarpmalı tip silaj makinaları kendi aralarında değerlendirildiklerinde, iletim fanlı çarpmalı tip silaj makinasının hem yonca ve hem de hasıl hasadında kıyma boyu, alan-ürün enerji tüketimi, alan-ürün iş başarısı yönünden daha olumlu sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Silaj, silaj makinası, iş başarısı, yakıt tüketimi, güç tüketimi, enerji tüketimi, kıyma boyu

Determination of the Performance Characteristics of Forage Harvesters

Abstract: The aim of this research is to determine the performance characteristics such as power consumption, area and crop energy requirement, area and crop rates of work, fuel consumption, percentage mass in each length classification, theoretical length of cut, geometric and arithmetic mean length of four forage harvesters which two of them are cylinder type and two of them are flail type. Maize, alfalfa and the mixture of barley and vetch are used as silage material. One of the cylinder forage harvesters has a conveying fan and the another harvester has a direct cut and deliver unit. Forage harvester with direct cut and deliver was used only for maize harvesting, while another type was used for the harvesting of the alfalfa and the mixture of barley and vetch. One of the flail forage harvesters is direct-cut and deliver type with 16 cutters. The another harvester has a conveying fan and a rotor with 32 cutters. Both of them were used for the harvesting of the alfalfa and the mixture of barley and vetch.

When we took the cylinder type forage harvesters into consideration, we found that there wasn't important difference between the characteristics of two cylinder type. But, the cylinder forage harvester with conveying fan used for all kinds of silage material had higher power and energy consumption, higher percent mass distribution below 40 mm, smaller geometric and arithmetic mean length of particles during the harvesting of maize crop. If the performance characteristics of flail types are compared between themselves, it is seen that the harvester with conveying fan has the advantage of the better performance characteristics consisting of chopping degree, area and crop energy consumption, area and crop rates of work in harvesting of the alfalfa and the mixture of barley and vetch.

Key Words : Silage, forage harvester, rate of work, fuel consumption, power consumption, energy consumption, chopping length

Giriş

Türkiye'de her geçen gün artan nüfusun, beslenebilmesinde hayvansal ürünlerin önemi büyüktür. Hayvancılığın gelişmesi ise büyük oranda yem bitkileri tarımının gelişmesine bağlıdır. Tarla tarımı içerisinde yem bitkileri yetiştiriciliği yeterli düzeyde olmayıp %2.85 kadardır (Anonim 1996 a). Tarımda ileri ülkelerde bu oran %25-30 olmaktadır. Türkiye'de 1995 yılı istatistiklerine göre çeşitli ırk ve cinsten 11 769 000 baş sığır, 33 791 000 baş koyun ve 9 111 000 baş keçi için ihtiyaç duyulan kaliteli kaba yem 11 813 256 ton iken üretilen miktar 5 086 252 ton'dur (Anonim 1995). Bu da ihtiyacın ancak

%43'ünü karşılamaktadır. Görüldüğü gibi büyük bir kaba yem açığı bulunmaktadır. Hayvancılığın vazgeçilmez ihtiyaç maddesi olan ve üretimi yetersiz yapılan kaba yem zayı olmadan tüketilmesi önemli olmaktadır. Yılın belirli döneminde elde edilip tüketiminin yıl boyunca devam etmesi kaba yem muhafazasının önemini ortaya koymaktadır. Elde edilen ürün bekletilebilir nitelikte ise uygun stokla sorun çözülebilir. Ancak bilindiği gibi çoğu tarımsal ürünler besin kaybına uğramadan doğal durumları ile bekletilemezler. Bozulma ya da besin değerlerini kaybetme olasılıkları yüksektir. Bu nedenle tüketime kadar

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü - Ankara

² TIGEM - Ankara

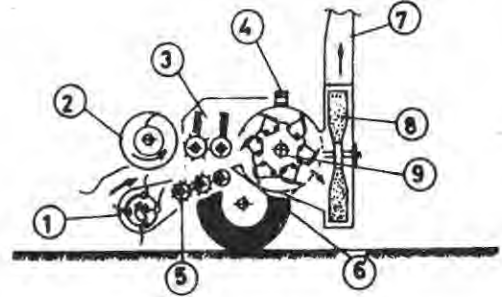
koruma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Koruma yöntemlerinden birisi ve en önemlisi yeşil yem bitkilerinin silaj yapılarak saklanmasıdır. Silaj; yeşil ve sulu yemlerin belirli sıcaklık derecelerinde tutularak, gerektiğinde öğütülmüş mısır, arpa, yulaf, melas, mısır koçanı, pancar ve turuncgil posaları, kalsiyum format, sodyum nitrit gibi katkı maddeleri eklenip sıkıştırılarak havasız ortamda meydana gelen süt asidi fermentasyonu yardımıyla bozulmadan saklama işlemidir (Noller 1982). Silaj yapımında en çok kullanılan bitkiler; mısır, yonca, buğdaygil ve baklagiller, doğal çayır ve mera bitkileri ve tahıllardır (Açıkgöz 1995). Silaj yeminin yapılmasında ya da yeşil yemlerin hasat edilerek kıyılmasında silaj makineleri kullanılmaktadır. Silaj makineleri kesici organlarına göre çarpmalı, diskli ve tamburlu (silindirik) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kanofojski ve Karowski 1976). 1996 yılında Türkiye'de 1534 adet mısır, 697 adet ot ve 72 adet diğerleri olmak üzere toplam 2303 adet silaj makinası bulunmaktadır. Türkiye'de 1995 yılı verilerine göre 69 352 800 ton/yıl silaj yemine ihtiyaç varken 1996 yılında üretilen toplam silaj yemi 1 288 607 ton/yıldır (Anonim 1996. b). Bu da bize büyük bir silaj yem açığının olduğunu göstermektedir. Silaj yem açığının kapatılabilmesi için silaj bitkilerinin üretim alanlarının artırılması ve silajın öneminin üreticilere anlatılması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak da, silaj yapımında kullanılan silaj makinelerinin sayısının artırılması ve Türkiye koşullarındaki uygulamalarının araştırılması silaj mekanizasyonunu olumlu yönde etkileyecektir. Bockhop ve Barnes (1955), direkt fırlatmalı ve iletim fanlı çarpmalı tip iki silaj makinasını güç gereksinimi ve gücün organlara dağılımı yönünden incelemişlerdir. Pascal (1962), direkt fırlatmalı ve iletim fanlı iki çarpmalı tip silaj makinasını kıyım kalitesi, kıyım boyu, güç tüketimi ve ürün iş başarısı gibi karakteristikler yardımıyla karşılaştırmıştır. Hephred ve Hebblethwaite (1965), tamburlu, diskli ve 3 adet de çarpmalı tip olmak üzere beş adet silaj makinasının Performans karakteristiklerini (iş başarısı, güç tüketimi, iş kalitesi, kıyım boyu) bakımından karşılaştırmışlardır. Anonymous (1987)'de silaj makineleri tanıtılmış ve renkli resimlerle çalışma sistemleri açıklanmıştır. Bilgen ve Sungur (1991), ikinci ürün silajlık mısır hasadında kullanılan ikisi diskli, birisi tamburlu farklı teknik özelliklere sahip üç silaj makinasını alan-ürün iş başarıları, güç tüketimleri ve kıyım kaliteleri bakımından incelemişlerdir. Yine Bilgen ve Sungur (1992), diskli tip yerli yapım silajlık mısır hasat makinasının, mısır ve sorgum sudan otu melezi hasadında güç, enerji ve yakıt tüketimi ile alan-ürün iş başarılarını saptamışlardır. Clendenin ve ark (1963), tamburlu bir silaj makinasının tasarım ve imalatını yapmışlardır. Evcim (1990), tarımsal mekanizasyon işletmeciliği ve planlaması veri tabanı adlı kitabında silaj makinelerinin ortalama enerji gereksinimleri, iş başarıları gibi bazı işletmecilik parametrelerini vermiştir.

Bu çalışmada 4 farklı silaj makinası mısır, yonca ve hasılın silaj yapımında kullanılmış ve bu makinelerin ilgili performans karakteristikleri belirlenmiştir.

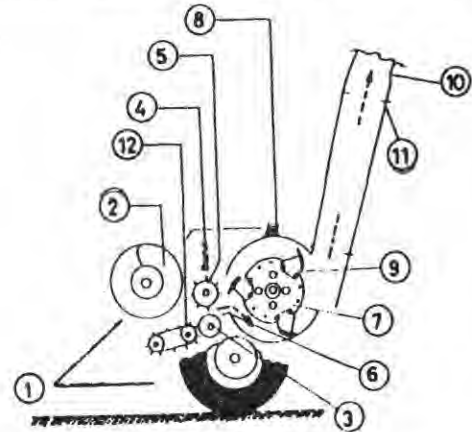
Materyal ve Yöntem

Silaj materyali olarak birinci ürün mısır bitkisi ile hasıl ve yoncanın birinci biçimi alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan hasıl, %60 fiğ ve %40 arpa karışımından

oluşmuş bir silaj materyalidir (Ekinci 1948). Denemelerin yürütüldüğü parsel ve kıyılan bitki materyaline ilişkin özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Denemelerde mısır bitkisinde A, B, yonca ve hasılda ise A, C, D makineleri olmak üzere toplam 4 adet silaj makinası kullanılmıştır. Bu makinelerin temel teknik özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir. A makinası çekilir tip iki sıralı hasat makinası olup, kıyıcı tamburda kıyılan materyal bir helezon iletilici yardımıyla iletim (fırlatıcı) fanına taşınmakta ve sevk borusu kanalıyla taşıma arabasına gönderilmektedir. Bu makinarya, yonca ve hasılda kullanılırken, genişliği 1700 mm olan ot toplama düzeneği takılmıştır (Şekil 1). B makinası da iki sıralı ve çekilir tiptir. Kıyıcı tamburda kıyılan materyal, kıyıcı tamburun fırlatma etkisiyle sevk borusuna ve oradan da taşıma arabasına gönderilmektedir (Şekil 2). C ve D makineleri çarpmalı tip olup C makinası direkt fırlatmalı, 16 bıçaklı, D makinası iletim fanlı ve 32 bıçaklıdır. Bu makinelerin şematik resmi Şekil 3'de verilmiştir. İletim fanlı D makinasında fan üzerine yerleştirilen bıçaklarla aynı zamanda ikinci kıyım işlemi de yapılmaktadır.



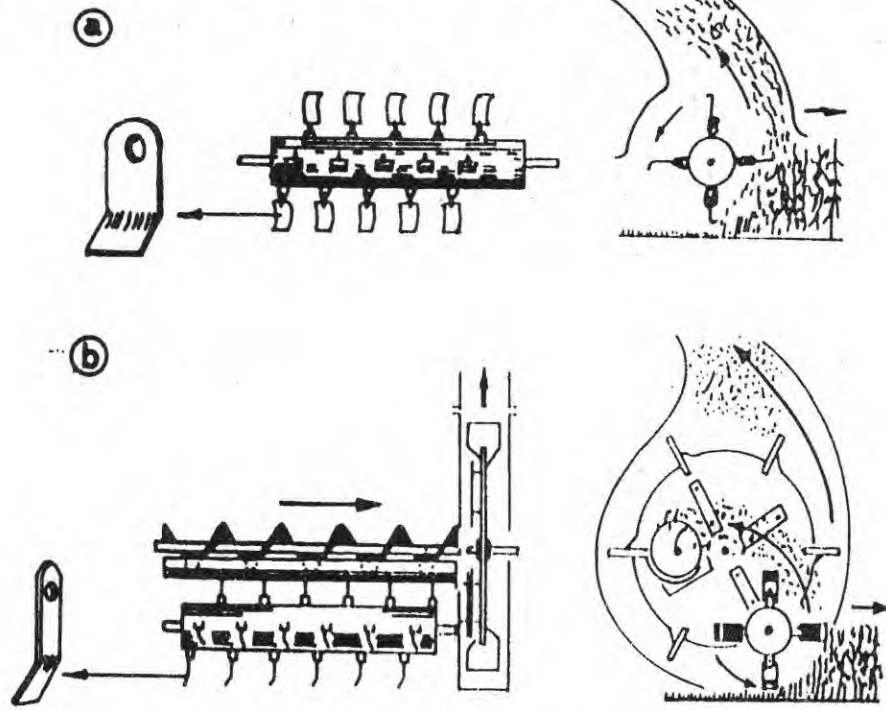
Şekil 1. İletim fanlı tamburlu silaj (A) makinası (1: Toplayıcı, 2: Götürücü helezon, 3: Sıkıştırma silindiri, 4: Bileme düzeni, 5: Sıkıştırma ve iletim silindiri, 6: Karşı bıçak, 7: Sevk borusu, 8: Fan (fırlatıcı), 9: Kıyıcı tambur)



Şekil 2. Direkt fırlatmalı (iletim fansız) tamburlu silaj (B) makinası (1: Toplayıcı, 2: Götürücü, 3: Düz tambur, 4: Baskı yayı, 5: Yedirci tambur, 6: Karşı bıçak, 7: Kıyıcı ve fırlatıcı tambur, 8: Bileme düzeni, 9: Bıçak ve bıçak tutucu, 10: Sevk borusu, 11: Yönlendirme sacı, 12: Zincirli götürücü)

Traktör kuyruk milli dönme momentinin ve devir sayısının ölçülmesinde FAHR DG-935 Nm, ± 2 mV'luk elektronik torkmetreden yararlanılmıştır. Tokmetrenin moment çıkışı HBM - KW-3073 marka bir amplifikatör üzerine, devir sayısı çıkışı da milivolt kademesi bulunan bir avometre üzerine alınarak okumalar yapılmıştır. Denemelerde yakıt tüketiminin saptanmasında debisi 0,2-200 l/h, duyarlılığı $\% \pm 5$ olan SKZ marka yakıt ölçme

sayacı kullanılmıştır. Yakıt ölçme sayacı, yakıt deposu ile yakıt pompası arasına bağlanmıştır. Denemeler sırasında başlama ve bitiş noktalarını belirlemek amacıyla dört adet jalon kullanılmıştır. Nem tayininde özel numune torbaları kullanılmış ve Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsünün kurutma fırınından yararlanılmıştır. Ayrıca ölçü kumpasları, hassas terazi, eleme düzeneği, taşıma kapları, şerit metre vb. yardımcı araçlardan yararlanılmıştır.



Şekil 3. Çarpmalı tip silaj makinaları (a: Direkt fırlatmalı, b: İletim fanlı)

Çizelge 1. Denemelerin yürütüldüğü parsel ve kıyılan bitki materyaline ilişkin özellikler

Parsel alanı (da)	Bitki çeşidi	Sıra arası uzaklık (mm)	Ortalama bitki boyu (mm)	Nem (%)	Kuru madde oranı (%)	Bitki sayısı (adet/da)	Yeşil ürün verimi (t/da)
812	Mısır	700	2120	53.8	46.2	5783	4.865
150	Yonca	-	700	81.0	19.0	620000	2.034
150	Hasıl	-	650	76.2	23.8	499000	1.945

Çizelge 2. Silaj makinalarının teknik özellikleri

Teknik özellikler	Silaj makinaları			
	Makina A	Makina B	Makina C	Makina D
Markası ve tipi	John-Deere mısır silaj makinası, iletim fanlı	Jaguar Claas mısır silaj makinası, direkt fırlatmalı	Ege Tarmaş ot silaj makinası, direkt fırlatmalı	TİGEM yapısı ot silaj makinası, iletim fanlı
İş genişliği (mm)	1400 ve 1700	1400	1100	1500
Kıyıcı ünite tipi	Tamburlu	Tamburlu	Çarpmalı	Çarpmalı
Kıyıcı ünite devri (d/d)	565	872	1600	1600
Kıyıcı üniteadaki bıçak sayısı (adet)	3	3	16	32
Kıyıcı ünite çapı ve genişliği (mm)	Çap: 430 Gen: 560	Çap: 630 Gen: 420	-	-

Araştırmada güç kaynağı olarak Ford-6600 traktörü, silaj materyalinin taşınmasında iki akslı 4 tonluk iki adet tarım arabası ve bunları çeken yine bir adet Ford-6600 traktörü kullanılmıştır.

Bu araştırmada; bitki sıra arası, bitki boyu, nem oranı, kuru madde oranı, dekadaki bitki sayısı, yeşil ürün verimi (tarla yaş verimi), silaj makinalarının birim alan ve ürün iş başarıları, kuyruk milli gücü, çalışma (ilerleme) hızı, birim alan ve ürün enerji tüketimleri, yakıt tüketimi ve materyal kıyma boyu ölçümleri yapılmıştır. Üzeri 10 cm aralıklarla işaretli 2,5 m boyundaki tahta çita bitki sıralarına rastgele uzatılıp, işarete rastlayan bitkinin boyu ölçülmüştür. İşlem, parsel köşegenleri boyunca beş kez tekrarlanarak yapılmıştır. Daha sonra bu değerlerin ortalamaları alınmıştır. Tarlanın değişik yerlerinde ön denemelerde saptanan anız boyundan kesilen bitki örnekleri alınmış ve bunların kuru madde içerikleri, nem içerikleri laboratuvarında saptanmıştır. Tarla yaş veriminin saptanmasında Arın (1982)'nin kullandığı yöntemden yararlanılmıştır. Nem oranı yaş baz esasına göre 65°C'de 48 saat bekletilerek belirlenmiştir (Kacar 1972). İş başarılarına etki eden en önemli etkenlerden birisi olan çalışma hızının saptanması amacıyla 250 m uzunluğunda ve 100 m genişliğinde parseller belirlenmiştir. Bu parsellerin her iki başından 75 m alınarak ortada kalan 100 m uzunluğundaki parsellerden yararlanılmıştır. Her iki başta 75 m uzaklıkta normal çalışma seyrine ulaşan traktör + makina grubunun ortadaki 100 m'lik uzaklığı alma süresi kronometreyle ölçülmüş bilinen hız formülünden gerçek ilerleme hızı bulunmuştur. Silaj makinalarının alan iş başarıları (Sa, da/h); gerçek ilerleme hızı (V, km/h), iş genişliği (B,m) ve zamandan yararlanma katsayısı (K) yardımıyla aşağıdaki bağıntıdan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$Sa = B \cdot V \cdot K$$

Zamandan yararlanma katsayısı ASAE tarafından önerilen 0,50-0,75 sınır değerleri arasında K = 0,70 değeri kullanılmıştır (Bilgen ve Sungur 1992). Ürün iş başarısı (Sü, kg/h); tarla yaş verimiyle (S, kg/da), alan iş başarısının (Sa, da/h) çarpılmasıyla belirlenmiştir.

$$S_u = S_a \cdot S$$

Yakıt tüketiminin saptanmasında denemelere başlamadan önce traktörün çalışma sıcaklığına ulaşması sağlanmıştır. Yakıt ölçümleri; her üründe her silaj makinasında ve her vites kademesinde (çalışılabilir hızlarda) yapılmıştır. Dönüşlerde harcanan yakıt tüketimleri de dahil edilmiştir. Her vites kademesinde yakıt tüketim ölçümleri üç tekerrürlü olarak saptanmış ve ortalamaları alınmıştır. Her tekerrürde harcanan yakıt hasat edilen ürün alanına bölünerek l/da olarak yakıt tüketimleri belirlenmiştir. Materyal kıyma kalitesinin saptanmasında, kıyılmış materyal örnekleri ISO/TR 10391 standardındaki yöntemle göre sınıflandırılmış ve her sınıfın hem boyutları ve hem de ağırlık oranları belirlenmiştir. Ayrıca ISO standardının önerdiği geometrik ve aritmetik ortalama uzunluk değerleri de ölçüt olarak alınmıştır (Anonymous 1994 ve Anonymous 1992). Silaj makinalarının teorik kıyma boyları besleme hızı ilerleme

hızına eşit alınarak Ülger (1982)'nin verdiği eşitliğe göre belirlenmiştir.

Silaj makinalarının kuyruk milli güç tüketimleri dönme momenti ve devir sayısından yararlanılarak saptanmıştır. Alan ve ürün enerji tüketimleri; maksimum kuyruk milli güç tüketimi, alan ve ürün iş başarıları yardımıyla belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonucunda mısır, yonca ve hasılın silaj yapımında ilerleme hızına bağlı olarak elde edilen güç tüketimi, alan ve ürün enerji tüketimleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde artan ilerleme hızıyla güç tüketiminin arttığı görülmektedir. Bu artış her makina tipi ve her silaj materyali için geçerli olmaktadır. Örneğin A makinası için mısır ve hasıl, göz önüne alırsak, mısırdaki bu makina için 2,20 km/h, 2,46 km/h, 2,85 km/h ilerleme hızlarında güç tüketimi sırasıyla 25,8 kW, 29,5 kW, 36,7 kW olmaktadır. Hasılda A makinası için hız ve güç değerleri ise sırasıyla şöyledir. Hızlar; 2,84 km/h, 3,38 km/h, 4,83km/h, güçler; 23,30 kW, 24,63 kW, 26,74 kW'dir. A makinasının farklı silaj materyallerinde kullanılması durumunda gereksinim duyulan güçte farklılıklar görülmektedir. Örneğin 2,20 km/h hızda silaj makinasının güç tüketimi mısırdaki 25,8 kW iken yoncada 21,8 kW, yine mısırdaki 2,85km/h hızda güç tüketimi 36,7 kW iken hasılda eşit sayılabilecek 2,84 km/h hızda 23,30 kW olmuştur. Dikkat edilebileceği gibi mısırdaki A makinasının güç tüketimi, yonca ve hasıla göre daha fazla bulunmuştur. Bu da bize silaj materyalinin cinsi, nemi, bitkisel özelliklerinin güç tüketimini etkilediğini göstermektedir. Yonca ve hasılın her ikisinde de kullanılan çarpmalı tip silaj makinaları olan C ve D makinaları arasında D makinasının güç tüketimi daha büyük bulunmuştur. Bunun nedeni; D makinasının iş genişliğinin yani bıçak sayısının, fazla olması ve ikinci bir kıyma işleminin yapılmasıdır. Yine yonca ve hasılda ortak kullanılan A, C, D makinalarından iletim fanlı olan çarpmalı tip D makinasının güç tüketimi daha fazladır. Bu sonucu; Blevins (1954), Bockhop ve Barnes (1955), iletim fanlı çarpmalı silaj makinasının hem direkt fırlatmalı ve hem de tamburlu silaj makinasından daha fazla güç tükettiğini bildirerek desteklemektedirler (Bockhop ve Barnes 1955). İkisi de tamburlu tip olan A ve B makinalarından direkt fırlatmalı olan B makinasının ortalama güç tüketiminin büyük olmasının nedeni, tambur devrinin 872 d/d ile A makinası tambur devrinden (565 d/d) büyük olmasından kaynaklanabilir. B makinasının ortalama alan ve ürün enerji tüketimleri A makinasından daha büyüktür. Mısır, yonca ve hasılın her üçünde de kullanılan A makinasında ortalama en büyük alan enerji tüketimi mısır, yonca ve hasıl içerisinde mısır bitkisinde elde edilmiştir (12,4 kWh/da). Ancak ortalama ürün enerji tüketimi en büyük yoncada bulunmuştur (4,10 kWh/t). A makinasında ortalama en küçük ürün enerji tüketimi mısır bitkisinde saptanmıştır. Görüldüğü gibi A makinasında mısır bitkisinde hem güç tüketimi ve hem de alan enerji tüketimi daha büyük olmasına rağmen ürün enerji tüketimi küçüktür. Bu da mısırdaki A makinasının ürün iş başarısının daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü alan

Çizelge 3. Mısır, yonca ve hasılın silaj yapımında kullanılan makinelerin kuyruk mili güç tüketimleri, alan ve ürün enerji tüketimleri

Bitki çeşidi	Makina tipi	İlerleme hızı (km/h)	Güç tüketimi (kW)	Ortalama güç tüketimi (kW)	Alan enerji tüketimi (kWh/da)	Ortalama alan enerji tüketimi (kWh/da)	Ürün enerji tüketimi (kWh/t)	Ortalama ürün enerji tüketimi (kWh/t)
Mısır	A	2.20	25.8	30.7	11.96	12.4	2.46	2.6
		2.46	29.5		12.24		2.51	
		2.85	36.7		13.4		2.70	
	B	2.25	28.4	32.5	12.88	13.3	2.65	2.7
		2.53	31.6		12.75		2.62	
		2.69	37.5		14.23		2.92	
Yonca	A	2.20	21.8	21.8	8.33	8.3	4.10	4.1
		2.72	19.8	20.5	9.46	8.9	4.65	4.4
		3.34	21.2	8.24	4.05			
	D	2.70	22.8	24.5	7.97	7.6	3.92	3.7
		3.48	26.4	7.23	3.55			
		2.84	23.30	6.89	3.54			
Hasıl	A	3.38	24.63	24.9	6.12	5.9	3.15	3.0
		4.83	26.74	4.65	2.39			
		2.95	19.14	20.3	8.42	8.2	4.33	4.2
	C	3.49	21.52	8.01	4.12			
		2.84	23.45	7.86	4.04			
		3.49	25.26	6.89	3.55			
D	5.24	29.75	5.41	2.78				

ve ürün iş başarıları, alan ve ürün enerji tüketimlerinin hesaplanmasında paydada yer almakta, alan ve ürün enerji tüketimleriyle ters orantılı bulunmaktadır. Yonca ve hasılda C ve D makinelerini inceleyecek olursak her iki silaj materyalinde alan ve ürün enerji tüketimleri D makinasında C makinasına göre daha düşüktür. Alan ve ürün enerji tüketimlerinin D makinasında C makinasına göre küçük olmasının nedeni, D makinasının hem yoncada ve hem de hasılda alan ve ürün iş başarılarının daha büyük olmasındadır. Çünkü D makinasının iş genişliği daha büyüktür.

Mısır, yonca ve hasılın silaj yapımında kullanılan 4 tip silaj makinasının ilerleme hızına bağlı alan ve ürün iş başarıları ile yakıt tüketimleri Çizelge 4'de verilmiştir. Her makine tipinde ve her bitki çeşidinde hızın artmasıyla hem alan ve hem de ürün iş başarıları artmaktadır. Alan ve ürün iş başarılarını etkileyen iş genişliği, mısır bitkisinde A ve B makineleri için 1,4 m'dir, yonca ve hasılda A makinasının iş genişliği 1,7 m, C ve D makinelerinin iş genişlikleri ise sırasıyla 1,1 ve 1,5 m'dir. Mısır bitkisinde kullanılan, iş genişlikleri aynı olan A ve B makinelerinin ortalama alan ve ürün iş başarıları arasında büyük farklılık görülmemektedir. Yonca ve hasılda D makinasının iş genişliği daha büyük olduğu için alan ve ürün iş başarıları C makinasına göre büyük olmaktadır. Örneğin yoncada C makinasının alan ve ürün iş başarıları 2,72 km/h hızda sırasıyla 2,09 da/h ve 4,26 t/h olurken, D makinasının alan ve ürün iş başarıları 2,70 km/h hızda sırasıyla 2,84 da/h ve 5,76 t/h bulunmuştur. Hasılda da durum yoncadaki gibidir. İlerleme hızı 3,49 km/h iken C ve D makinelerinin alan ve ürün iş başarıları sırasıyla 2,68 da/h ve 5,23 t/h, 3,66 da/h ve 7,12 t/h olmaktadır. Aynı durum ortalama alan ve ürün iş başarılarında da görülebilmektedir. Tarla yaş verimi; alan iş başarısını indirekt etkilerken, ürün iş başarısını direkt etkilemektedir. D makinası yonca ve hasılın her ikisinde de hiçbir özelliği değiştirilmeden kullanılmıştır. D makinasının yonca da 3,48 km/h ilerleme hızında ortalama alan iş başarısı 3,65 da/h, ürün iş başarısı ise tarla yaş verimine bağlı olarak 3,65 da/h . 2,034 t/da =

7,43 t/h saptanır. D makinasının hasılda yoncadaki hızla aynı sayılabilecek 3,49 km/h ilerleme hızında alan iş başarısı 3,66 da/h iken ürün iş başarısı 1,945 t/da olan tarla yaş verimine bağlı olarak 3,66 da/h . 1,945 t/da = 7,12 t/h bulunur. Buna göre hızları aynı, makine tipi aynı ancak bitki çeşidi ve tarla yaş verimi farklı olan koşullarda tarla yaş veriminin büyük olması ürün iş başarısını artırmaktadır. Aynı durum C makinası için de geçerlidir. Yakıt tüketimleri; ilerleme hızı, alan ve ürün iş başarılarıyla birlikte bitki çeşidi ve makine tipine bağlı olarak l/h bazında artmakta l/da bazında ise kararsızlık göstermektedir. A makinasında mısır bitkisinde yakıt tüketimi 2,20 km/h hızda 3,70 l/da, 2,46 km/h hızda 3,88 l/da, 2,85 km/h hızda ise 3,75 l/da'dır. Hızın artışına bağlı olarak önce bir artış sonra bir azalış görülmektedir. B makinasında da durum aynıdır. Yonca ve hasılda hız, alan ve ürün iş başarıları artarken yakıt tüketimleri de artmaktadır. Ortalama yakıt tüketimleri mısırdaki A makinasında 3,77 l/da, B makinasında 3,74 l/da bulunmuştur. Yoncada A makinasında 3,82 l/da, C makinasında 4,6 l/da ve D makinasında 3,58 l/da elde edilmiştir. Hasılda yakıt tüketimleri A, C, D makinelerinde sırasıyla 2,29 l/da, 2,43 l/da ve 2,63 l/da'dır. Mısır, yonca ve hasılda kullanılan A makinası en az yakıt tüketimini hasılda, en fazla yakıt tüketimini de yonca da vermiştir. Ancak eşit hızlar göz önüne alındığında şu sonuçlara ulaşmak olanaklıdır. A makinasının 2,20 km/h hızında mısırdaki yakıt tüketimi 3,70 l/da ve yoncadaki yakıt tüketimi 3,82 l/da'dır. Yani aynı hızda yoncada mısıra göre daha fazla yakıt tüketimi elde edilmiştir. Yine A makinasının 2,84 km/h ve 2,85 km/h ilerleme hızlarında hasılda ve mısırdaki yakıt tüketimleri sırasıyla 2,15 l/da ve 3,75 l/da'dır. Mısırdaki yakıt tüketimi hasılda göre aynı hızda daha büyüktür. Hasılda 3,49 km/h hızda yakıt tüketimi D makinasında 2,60 l/da, yoncada 3,48 km/h hızda D makinasının yakıt tüketimi 3,60 l/da bulunmuştur. Buna göre aynı hızda aynı makine yakıt tüketimi yoncada daha fazladır. Yoncada C makinasının alan ve ürün iş başarıları D makinasına göre küçük ancak yakıt tüketimi büyüktür. Hasılda 3,49 km/h hızda yakıt

Çizelge 4. Mısır, yonca ve hasılın silaj yapımında kullanılan makinelerin gerçek ilerleme hızlarında alan-ürün iş başarıları ve yakıt tüketimleri

Bitki çeşidi	Makine tipi	İlerleme hızı (km/h)	Alan iş başarıları (da/h)	Ortalama alan iş başarıları (da/h)	Ürün iş başarıları (t/h)	Ortalama ürün iş başarıları (t/h)	Yakıt tüketimleri		Ortalama yakıt tüketimleri	
							(l/da)	(l/h)	(l/da)	(l/h)
Mısır	A	2.20	2.16	2.45	10.49	11.94	3.70	7.99	3.77	9.26
		2.46	2.41		11.73		3.88	9.35		
		2.85	2.79		13.59		3.75	10.46		
	B	2.25	2.21	2.44	10.73	11.87	3.47	7.67	3.74	9.18
		2.53	2.48		12.06		3.91	9.70		
		2.69	2.64		12.82		3.86	10.19		
Yonca	A	2.20	2.62	2.62	5.33	5.33	3.82	10.00	3.82	10.00
		2.72	2.09		4.26		3.87	8.08		
	C	3.34	2.57	2.33	5.23	4.75	4.84	12.44	4.6	10.26
		2.70	2.84		5.76		3.55	10.08		
	D	3.48	3.65	3.24	7.43	6.59	3.60	13.14	3.58	11.61
		2.84	3.38		6.57		2.15	7.27		
Hasıl	A	3.38	4.02	4.38	7.82	8.52	2.29	9.21	2.29	10.18
		4.83	5.74		11.18		2.45	14.06		
		2.95	2.27		4.42		2.38	5.40		
	C	3.49	2.68	2.47	5.23	4.82	2.47	6.62	2.43	6.01
		2.84	2.98		5.80		2.35	7.00		
	D	3.49	3.66	4.05	7.12	7.87	2.60	9.52	2.63	10.92
		5.24	5.50		10.70		2.95	16.23		

tüketimi C makinasında 2,47 l/da, D makinasında 2,60 l/da bulunmuştur. D makinasının yakıt tüketimi 0,13 l/da fazladır fakat D makinasının iş genişliği büyük olduğundan alan ve ürün iş başarıları daha büyüktür. Bu ise D makinasını olumlu kılmaktadır. Saatlik yakıt tüketimleri göz önüne alındığında mısır, yonca ve hasılda kullanılan A makinası en az saatlik yakıt tüketimini 9,26 l/h ile mısırdaki vermiştir. Yonca ve hasıl bitkilerinin her ikisinde de kullanılan C ve D silaj makinelerinin saatlik yakıt tüketimleri ortalaması hasılda daha azdır. Mısır bitkisinde en az yakıt tüketimi hem l/da olarak ve hem de l/h olarak B makinasında elde edilmiştir.

Mısır bitkisinde kıyım boyu ağırlık dağılımı Çizelge 5'te, yonca ve hasılın kıyım boyu ağırlık dağılımı Çizelge 6'da ve teorik, aritmetik ve geometrik kıyım boyu değerleri ise Çizelge 7'de verilmiştir. Mısır bitkisinde A ve B makinelerinde hız arttıkça 20 mm'den küçük kıyım boyu ağırlık dağılımı artmaktadır. A makinasında 20 mm'den küçük ortalama ağırlık dağılımı %53,7 iken B makinasında %54,5 bulunmuştur. Yine diğer bir ölçüt olan 40 mm'den küçük ağırlık dağılımı A makinasında % 86,1 iken B makinasında % 90,3'dür. B makinasının kıyım boyu ağırlık dağılım oranları görüldüğü gibi A makinasından daha büyüktür. Bunun nedeni B makinasının kıyıcı tambur devrinin (872 d/d) A makinasının kıyıcı tambur devrinden (565 d/d) büyük olmasıdır. Çünkü kıyıcı düzenin devri kıyım boyunu belirleyen faktörlerden biridir. Eşit hızda (2,20 km/h) A makinasının 40 mm'den küçük kıyım boyu ağırlık dağılımı mısırdaki % 83, yoncada % 61,9'dur. Yine A makinasının 2,85 km/h hızda 40 mm'den küçük kıyım boyu ağırlık dağılımı mısırdaki % 86,6 iken, hasılda % 49,4 bulunmuştur. Yani mısır, yonca ve hasılın her birisinde kullanılan A makinası mısırdaki daha küçük kıyım boyu dağılımı vermiştir. Bir başka ifadeyle yonca ve hasılın 40 mm'den küçük ağırlık dağılım oranları daha az yani kıyım boyları daha uzundur. Silaj yapımında ise kıyım boylarının küçük olması istenmektedir. Açıkgoz (1995)'e göre, kıyım

boyu, siloda bitkilerin sıkıştırılma oranına, hayvanların tüketimine ve hayvansal ürünlerin verimine etki etmektedir. Genel olarak küçük parçalara bölünmüş silajlar hayvanlar tarafından daha fazla tüketilmektedir. Kıyım boyu küçük bitkilerde fermantasyon kalitesi yükselmekte, yenilmesi kolay olmaktadır. Yapılan denemelerde danaların ince doğranmış silajı % 16 oranında daha fazla tükettikleri koyunlarda bu oranın % 55'e ulaştığı bulunmuştur. Bu tüketime paralel olarak hayvansal ürünlerin verimleri de artmaktadır (Açıkgoz 1995). Staples (1992) ve Sewell (1993) silajlık mısırın 6,5 - 19,0 mm arasındaki kıyım boylarında silolanması gerektiğini aksi durumun silaj kalitesi ve dolayısıyla hayvanların performansını olumsuz etkileyeceğini bildirmişlerdir. Bu verilere göre silaj materyalinin kıyım boyunun küçük olması gerektiği açıkça anlaşılmaktadır. Yonca ve hasılda kullanılan ve çarpmalı tip olan C ve D makinelerini ele aldığımızda 40 mm'den küçük ortalama kıyım boyu ağırlık dağılımı yoncada; C makinasında % 49,1, D makinasında % 58,8, hasılda; C makinasında % 44,0 ve D makinasında % 48,3'tür. D makinası materyali ikinci bir defa daha kıydığı için daha küçük boyda kıyım yapmaktadır. Pascal (1962) çarpmalı tip direkt fırlatmalı ve iletim fanlı silaj makineleri üzerinde yaptığı çalışmada bu sonucu destekler bilgiler vermiştir. A makinası yoncada C ve D makinelerinden daha büyük 40 mm'den küçük ortalama değer vermiştir yani daha küçük boyda kıyım yapmıştır.

Çalışılabilir ilerleme hızlarına göre aritmetik ve geometrik ortalama kıyım boyları ve standart sapmalar incelendiğinde (Çizelge 7), mısırdaki A ve B silaj makinelerinin ilerleme hızı arttığında aritmetik ve geometrik ortalama kıyım uzunluklarının küçüldüğü, yonca ve hasılda ilerleme hızı arttığında aritmetik ve geometrik ortalama kıyım boyu uzunluklarının büyüdüğü görülmektedir. Aritmetik ve geometrik ortalama kıyım boyu uzunlukları yoncada ve hasılda büyük olup, mısırdaki daha küçük bulunmuştur. Örneğin A makinasının mısırdaki 2,85 km/h

Çizelge 5. Mısırdaki çalışabilir ilerleme hızlarına ve ürün iş başarılarına bağlı olarak kıyma boyu ağırlık dağılımları

Bitki çeşidi	Makina tipi	Kıyma boyu ağırlık dağılımı (%)										
		İlerleme hızı (km/h)	0-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	20-40 mm	> 40	< 20	20 mm den küçük ortalama değerler	>20 mm	< 40 mm	40 mm den küçük ortalama değerler
Mısırlar	A	2.20	6.8	10.3	32.5	33.4	17.0	49.6	53.7	50.4	83.0	86.1
		2.46	7.5	11.2	33.8	36.2	11.3	52.5		47.5	88.7	
		2.85	8.5	12.4	38.2	27.5	13.4	59.1		40.9	86.6	
	B	2.25	8.1	12.3	29.2	34.5	15.9	49.6	54.5	50.4	84.1	90.3
		2.53	9.3	13.2	33.1	36.8	7.6	56.6		43.6	92.4	
		2.69	9.5	14.2	33.5	37.2	5.6	57.2		42.8	94.4	

Çizelge 6. Yonca ve hasılda çalışılabilir ilerleme hızlarına ve ürün iş başarılarına bağlı olarak kıyma boyu ağırlık dağılımları

Bitki çeşidi	Makina tipi	İlerleme hızı (km/h)	Kıyma boyu ağırlık dağılımı (%)							40 mm den küçük ortalama değerler
			0-20 mm	20-40 mm	40-60 mm	>60 mm	<40 mm	>40 mm		
Yonca	A	2.20	26.3	35.6	32.2	5.9	61.9	38.1	61.9	
		2.72	21.8	29.6	38.7	9.9	51.4	48.6		
	C	3.34	19.4	27.3	35.8	17.5	46.7	53.3	49.1	
		2.70	25.6	34.8	34.2	5.4	60.4	39.6		
	D	3.48	23.8	33.4	32.8	10.0	57.2	42.8	58.8	
		2.84	19.8	29.6	41.2	9.4	49.4	50.6		
Hasıl	A	3.38	17.4	28.5	39.3	14.8	45.9	54.1	45.3	
		4.83	15.7	24.8	35.4	24.1	40.5	59.5		
		2.95	19.8	27.3	38.3	14.6	47.1	52.9		
	C	3.49	15.6	25.2	37.4	21.8	40.8	59.2	44.0	
		2.84	21.4	31.3	39.6	7.7	52.7	47.3		
	D	3.49	18.7	29.2	37.3	14.8	47.9	52.1	48.3	
		5.24	17.4	26.8	35.9	19.9	44.2	55.8		

Çizelge 7. Çalışılabilir ilerleme hızlarına ve ürün iş başarılarına göre aritmetik, geometrik ortalama ve teorik kıyma boyu uzunlukları ve standart sapmaları

Bitki cinsi	Makina tipi	İlerleme hızı (km/h)	Teorik kıyma boyu (mm)	Aritmetik ortalama uzunluk (mm)	Aritmetik standart sapma	Geometrik ortalama uzunluk (mm)	Geometrik standart sapma	
Mısırlar	A	2.20	21.62	20.28	18.79	2.36	18.17	2.27
		2.46	24.18	18.58		2.29	16.64	2.19
		2.85	28.09	17.51		2.38	15.95	2.28
	B	2.25	14.33	19.36	17.46	2.44	17.34	2.34
		2.53	16.11	16.83		2.31	15.10	2.20
		2.69	17.14	16.20		2.28	14.53	2.16
Yonca	A	2.20	21.62	28.01	28.01	1.96	27.20	1.94
		2.72	-	31.65	1.96	30.76	1.95	
	C	3.34	-	34.49	33.07	1.99	33.51	32.14
		2.70	-	28.38	1.95	27.56	1.93	
	D	3.48	-	30.07	29.22	1.98	29.20	28.38
		2.84	27.92	32.60	1.93	31.68	1.91	
Hasıl	A	3.38	33.22	34.96	35.26	1.92	33.94	34.26
		4.83	47.48	38.24		1.96	37.15	1.95
		2.95	-	33.81		1.98	32.86	1.96
	C	3.49	-	37.82	35.82	1.94	36.73	34.80
		2.84	-	31.25		1.93	30.36	1.92
	D	3.49	-	33.99	33.78	1.95	33.12	32.85
		5.24	-	36.12		1.97	35.07	1.96

hızda aritmetik ortalama kıyma boyu uzunluğu 17,51 mm, geometrik ortalama kıyma boyu uzunluğu 15,95 mm'dir. Yine A makinasının hasılda 2,84 km/h ilerleme hızında aritmetik ve geometrik ortalama kıyma boyu uzunlukları sırasıyla 32,60 mm ve 31,68 mm bulunmuştur. Yani A makinasının kıyma boyu uzunlukları mısırdaki küçük hasılda büyüktür. Bu durum üç hızın ortalama kıyma boyu uzunluklarının ortalamasını ele aldığımızda da görülmektedir.

Çizelge 7'de verilen aritmetik ve geometrik ortalama kıyma boyu uzunluklarının her hızdaki değerlerini toplarsak ortalamalarının alınmasıyla elde edilen ortalama aritmetik ve geometrik değerler mısırdaki A makinasında 18,79 mm ve 16,92 mm, B makinasında 17,46 mm ve 15,66 mm, yoncada, A makinasında 28,01 mm ve 27,20 mm, C makinasında 33,07 mm ve 32,14 mm, D makinasında 29,22 mm ve 28,38 mm, hasılda, A makinasında 35,26 mm ve

34.26 mm, C makinasında 35.82 mm ve 34.80 mm, D makinasında 33.78 mm ve 32.85 mm saptanmıştır. Bu bilgilere göre mısırdaki B makinası, yoncada A makinası daha küçük aritmetik ve geometrik kıyma boyu uzunlukları vermektedirler. Mısırdaki B makinasının kıyıcı düzen devri büyük olduğu için A makinasından daha küçük aritmetik ve geometrik kıyma boyu uzunluğu vermektedir. İkinci bir kıyma düzenine sahip D makinası silaj materyalini direkt fırlatmalı C makinasından daha küçük kıymaktadır.

Sonuç

- Silaj makinalarında ilerleme hızını arazinin yapısı, sulama için açılan ark ve tavalara, bitki çeşidi, birim alandaki bitki sayısı, yeşil ürün verimi, makina tipi gibi faktörler etkilemektedir. Ancak en önemli kısıt silaj makinalarının yüksek ilerleme hızında tıkanmasıdır. Kural olarak silaj makinası ilerleme hızının makinanın besleme hızından büyük olmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

- İlerleme hızının artmasıyla güç tüketimi, alan ve ürün iş başarıları artmıştır. İletim fanlı çarpmalı tip silaj makinasının güç tüketimi direkt fırlatmalı çarpmalı tip silaj makinası ve iletim fanlı tamburlu tip silaj makinası güç tüketiminden daha büyük bulunmuştur.

- Yakıt tüketimleri ilerleme hızı, alan ve ürün iş başarılarıyla birlikte bitki çeşidi ve makina tipine bağlı olarak l/h bazında artmakta, l/da bazında ise kararsızlık göstermektedir.

- 40 mm'den küçük kıyma boyu ağırlık dağılımının en küçük değerini mısırdaki A, yoncada ve hasılda C makinasında almıştır.

- Aritmetik ve geometrik ortalama uzunluk değerleri incelendiğinde mısırdaki B, yoncada A makinası daha küçük aritmetik ve geometrik kıyma boyu uzunlukları vermektedir. Kıyıcı düzen devri arttıkça kıyma boyu küçülmektedir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E. 1995. Yem Bitkileri, U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Yayınları, s. 255-273, Bursa.
- Anonymous, 1987. Hay and Forage Harvesting, Deere and Company Service Training, Dept. F., John Deere Road, p. 234-259, Moline, Illinois 61265.
- Anonymous, 1992. Forage Harvesters - Method of Determining by Screening and Expressing Particle Size of Chopped Forage Materials, First edition, ISO/TR 10391, p.7.
- Anonymous, 1994. Forage Harvesters - Test Methods, part 3, ISO 8909-3, p.11.
- Anonymous, 1995. Tarım İstatistikleri Özeti, Devlet İstatistik Enstitüsü, s. 27-40, Ankara.
- Anonymous, 1996 a. Devlet Planlama Teşkilatı VII.5 Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 184 s, Ankara.
- Anonymous, 1996 b. Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü Silaj Yapım ve Silaj Makinaları Sayım Envanteri, Ankara.
- Arın, S., 1982. Bazı Tarım İşletmelerinde Kaba Yem Bitkileri Tarımı Mekanizasyonu Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara.
- Bilgen, H ve N. Sungur, 1991. Ege Bölgesi Koşullarında Silajlık Mısır Hasat Makinalarının Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi, 25-27 Eylül, s. 323-332, Konya.
- Bilgen, H ve N. Sungur, 1992. Ege Bölgesi Koşullarında Yerli Yapım Silajlık Mısır Hasat Makinası Üzerinde Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, 14-16 Ekim, s. 317-326, Samsun.
- Bockhop, C. W. and K. K. Barnes, 1955. Power Distribution and Requirements of a Flail - Type Forage Harvester, Agricultural Engineering, 36, 453-457.
- Clendenci, W. H., J. C. Corwith and J. A. Walker, 1963. Developing New High - Capacity Forage Harvester, Agricultural Engineering, April, pp. 186-189.
- Ekinci, S. Z. 1948. Yeni Ziraat Muhtırası, Hüsnütabiat Basımevi, İstanbul.
- Evcim, H. Ü. 1990. Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması Veri Tabanı, E.Ü.Z.F. Yayınları: 495, 44 s, İzmir.
- Hepherd, R. Q. and P. Hebblethwaite. 1965. A Comparison of the Field Performance of Forage Harvester Mechanisms. J. Agric. Engng Res. 37-52.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri, A.Ü.Z.F. Yayınları 453, Uygulama Kılavuzu 155, 646 s, Ankara.
- Kanofjski, C. Z and T. Karwowski, 1976. Agricultural Machines Theory and Construction, Vol: 1-2, U.S. Dept. of Commerce, NTIS, Springfield, V: 22161, USA.
- Noller, C. H., 1982. Grass - Legume Silage in M.E. Heath D.S. Metcalse, R.F. Barnes Forages, The Iowa State Üniv. Press., pp. 558-568.
- Pascal, J. A. 1962. A Comparison Between the Performance of Simple and Double - Chop Flail Forage Harvesters, J. Agric. Engng. Res., 241-247.
- Sewel, H. B., 1993. Corn Silage for Beef Cattle, Agricultural Publication GO 2061 - Univ. of Missouri - Colombia Extension Services, p. 6, USA.
- Staples, C. R. 1992. Corn Silage for Dairy Cows, Florida Extension Service Publications, DS 21, p. 7, USA.
- Ülger, P. 1982. Tarımsal Mekanizasyon İlkeleri ve Projeleme Esasları, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 605 s. 304, Erzurum.