

Tamburlu ve Diskli Silaj Makinaları Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma

Metin GÜNER¹Ali KAFADAR²

Geliş Tarihi :01.04.1998

Özet: Bu çalışmada diskli ve tamburlu tip iki adet silaj makinası ele alınmıştır. Bu iki silaj makinası; güç, alan-ürün enerji ve yakıt tüketimi ile alan-ürün iş başarısı ve kıyma kalitesi bakımından karşılaştırılmışlardır. Silaj materyali olarak mısır bitkisi alınmıştır. Diskli tip silaj makinasında güç ve yakıt tüketimleri tamburlu tipe göre daha fazla bulunmuştur. Diskli tip kıyıcı düzene sahip silaj makinası materyali daha uzun kıymaktadır ve alan-ürün enerji tüketimi daha fazladır. Tamburlu silaj makinası iki sıralı olduğundan, alan ve ürün iş başarısı diskli silaj makinasından daha büyük saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Silaj, silaj makinası .

A Comparative Research on Flywheel and Cylinder Forage Harvesters.

Abstract: In this research, a comparison was made of the power consumption, energy consumption, fuel consumption, rates of work and the degree of chopping of flywheel and cylindrical forage harvesters. Tests were conducted in maize crop. In power and fuel consumption of flywheel forage harvester are higher than with cylindrical forage harvester. In addition, it has larger degree of chopping and higher energy consumption. The rates of work of the cylindrical forage harvester are greater than flywheel forage harvester because of cutting width.

Key Words: Silage, forage harvesters .

Giriş

Silaj makinaları silaj yapımı için yem bitkilerinin hasadında kullanılan makinalardır. Silajın öneminin artmasına bağlı olarak ülkemizde de silaj makinalarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. İstatistiklere göre ülkemizde toplam silaj makinası sayısı 2303 dür. (Anonymous 1996). Silaj makinaları kıyıcı düzenlerine (kesici organlarına) göre tamburlu, diskli ve çarpmalı olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır (Kanofski ve Karwowski 1976). Çarpmalı tipler çoğunlukla ot silajında kullanılmaktadır. Silaj makinalarında meydana gelen gelişmelere paralel olarak birbirleri arasındaki farklılıklar ve karşılaştırmalar üzerine yapılan çalışmalarda artmıştır. Ne yazık ki bu çalışmalar daha çok yurt dışında yapılmıştır. Ülkemizdeki çalışmalar yeni ve yetersiz durumdadır. Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Hephherd ve Hebblethwaite (1965) beş tip silaj makinasını güç tüketimi, kıyma boyu, biçme yüksekliği, iş başarısı, iş kalitesi yönünden karşılaştırmışlardır. Bunlardan üçü çarpmalı, biri diskli ve birisi de tamburlu tiptir. Blevins ve Hansen (1956), diskli tip kıyıcıya sahip bir silaj makinasında çeşitli düzenlerin harcadığı güç tüketimleri üzerinde durmuşlardır. Tribelhorn ve Smith (1975), tamburlu kıyıcı düzende bıçak tipinin, tambur çapının, bıçak hızının, tambur konumunun ve bitki özelliğinin enerji tüketimine etkisini incelemişlerdir. Bilgen ve Sungur (1992), Ege Bölgesi koşullarında diskli tip silaj makinasının teknik ve işlevsel özelliklerini

saptamışlardır. Aynı araştırmacılar bir başka araştırmalarında 3 farklı tip makinanın iş başarısı güç tüketimi ve kıyma kalite değerlerini ortaya koymuşlardır. (Bilgen ve Sungur 1991)

Bu çalışmada diskli ve tamburlu kıyıcı düzene sahip iki adet silaj makinasının karşılaştırılması yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Tamburlu ve diskli kıyıcı düzene sahip iki silaj makinasının karşılaştırılması amacıyla yapılan çalışmalar mısır silajı yapımında yürütülmüştür. Denemelerin yürütüldüğü koşulda mısırın sıra aralığı 700 mm, yaş baz esasına göre nemi %53.8, kuru madde oranı %46.2 dekadaki bitki sayısı 57.83 ve yeşil ürün verimi 4865 kg/da olarak saptanmıştır. Tamburlu tip kıyıcı bıçağa sahip olan A makinası yabancı yapım iki sıralı çekilir tip silajlık mısır hasat makinası olup, tambur üzerinde 5x3 çalışma düzenine sahip bıçak bulunmaktadır (Şekil 1). Standart kuyruk mili (540 min⁻¹) devrinde kıyıcı tambur devri 972 min⁻¹ olmaktadır. Kıyıcı tamburun çapı 610 mm ve genişliği 463 mm dir. Kıyma düzenine materyal girişi yatay konumdaki yedirici-besleyici tamburlarla sağlanmaktadır. Yönlendirici sonundaki dairesel hareketli disk bıçaklar tarafından biçilen mısır bitkisi, yönlendirici içerisinde

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

² Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü - Ankara

çalışan kanatlı zincirlerle yedirici tambura yaklaştırılmakta, dişi yedirici tamburlar tarafından tutulan mısır bitkisi arkada bulunan bir çift besleme tamburu tarafından kıyıcı tambura iletilmektedir. Kıyıcı tamburda kıyılan materyal, bu tambur tarafından direkt olarak sevk borusu kanalıyla taşıyıcı arabaya sevkini sağlamaktadır. Diskli tip kıyıcı bıçağa sahip B makinası tek sıralı asma tip yabancı yapım bir silajlık mısır hasat makinası olup disk üzerinde 10 adet kıyıcı bıçak bulunmaktadır (Şekil 2). Bıçak şekli, hava akımı ve fırlatma etkisiyle kıyılan materyalin sevkini de sağlamaktadır. Disk üzerinde kıyılmış materyalin sevkini için 3 fırlatıcı kanat bulunmaktadır. Standart kuyruk mili devrinde kıyıcı disk dönü sayısı 1520 min⁻¹ dir. Kıyım düzenine materyal girişi düşey konumdaki yedirici besleyici tamburlarla yapılmaktadır. Öndeki yedirici tambur çifti altında bulunan keskin kenarı düz disk bıçaklar bitkiyi tarladan biçmekte, tambur kanatları tarafından yakalanan bitki gövdesi yatırırlarak arkadaki karşılıklı yerleştirilmiş düz bir dişi besleme tamburu bitkiyi aynı zamanda ezerek diskli kıyım düzenine beslemekte ve besleme hızını belirlemektedir. Sevk borusu sürücü tarafından mekanik bir sistemle yönlendirilmektedir.

Denemelerde her iki silaj makinası için gerçek ilerleme hızları saptanmış olup A ve B makinası için 3, ilerleme hızı elde edilmiştir. İlerleme hızlarını belirleyen faktörlerden en önemlisi makinaların tıkanma olasılığı olmuştur. Diğer tüm denemeler bu gerçek ilerleme hızlarında yapılmış olup denemelerde standart kuyruk mili devri (540 min⁻¹) alınmıştır. Yakıt tüketimi yakıt deposu ile yakıt pompası arasına bağlanan SKZ marka yakıt ölçme cihazıyla ölçülmüştür. Makinaların kuyruk mili dönme momentleri FAHR DG-935 Nm, ± 2 mv'luk elektronik torkmetreyle ve kuyruk mili devir sayıları ise, milivolt kademesi bulunan bir avometre üzerine alınarak okumaları yapılmıştır. Torkmetreden elde edilen sinyaller HBM-KW-3073 marka amplifikatörde yükseltilecek okunmuştur. Denemelere başlamadan önce hem amplifikatör ve hem de torkmetre birlikte kalibre edilmiştir.

Yeşil ürün veriminin saptanmasında Arın (1982) nin kullandığı yöntemden yararlanılmıştır. Nem oranı yaş baz esasına göre belirlenmiştir. Kuru madde verimi kuru madde oranıyla yeşil ürün veriminin çarpılmasıyla elde edilmiştir. Silaj makinalarının alan iş başarıları; gerçek ilerleme hızı, iş genişliği ve zamandan yararlanma katsayısı (K=0.70) yardımıyla bulunmuştur. Ürün iş başarıları ise alan iş başarılarıyla yeşil ürün veriminin çarpılmasıyla belirlenmiştir. Materyal kıyım kalitelerinin belirlenmesinde ISO/TR 10391 standardındaki yöntem kullanılmış olup kıyım kaliteleri hem ağırlık oranına ve hem de ISO 8909-3 standardında belirtilen aritmetik ve geometrik ortalama uzunluğa göre değerlendirilmiştir (Anonymous 1992, Anonymous 1994; Orth ve Peters 1975). Alan ve ürün enerji tüketimleri maksimum kuyruk mili güç tüketimlerinin alan ve ürün iş başarılarına bölünmesiyle elde edilmiştir.

Denemeye alınan silaj makinalarının teorik kıyım boyları besleme hızı ilerleme hızına eşit alınarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla bulunmuştur (Kanofjski ve Karwowski 1976).

$$L_t = \frac{6.10^4 \cdot V_b}{n_d \cdot z}$$

Burada; L_t : teorik kıyım boyu (mm), V_b: besleme hızı (m/s), n_d : diskin ya da tamburun devir sayısı (min⁻¹) ve z: disk ya da tamburun üzerindeki bıçak sayısıdır.

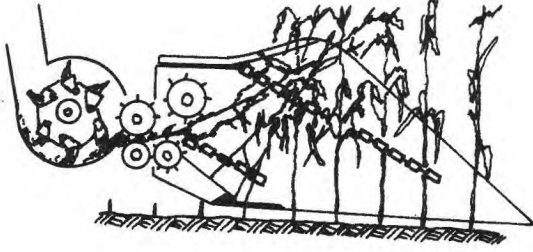
Bulgular ve Tartışma

Araştırmada ölçümlere başlamadan önce silaj makinalarının çalışabileceği en uygun ilerleme hızları belirlenmiştir. İlerleme hızını sınırlayan en önemli faktör makinaların tıkanma koşuludur. A makinasında 2.30 km/h, 2.42 km/h ve 2.73 km/h, B makinasında ise 1.80 km/h, 2.40 km/h ve 3.25 km/h gerçek ilerleme hızları elde edilmiştir. Çizelge 1'de ilerleme hızlarına bağlı olarak elde edilen sonuçlar verilmiştir.

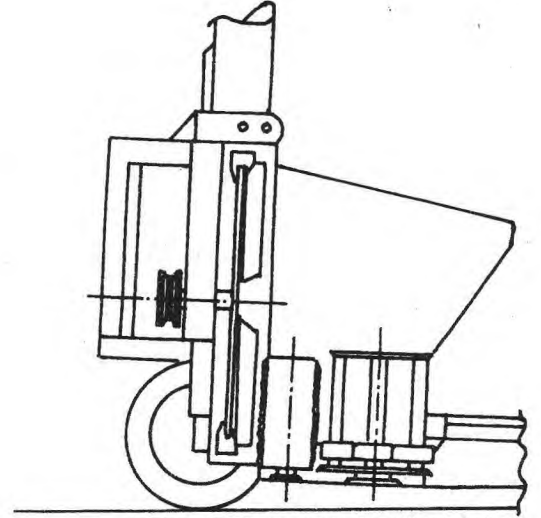
Çizelgenin incelenmesinden görülebileceği gibi ilerleme hızıyla birlikte artan materyal miktarına bağlı olarak güç tüketimi de artmaktadır. Bu durum her iki makina tipinde açıkça görülmektedir. Alan enerji tüketimi ve ürün enerji tüketimi A makinasında ilerleme hızıyla artarken B makinasında azalmaktadır. Bunun nedeni B makinasında alan iş başarısının ve ürün iş başarısının hız arttıkça artma oranı A makinasından daha fazla olmasıdır. Bu da gücün alan ve ürün iş başarısına bölümüyle elde edilen alan ve ürün enerji tüketimlerinin B makinasında hız arttıkça azalmasına neden olmaktadır. Ancak dikkat edildiğinde B makinasının alan ve ürün enerji tüketimleri A makinasından daha büyüktür. Örneğin 2.40 km/h ortak sayılabilecek ilerleme hızlarında A makinasının alan ve ürün enerji tüketimi sırasıyla 13.66 kWh/da ve 2.81 kWh/t iken B makinasında bu değerler sırasıyla 21.94 kWh/da ve 4.51 kWh/t olmaktadır.

Kanofjski ve Karwowski (1976), diskli tip kıyıcıya sahip silaj makinalarının güç tüketiminin, tamburlu kıyıcıya sahip silaj makinalarının güç tüketiminden daha büyük olduğunu belirtmektedir. Bu durumu Çizelge 1'de de görmek olasıdır. B makinası tek sıralıdır ve diskli tip kıyıcı biçme düzenine sahiptir. A makinası ise tamburlu kıyıcı düzene sahiptir ve iki sıralıdır. B makinası tek sıralı olmasına rağmen güç tüketimi A makinasına yakın değere sahiptir. Hızın 2.42 km/h olduğu A makinasında güç 32.4 kW iken hızın 2.40 km/h olduğu B makinasında güç 25.8 kW olmaktadır. A makinasının güç tüketimini tek sıraya indirirsek, 32.4 kW/2 = 16.2 kW buluruz. Bu değerden giderek B makinasıyla karşılaştırdığımızda diskli tip kıyıcı düzene sahip makinanın güç tüketiminin, tamburlu tip kıyıcı düzene sahip A makinasının güç tüketiminden daha büyük olduğu görülür.

Alan ve ürün iş başarılarına gerçek ilerleme hızının etkisini incelediğimizde, hızın birinci etkileyen faktör olması nedeniyle her iki makina hızının artmasıyla hem alan ve hem de ürün iş başarıları artmaktadır. Alan ve ürün iş başarılarını etkileyen faktörlerden birisi de iş genişliğidir. İş genişliği A makinasında 1.4 m ve B makinasında 0.70 m'dir.



Şekil 1. A makinasının şematik görünümü



Şekil 2. B makinasının şematik görünümü

Çizelge 1. Mısırın silaj yapımında kullanılan A ve B makinalarının performans karakteristikleri

	Makina tipi ve ilerleme hızları (km/h)					
	A			B		
	2.30	2.42	2.73	1.80	2.40	3.25
Güç tüketim (kW)	29.20	32.40	38.70	19.80	25.80	31.40
Alan enerji tüketimi (kWh/da)	12.95	13.66	14.47	22.45	21.94	19.72
Ürün enerji tüketimi (kWh/t)	2.66	2.81	2.97	4.62	4.51	4.05
Alan iş başarısı (da/h)	2.25	2.37	2.68	0.88	1.18	1.59
Ürün iş başarısı (t/h)	10.96	11.54	13.01	4.29	5.72	7.75
Yakıt tüketimi (l/da)	2.72	3.12	3.11	3.76	4.80	4.60
Yakıt tüketimi (l/h)	6.12	7.39	8.33	3.31	5.66	7.31

Bu bilgilere göre iş genişliğinin yarıya inmesiyle alan ve ürün iş başarılarının da hemen hemen yarıya indiğini gözlemleyebiliriz. Örneğin B makinasının iş genişliği A makinasının yarısı olduğundan alan ve ürün iş başarıları daha küçük bulunmuştur. Bu durumu sayısal örnek vererek kanıtlayacak olursak; B makinasında 2.40 km/h ilerleme hızında alan iş başarısının 1.18 da/h, ürün iş başarısının 5.72 t/h olduğu görülür. A makinasında B makinasının ilerleme hızıyla aynı sayılabilecek 2.42 km/h hızda alan ve ürün iş başarıları sırasıyla 2.37 da/h ve 11.54 t/h olmuştur. Bu da B makinası alan ve ürün iş başarısının 2 katı olduğunu göstermektedir. Bilgen ve Sungur (1991 ve 1992) yayınladıkları araştırmalarında, artan ilerleme hızıyla ve artan iş genişliğiyle alan ve ürün iş başarılarının arttığını bildirmişler ve yukarıdaki irdelemeleri doğrulayacak sonuçlar bulmuşlardır.

Yakıt tüketimleri incelendiğinde yakıt tüketiminin ilerleme hızıyla (l/da) değeri göz önüne alındığında artmakta ya da azalmaktadır. Ortalama yakıt tüketimleri yani her hızda elde edilen yakıt tüketimlerinin toplamının ortalaması A makinasında 2.98 l/da, B makinasında 4.38 l/da bulunmuştur. Görüldüğü gibi yakıt tüketimi l/da olarak B makinasında daha büyüktür. B makinası bilindiği gibi tek sıralı, diskli olup kıyıcı düzen yani disk dönü sayısı 1520

min⁻¹ dir. B makinasının alan-ürün iş başarısı küçük ancak yakıt tüketimi fazladır. Halbuki A makinası daha fazla alan ve daha fazla ürün hasat etmekte, fakat yakıt tüketimi (l/da) daha küçük olmaktadır. Bu A makinasının lehine olan durumdur. Saatlik yakıt tüketimleri incelendiğinde ilerleme hızıyla artıkları görülmektedir. A ve B makinalarının hızlara bağlı yakıt tüketimlerinin aritmetik ortalamaları sırasıyla 7.28 l/h ve 5.42 l/h olmuştur. Saatlik yakıt tüketimi B makinasında daha düşük bulunmuştur. Ancak bu sonuç makina seçiminde tek seçici unsur olmamalı diğer parametrelerde göz önüne alınmalıdır.

Materyal kıyım kalitesinin değerlendirilmesinde kıyım boyu ağırlık dağılımı ile aritmetik ve geometrik kıyım boyu uzunlukları ele alınmıştır. Çizelge 2'de kıyım boyu ağırlık dağılımları, Çizelge 3'de ise aritmetik ve geometrik kıyım boyu uzunlukları verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde çalışılabilir ilerleme hızının artmasıyla 20 mm ve 40 mm den küçük kıyım boyu ağırlık dağılımları A ve B makinalarında artmaktadır. Silaj yapımında kıyım boylarının küçük olması istenmektedir. Çünkü kıyım boyu siloda bitkilerin sıkıştırılma oranına, hayvanların tüketimine ve hayvansal ürünlerin verimine

Çizelge 2. Çalışılabilir ilerleme hızlarına bağlı kıyma boyu ağırlık dağılımları

Makina tipi	İlerleme hızı (km/h)	Kıyma boyu ağırlık dağılımı (%)									
		0-5 mm	5-10 mm	10-20 mm	20-40 mm	>40	<20	20 mm den küçük ortalama değer	>20 mm	< 40 mm	40 mm den küçük ortalama değerler
A	2.30	7.6	11.2	28.4	33.5	19.3	47.2	64.6	52.8	80.7	85.5
	2.42	8.3	19.8	36.3	17.2	18.4	64.4		35.6	81.6	
	2.73	12.3	32.5	37.4	12.1	5.7	82.2		17.8	94.3	
B	1.80	6.5	13.2	18.9	34.3	27.1	38.6	52	61.4	72.9	80.6
	2.40	11.2	19.3	25.5	27.2	16.8	56.0		44.0	83.2	
	3.25	11.8	21.2	28.3	24.4	14.3	61.3		38.7	85.7	

etki etmektedir. Genel olarak küçük parçalara bölünmüş bitkilerin daha iyi silaj yapıldıkları ve hayvanlar tarafından daha fazla tüketildikleri bildirilmiştir (Açıkgöz 1995). Silaj yapım tekniği açısından kabul edilebilir 20 mm den ve 40 mm den küçük kıyma boyu ağırlık dağılımları ortalaması A makinasında sırasıyla %64.6, %85.5, B makinasında aynı koşuldaki değerler %52 ve %80.6 olmuştur. Görüldüğü gibi A makinasında küçük boyutlu bitkilerin miktarı daha fazladır. Çalışılabilir ilerleme hızlarına göre teorik, aritmetik ve geometrik kıyma boylarını incelediğimizde aritmetik ve geometrik ortalama kıyma

boyu uzunlukları hız artarken küçülmektedir. Ancak teorik kıyma boyları hesaplama formülüne bağlı olarak artmaktadır. Hızın etkisini ortadan kaldırmak amacıyla Çizelge 3'de verilen değerlerin ortalamalarını aldığımızda teorik kıyma boyu ortalaması A makinasında 8.5 mm, B makinasında 2.7 mm'dir. Aritmetik ve Geometrik ortalama uzunlukların ortalaması sırasıyla A makinasında 16.31 mm, 14.86 mm, B makinasında 18.60 mm ve 16.77 mm olmaktadır. Bu değerlere göre B makinasının kıyma boyu uzunlukları daha büyüktür. Yani A makinası silaj boyutu bakımından daha olumlu değerler vermektedir.

Çizelge 3. Çalışılabilir ilerleme hızlarına bağlı aritmetik, geometrik ortalama ve teorik kıyma boyu uzunlukları.

Makina tipi	İlerleme hızı (km/h)	Teorik kıyma boyu (mm)	Aritmetik ortalama uzunluk (mm)	Geometrik ortalama uzunluk (mm)
A	2.30	7.88	20.60	18.45
	2.42	8.30	16.89	15.49
	2.73	9.36	11.44	10.64
B	1.80	1.97	23.49	20.94
	2.40	2.63	16.82	15.25
	3.25	3.56	15.50	14.13

Sonuç

Yabancı yapım birisi tamburlu (A makinası) ve diğeri diskli (B) makinasının karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Her iki makinede ilerleme hızıyla birlikte artan materyal miktarına bağlı olarak güç tüketimi artmaktadır.

Alan enerji tüketimi ve ürün enerji tüketimi A makinasında ilerleme hızıyla artarken B makinasında azalmaktadır.

B makinasının alan ve ürün enerji tüketimleri A makinasından daha büyüktür.

Diskli tip kıyıcı düzene sahip B makinasının güç tüketimi, tamburlu tip kıyıcı düzene sahip A makinasının güç tüketiminden daha fazla bulunmuştur.

Artan ilerleme hızıyla ve artan iş genişliğiyle alan ve ürün iş başarıları artmaktadır.

Yakıt tüketimi l/da olarak B makinasında daha büyüktür. Saatlik yakıt tüketimleri her iki makinede da ilerleme hızıyla artmaktadır.

Silaj yapım tekniği açısından kabul edilebilir 20 mm'den ve 40 mm'den küçük kıyma boyu ağırlık dağılımları ortalaması A makinasında sırasıyla %64.5, %85.5, B makinasında aynı koşullardaki değerler %52 ve %80.6 olmuştur. Aritmetik ve geometrik ortalama uzunlukların ortalaması sırasıyla A makinasında 16.31 mm, 14.86 mm, B makinasında 18.60 mm ve 16.77 mm bulunmuştur.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 1995. **Yem Bitkileri**. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 255-273, Bursa.
- Anonymous, 1992. **Forage Harvesters-Method of Determining By Screening and Expressing Particle Size of Chopped Forage Materials**. First edition, ISO/TR 10391, pp: 1- 7
- Anonymous, 1994. **Forage Harvesters-Test Methods**. part 3, ISO 8909-3, First edition, pp: 1-11.
- Anonymous, 1996. **Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü**. Silaj yapımı ve silaj makinaları Sayım Envanteri, Ankara.
- Arın, S., 1982. **Bazı Tarım İşletmelerinde Kaba Yem Bitkileri Tarımı Mekanizasyonu Üzerinde Araştırmalar**. Doktora Tezi, A. Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara.
- Bilgen, H. ve Sungur, N., 1991. **Ege Bölgesi Koşullarında Silajlık Mısır Hasat Makinalarının Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma**. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 323-332, Konya.
- Bilgen, H. ve Sungur, N., 1992. **Ege Bölgesi Koşullarında Yerli Yapım Silajlık Mısır Hasat Makinası Üzerinde Bir Araştırma**. OMÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi 14-16 Ekim, 317-326, Samsun.
- Blevins, F.Z. ve H.J. Hansen., 1956. **Analysis of Forage Harvester Design**. Agricultural Engineering, Vol. 37, January, 21-26
- Hepherd, R.Q. ve P. Hebblethwaite., 1965. **A Comparison of the Field Performance of Forage Harvester Mechanisms**. J. Agric. Engng Res. 37-52.
- Kanofjski, Cz ve T. Karowski., 1976. **Agricultural Machines, Theory and Construction**. Vol. 1-2, U.S. Dept. of Commerce, NTIS, Springfield, V: 22161, USA.
- Orth, H.W. ve H. Peters., 1975. **Ein Verfahren zur Bestimmung der Halmlaenge mit Hilfe eines Schwingsiebes**. Grundl. Landtechnik, Bd.25, Nr. 6, S: 187-188.
- Tribelhorn, R.E ve J.L. Smith., 1975. **Chopping Energy of a Forage Harvester**. Transactions of the ASAE, 423-430.