

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde 2001 yılı itibari ile 1.1 Mha olan yem bitkisi ekim alanı, toplam tarla alanı içerisinde % 4.84'lük bir oranı işgal etmektedir. Oysa tarımı ileri ülkelerde, yem bitkilerine ayrılan alan, tarla tarımı yapılan alanların yaklaşık % 20-50'sini oluşturmaktadır. Ülkemizde yem bitkileri ekim alanları çizelge 1.1'de verilmiştir (Anonim, 2004).

Çizelge 1.1. Yem bitkileri ekim alanları

Ürünler	Ekilen Alan (ha)
Mısır	575000
Sorgum	3650
Yonca	320000
Korunga	107000
Üçgül	2000
Fiğ	220000
Burçak	1550

Mısır ekim alanı dünyada son on yılda 138 Mha'dan 143 Mha'a, buna bağlı olarak üretim 569 Mt'dan 638 Mt'a, verim 4116 kg/ha'dan 4471 kg/ha'a yükselmiştir. Ülkemizde mısır ekim alanları 485 kha'dan 575 kha'a, buna bağlı olarak üretim 1.85 Mt'dan 2,8 Mt'a, verim ise 3814 kg/ha'dan 4869 kg/ha'a çıkmıştır (Ekrem, 2000).

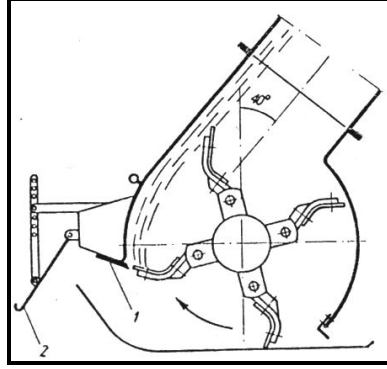
Sorgum tür ve melezleri ülkemizde birinci ve ikinci ürün olarak otlatma, yeşil ve kuru ot üretimi yanında silo yemi amacıyla da yetiştirilebilmektedir. Toplam 43.9 Mha'lık ekim alanı ile dünya tahıl ekim alanlarının % 6.6'lık kısmını kapsamakta, 58.9 Mt üretimle dünya tahıl üretiminin % 2.8'ni sağlamaktadır. Sorgumun 2003 yılında dünya verim ortalaması 1341 kg/ha olarak bildirilmektedir. Ülkemizde ise 3650 ha ekim alanı ve 7200 t üretime sahiptir (Anonim, 2006).

Silaj makinası, silaj yapılmak üzere namlu haline getirilmiş veya biçilmemiş yeşil yem bitkilerini biçen, parçalayan, kıyan ve üfleyerek bir araca dolduran kendi yürür veya traktörle kullanılan makinadır (Güner, 1998).

Silaj makinaları kıyıcı organlarına göre;

- a. Çarpmalı tip silaj makinası,
- b. Diskli tip silaj makinası,
- c. Tamburlu tip silaj makinası olmak üzere üç gruba ayrılır.

Çarpmalı tip kıyıcılar, herhangi bir besleme ünitesi olmaksızın çarpma etkisiyle bitkisel materyali kıyan ve yatay ekseninde dönen bıçaklara sahip kıyıcılardır. Temelde ürün biçilmekte, karşı bıçak yardımıyla parçalanmakta ve daha sonra kıyılan materyal fırlatma kanalı yardımıyla taşıyıcıya iletilmektedir (Kanofojski ve Karwowski, 1976). Çarpmalı tip silaj makinasının kıyıcı ünitesi şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Çarpmalı tip silaj makinasının kıyıcı ünitesi

Bu tip makinalar iki önemli dezavantaja sahiptir; birincisi, elde edilen kıyma boyunun eşit olmaması ve uygun kıyma boyunun tüm kıyılan materyal içerisinde % 25-35’lik kısmını kapsamaması ve ikinci olarak da yüksek güç gereksinimidir. Çarpmalı tip kıyıcılarda gerekli olan enerji ürünün parçalanmasında, hava iletiminde, kıyılan materyalin kıyma ünitesi içerisinde hareket ettirilmesi ve taşıyıcıya iletilmesinde kullanılır (Kanofojski ve Karwowski, 1976).

Çarpmalı tip kıyıcılarda uygun kıyma boyu, enerji ve güç tüketimi için bıçak geometrisi (kalınlığı, büküm açısı ve bileme açıları), kıyma ünitesinin çapı, bıçak çevre hızı ve karşı bıçağın konumu gibi optimum tasarım parametrelerinin doğru bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kıyılacak bitkinin çeşidi, kalınlığı, nemi, bitki eğim açısı, olgunluğu ve boyu kıyma uzunluğunu, enerji ve güç tüketimini etkilemektedir.

Bu araştırmada, çarpma etkili bir silaj nitesi ile mısır ve sorgumun kıyılmasında, kıyılan tüm materyal içerisindeki silaj için uygun kıyma boyu oranını arttıran ve enerji tüketimini azaltan, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı ve bıçak evre hızı kombinasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca uygun olarak, sabit besleme hızında, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı ve bıçak evre hızının, kıyma boyu uzunluğuna ve özgül enerji tüketimine etkileri saptanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Segler (1951), kıyıcıların iletim düzenleri üzerine bir çalışma yapmıştır. İletim mesafesinin vantilatörün çevresel hızı tarafından etkilendiğini, vantilatörün çevre hızının optimum değerde olması gerektiğini, bu değer altında olması durumunda tıkanma meydana geldiğini, vantilatörün çevresel hızı doğrudan orantılı olarak çıkış miktarını değiştirdiğini belirtmiştir.

Tribelhorn ve ark. (1975), silindir tip kıyıcılarda mısırı kıymada bıçak başına toplam enerji tüketimlerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. 825 1/min devir sayısında düz bıçak için 3.75 MJ/t k.m. (kuru madde) olduğunu, helezonik bir bıçak için 3.38 MJ/t k.m. olduğunu belirlemişlerdir.

Kepner ve ark. (1987), çarpmalı tip kıyıcılarda yaptıkları çalışmada, ortalama kıyma uzunluğunun 65–90 mm aralığında olabildiğini ve bazen de 150 mm'nin üzerine çıkabildiğini, böylelikle üniform olmayan parça boyutları meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Kraus (1989), besleme mekanizmalı silindir tip kıyıcılarda enerji tüketimlerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Tüketilen enerjinin % 22'si kesmede, % 21'i beslemede, % 21'i sıkıştırmada, % 26'sı sürtünmede ve % 10'u ise hava iletiminde tüketildiğini belirlemiştir.

Bilgen ve Sungur (1991), farklı teknik özelliklere sahip üç adet mısır silaj hasat makinasının iş başarısı, güç tüketimi ve kıyma kalitesi değerlerini ortaya koymak için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre, ilerleme hızı ve ürün iş başarısı arttıkça güç tüketiminin arttığını ve kıyma kalitesine besleme hızının, kıyıcı dönü sayısının ve kıyıcı bıçak sayısının etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Shinners ve ark. (1991), kıyıcı üniteye kıyılan parçaların taşınmasında, kıyılan materyale verilen kinetik enerjinin kullanımıyla çarpmalı tip kıyıcıların enerji gereksiniminde mümkün olabilecek bir azalmayı gözlemlemişlerdir. Kinetik enerji, kıyıcı bıçakların çevresel hızı ivmelendiğinde kıyılan materyale verilmektedir. Genellikle, çoğu kıyıcılar bu enerjiyi kullanmadan tasarlanmaktadır. Kıyılan materyale

verilen kinetik enerji tüketilmekte olup, kıyılan bu materyaller kıyma ünitesinin içerisinde sürüklenerek sürtünme kayıp meydana geldiğini belirlemişlerdir. Kıyıcı ünitesi aşağıdan yukarıya doğru kesen ve fırlatan alternatif bir kıyıcı geliştirmiş, kıyma ünitesi yukarıdan aşağıya doğru kesen ve fırlatan kıyıcılara göre özgül kesme enerji tüketiminin % 30–34 arasında azaldığını tespit etmişlerdir.

Shinners ve ark. (1994), çarpma tip kıyıcıların kıyma ünitesinde video fotoğraflama yöntemi kullanarak bir araştırma yapmışlardır. Kıyıcı bıçağın hızı ile kıyılan materyal birbiri içine girdiğini, kıyılan materyalin kıyma ünitesi içerisinde geniş ve bir yerde toplanmayacak şekilde kıyma ünitesini terk ettiğini tespit etmişlerdir.

Visvanathan ve ark. (1996), bıçak açısı ve hızının enerji tüketimi üzerinde etkisini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır.  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  bıçak bileme açılarında ve  $63^{\circ}$ - $75^{\circ}$  kesme açılarında yaklaşık 2.5 m/s bıçak hızında özgül kesme enerjisinin minimum olduğunu tespit etmişlerdir.

Chattopadhyay ve Pandey (1999), deneysel amaçlı yapmış oldukları çarpmalı tip silaj makinasında, bir sorgum sapının kesilmesinde makinaya ait bıçak ve işleme parametrelerinin enerji tüketimine etkisini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre toplam enerji tüketimi içindeki kesme enerjisinin oranını % 10 azaltmış olduğunu belirtmişlerdir.

Chattopadhyay ve Pandey (1999), sorgum sapının tohumlanma ve hasat evresindeki kesme enerjilerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Tohumlanma evresindeki bir sapın kesme enerjisi tüketimi, hasat evresindeki bir sapın kesme enerjisi tüketiminden % 5–12 daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Kesme hızı (sabit bıçak büküm açısında) 20 m/s ile 60 m/s arasında arttırıldığında özgül kesme enerji tüketimi 3–4 kat arttığını, bıçak büküm açısının (sabit kesme hızında)  $20^{\circ}$  ile  $60^{\circ}$  arasında arttırıldığında özgül kesme enerji tüketiminin % 25–30 azaldığını, çarpmalı tip silaj makinasında özgül kesme enerji tüketimini en aza indirmek için kesme hızını ve bıçak büküm açısını uygun duruma getirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Akıncı ve Çanakçı (2000), tek sıralı mısır silaj makinasının güç gereksinimi ve uygun çalışma koşullarını belirlemek üzere yaptıkları çalışmada tek sıralı, asılır tip,

diskli bir silaj makinası kullanmışlardır. Silaj makinası ile en yüksek 4 km/h ilerleme hızında çalışılması gerektiğini, daha yüksek hızlarda tıkanmalar meydana geldiğini, makinanın düzenli olarak çalışması ise yaklaşık 3 km/h ilerleme hızında sağladığını, uygun çalışma hızında çeki gücü 1.89 kW, eşdeğer kuyruk mili gücü 2.63 kW, kuyruk mili gücü 17.2 kW ve toplam güç değeri 19.1 kW olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, efektif alan kapasitesi 1.53 da/h, efektif ürün kapasitesi 6.50 t/h, enerji tüketimleri ise 12.43 kWh/da ve 2.93 kWh/t olarak belirlemişlerdir.

Chattopadhyay ve Pandey (2001), çarpmalı tip silaj makinasında kaba yemin iletim kanalından aktarılmasında bıçak şeklinin ve bıçak çevre hızının etkisini belirlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Bıçak bileme açısının parçalanmış materyalin fırlatma mesafesi üzerinde hiçbir önemli etkiye sahip olmadığını, iletim kanalının çıkış ağzında ki hava hızının bıçak çevre hızının artmasıyla logaritmik olarak arttığını, bıçak büküm açısının artmasıyla lineer olarak azaldığını belirtmişlerdir. Bıçak büküm açısı  $20^{\circ}$  ile  $60^{\circ}$  arasında arttırıldığında fırlatma mesafesi % 20–40 arasında azaldığını, bıçak çevre hızı 20 m/s ile 60 m/s arasında arttırıldığında fırlatma mesafesi % 65–95 arasında arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, en uygun bıçak çevre hızını 40 m/s, bıçak büküm açısını  $39^{\circ}$  ve bıçak bileme açısının  $30^{\circ}$  olması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Chattopadhyay ve Pandey (2001) çarpmalı tip kıyııcıların ürün ve makina parametrelerini kullanarak kesme enerjisi ve güç gereksiniminin tahmini için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Denemeler farklı bıçak parametreleriyle sorgum saplarının çarpmalı tip kıyııcılar ile kıyılması için geliştirilen modelin geçerliliğini için laboratuvar denemeleri yürütülmüştür. Farklı bıçak ve işlem parametrelerinde kesme enerjisi ve güç gereksinimlerinin tahmini değerleri, materyalin kalın ve ince saplarının farklı tiplerini hasadı için 20 m/s ve 60 m/s bıçak hızları arasında belirlemişlerdir.

Zhang ve ark.(2003), mısır silaj hasadında kullanılmak üzere parçalayıcı-ezici mekanizmalı bir çarpmalı tip silaj makinası tasarlamışlardır. Parçalama-ezme mekanizmalı silaj makinasının farklı ürün ve makina koşulları altında başarılı olarak çalıştığını, fakat ön işleme silindirleri içindeki beslemenin düzensiz olduğunu, makinanın silindir çiftleri arasındaki hız farklarının % 30 olduğu durumda en iyi işlevi

gerçekleştirdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, kıyılan materyal içerisinde ince kıyma boyu oranının arttığını belirtmişlerdir.

Godesa (2004), çarpmalı tip hasat makinası ile patates asmalarının hasadında, bıçakların minimum kesme hızını belirlemek için bir matematiksel model geliştirmiştir. Model sap yüksekliğine, kesme seviyesi yüksekliğine, kesilecek materyalin fiziksel özelliklerine ve eğme momentine dayandığını belirtmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Bitkisel Materyaller

Çalışmada, bitkisel materyal olarak hamur olum dönemlerinde hasat edilen hibrit mısır (RX 9292 at dişi mısır çeşidi) ve sorgum-sudan otu melezi (Jumbo çeşidi) kullanılmıştır. Bitkisel materyallerin özellikleri çizelge 3.1’de verilmiştir.

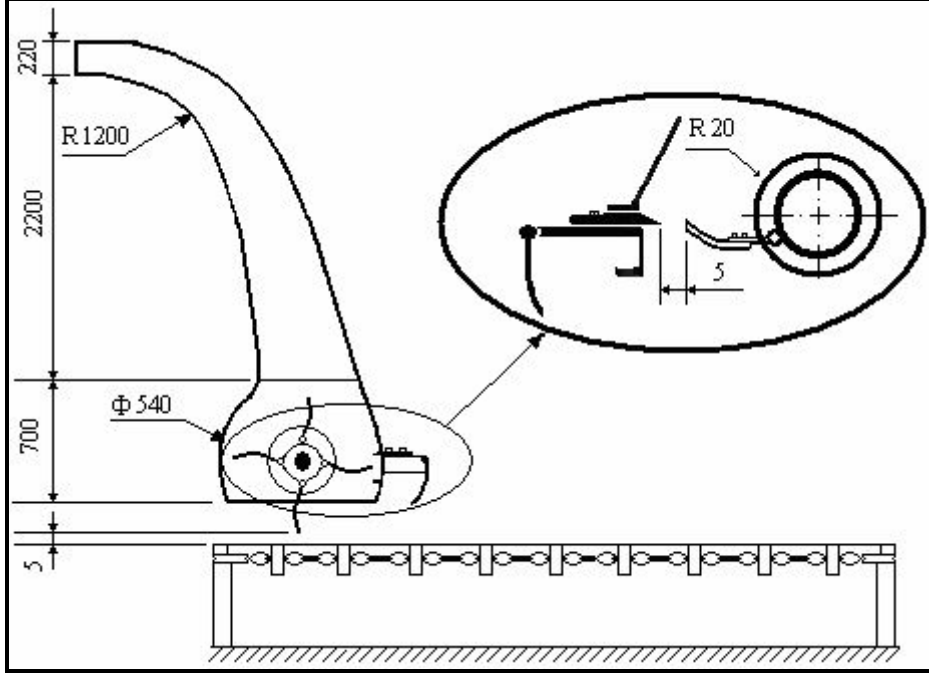
Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan bitkisel materyallerin özellikleri

Bitkisel Materyal	Nem İçeriği (%)	Ortalama Çap (mm)	Ortalama Boy (mm)
Mısır	65.40	25.7	2800
Sorgum	76.09	11.7	3300

##### 3.1.2. Deney Ünitesi

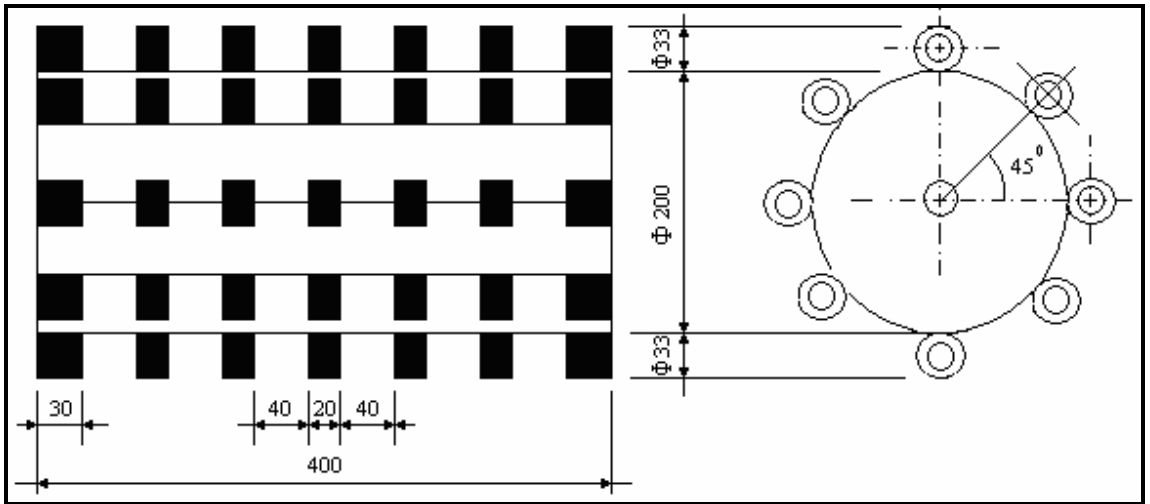
Denemeler, çalışmanın amacına uygun olarak tasarlanan ve piyasada imalatı yaptırılan çarpmalı tip kıyıcı ve besleme ünitesi kullanılarak yürütülmüştür. Kıyıcı ünite; tambur, tambura hareket veren elektrik motoru, kıyıcı bıçaklar, yan örtü sacları ve çıkış kanalından oluşmaktadır.

Kıyıcı ünitenin her iki tarafına yarıçapı 200 mm olan yan kapak açıklıkları bırakılmış, kıyıcı bıçak ile karşı bıçak arasındaki mesafe ise 5 mm olarak ayarlanmıştır. Kıyıcı ünitenin teknik özellikleri, karşı bıçak durumu ve yan kapak açıklığı şekil 3.1’de verilmiştir.

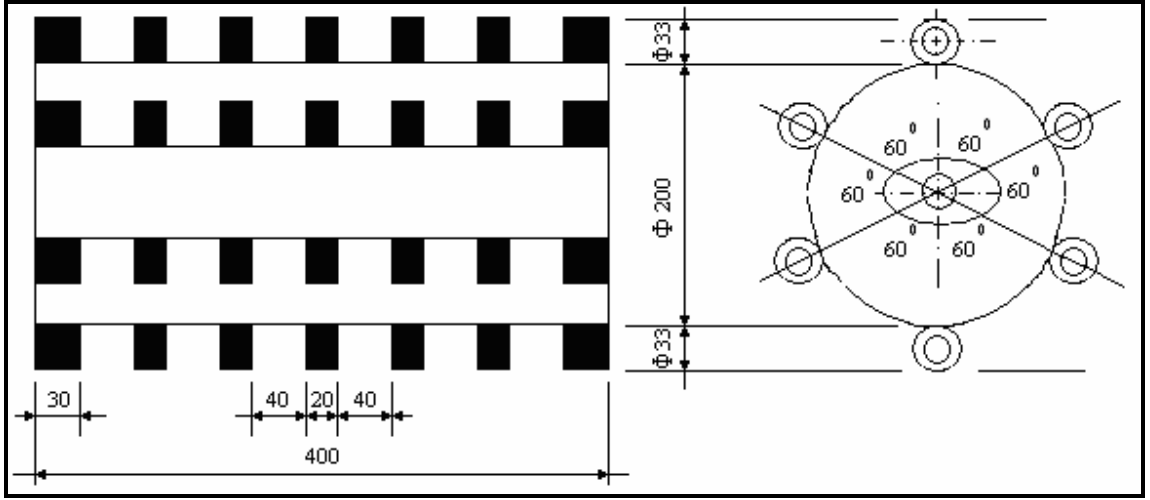


Şekil 3.1. Denemede kullanılan çarpmalı tip kıyıcı, karşı bıçak konumu ve yan kapak açıklığının teknik özellikleri (ölçüler mm'dir)

Kıyıcı ünite,  $45^\circ$  ve  $60^\circ$  bölüntülü olmak üzere 2 adet tambur kullanılmıştır. Kullanılan tamburlar 270 mm çapında ve 400 mm uzunluğunda imal edilmiştir. Tambur üzerine bıçakları yerleştirmek üzere 40 mm aralıklarla, 20 mm genişliğinde çelik bağlar kaynatılmıştır.  $45^\circ$  bölüntülü tambur şekil 3.2'de,  $60^\circ$  bölüntülü tambur şekil 3.3'de verilmiştir.

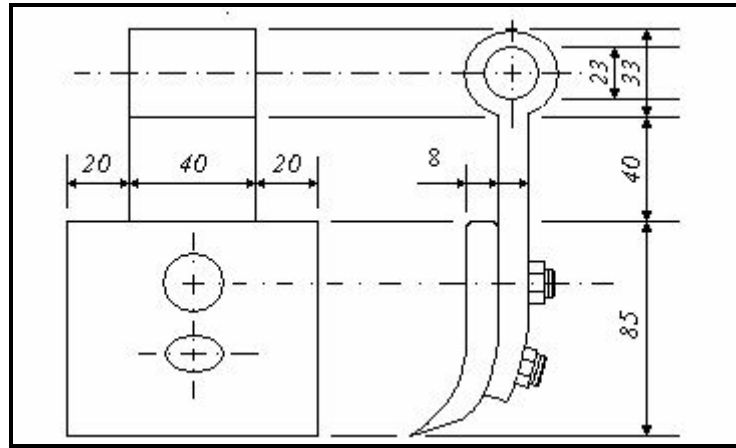


Şekil 3.2. Kıyıcı ünite, kullanılan  $45^\circ$  bölüntülü tamburun teknik özellikleri (ölçüler mm'dir)



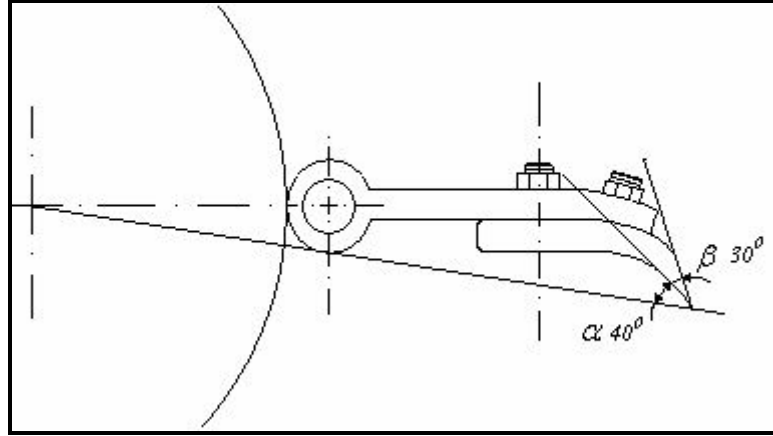
Şekil 3.3. Kıyıcı ünite de kullanılan  $60^{\circ}$  bölüntülü tamburun teknik özellikleri (ölçüler mm'dir).

Tamburlara takılarak kullanılan kıyıcı bıçaklar 80 mm genişliğinde ve 8 mm kalınlığında yüksek karbonlu çelikten (St 60) imal edilmiştir. Kıyıcı bıçakların teknik özellikleri şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Tamburlarda kullanılan düz bıçağın teknik özellikleri (ölçüler mm'dir).

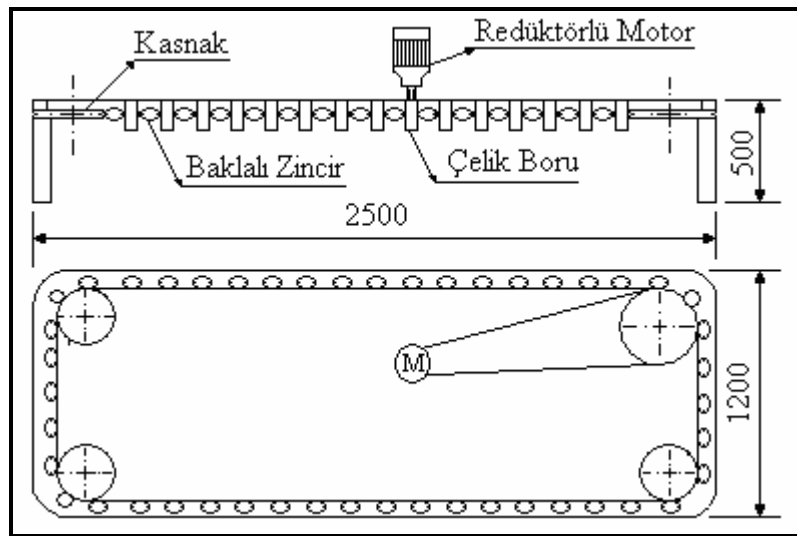
Kıyıcı bıçakların büküm açısı  $\alpha = 40^{\circ}$  ve bıçak bileme açısı  $\beta = 30^{\circ}$  olan düz bıçak kullanılmıştır (Chattopadhyay ve Pandey, 2001). Kıyıcı bıçakların büküm ve bileme açıları şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Tamburlarda kullanılan düz bıçağın bıçak bileme ve büküm açısı.

Kıyıcı ünite besleme ünitesinin üzerine monte edilmiştir. Kıyırma ünitesi 15 kW gücünde, 1400 1/min devir sayısında trifaz bir elektrik motoru ile çalıştırılmıştır.

Besleme ünitesi ise 4 adet kasnak, kasnaklara hareket veren redüktörlü elektrik motoru ve kasnakları çevreleyen baklalı zincirden oluşmaktadır (Şekil 3.6). Bitkisel materyalleri tutturmak için baklalı zincirler üzerine 100 mm aralıklarla, 100 mm uzunluğunda ve 30 mm çapında çelik borular kaynatılmış, bunlar sap tutucu olarak kullanılmıştır. Bitki sapları, sap tutuculara bir destekleme plakası (çelik sac parça) üzerinden vida ile sıkıştırılarak tutturulmuştur. Besleme ünitesi ise 0.75 kW gücünde 50 1/min devir sayısında trifaze bir elektrik motoru ile çalıştırılmıştır.



Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan besleme ünitesinin teknik özellikleri (ölçüler mm'dir)

Denemede kullanılan kıyıcı üniteye ait görüntüler şekil 3.7’de, besleme ünitesine ait görüntüler ise şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Denemelerin yapıldığı kıyıcı ünitenin görüntüleri



Şekil 3.8. Denemelerin yapıldığı besleme ünitesinin görüntüleri

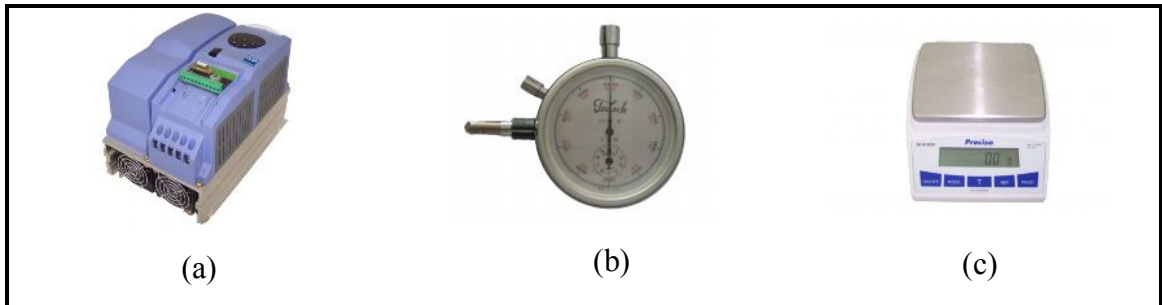
### 3.1.3. Denemelerde Kullanılan Cihazlar

Kıyma ünitesinin tork değerleri giriş gerilimi 115-230V, 50-60 Hz UMV 2000 Model tork sensörü ve analizörü kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Denemelerde kullanılan (a) tork sensörü ve (b) analizörü

Kıyma ünitesinde farklı bıçak çevre hızlarını elde edebilmek için tambur devir sayısının değişimi ile sağlanmıştır. Devir sayıları giriş gerilimi 380-480 V  $\pm$  % 10, 50-60 Hz  $\pm$  % 5 olan frekans dönüştürücü kullanılarak değiştirilmiştir. Devir sayısının kabaca ayarı kasnak değiştirerek, hassas ayarı ise frekans dönüştürücü ile yapılmıştır. Devir sayılarını ölçmek için ölçme alanı 0-10000 1/min olan Hasler tipi mekanik takometre kullanılmıştır. Bitkisel materyallerin ağırlıkları tespit etmek için 6100 g kapasiteli ve 0.01 g hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Denemelerde kullanılan (a) frekans dönüştürücü, (b) mekanik takometre ve (c) dijital terazi

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Deneme Planı

Denemeler dört farklı bıçak sayısında (aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına göre 1, 2, 3 ve 4 adet), altı farklı bıçak çevre hızında (20, 25, 30, 35, 40 ve 45 m/s) ve tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir ürün için deneme 2 günde tamamlanmıştır.

Silaj makinalarıyla çalışmada optimum ilerleme hızı için yaklaşık 3 km/h değeri önerilmektedir (Akıncı ve Çanakçı, 2000). Bu nedenle, denemde materyaller 3.3 km/h olmak üzere sabit besleme hızında kıyıcı üniteye iletilmiştir.

Bitkisel materyalleri kıyıcı üniteye yedirmek için besleme ünitesi üzerinde 100 mm aralıklarla bulunan 3 adet bitki tutucu kullanılmıştır. Mısır için, her bir bitki tutucuya 1 adet mısır sapı bağlanarak toplam 3 adet, sorgum için ise, her bir bitki tutucuya 2 adet sorgum sapı bağlanarak toplam 6 adet sorgum kıyıcı üniteye iletilmiştir.

Sapların gün boyunca nemini kaybetmemeleri için saplar denemeye tabi tutulmadan hemen önce tarladan kesilmiştir. Bitkisel materyallerin nem oranları, alınan örnekler etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve aşağıda verilen eşitlik yardımıyla yaş baza göre hesaplanmıştır (Ayık,1995).

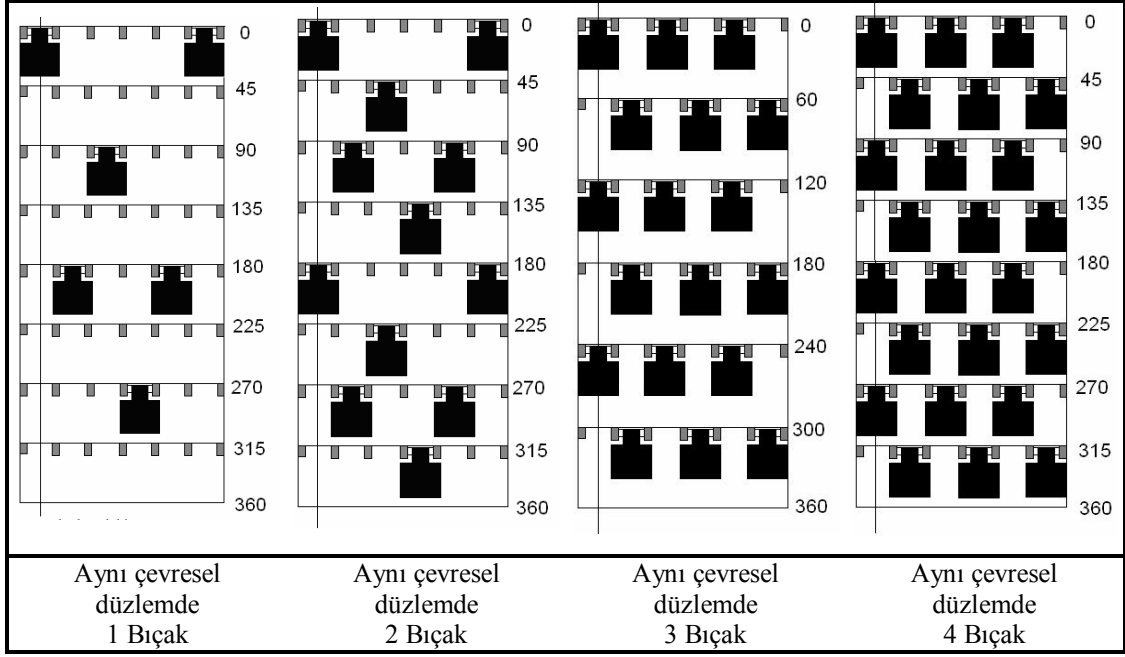
$$Nem (\%) = \left( \frac{W_0 - W}{W_0} \right) \times 100$$

Eşitlikte;

$W_0$ : Yaş ürün ağırlığı (g),

$W$ : Kuru ürün ağırlığı (g).

Kıyıcı bıçaklar, helezonik bir şekilde ve yatay izdüşümleri alındığında her biri birbirini 20 mm örtecek şekilde tambura çevresel olarak dizilmiştir. Bıçakların aynı düzlemdeki çevresel dizilimleri şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Kıyııcı ünite de bıçakların tambura dizilimleri

Şekil 3.11'den görüldüğü gibi 1. dizilimde çevresel olarak aynı düzleme 1 adet düz bıçak yerleştirilmiş ve tambur üzerinde toplam 6 adet bıçak kullanılmıştır. 2. dizilimde, çevresel olarak aynı düzleme 2 adet düz bıçak  $180^{\circ}$  açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ve tambur üzerinde toplam 12 adet bıçak kullanılmıştır. 3. dizilimde, çevresel olarak aynı düzleme 3 adet düz bıçak  $60^{\circ}$  açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ve tambur üzerinde toplam 18 adet bıçak kullanılmıştır. 4. dizilimde ise çevresel olarak aynı düzleme 4 adet düz bıçak  $90^{\circ}$  açı yapacak şekilde yerleştirilmiş ve tambur üzerinde toplam 24 adet bıçak kullanılmıştır. 1., 2. ve 4. dizilimde  $45^{\circ}$  bölüntülü tamburu, 3. dizilimde ise  $60^{\circ}$  bölüntülü tamburu kullanılmıştır.

### 3.2.2. Enerji Tüketimlerinin Belirlenmesi

Kıyııcı ünitenin enerji tüketimini belirlemek amacıyla, güç ünitesine tork sensörü bağlanmıştır. Tork sensöründen alınan sinyaller, tork analiz cihazında Nm olarak moment değerlerine dönüştürülmüş ve elde edilen moment değerleri doğrudan bilgisayara aktarılmıştır. Her bir uygulama için elde edilen moment değerlerinden makinanın güç tüketimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Saral ve Avcioğlu, 2002).

$$N = \frac{M_d \cdot n}{9550}$$

Eşitlikte;

$N$  : Güç (kW),

$M_d$  : Döndürme momenti (Nm),

$n$  : Devir sayısı (1/min).

Ürünün kıyılması sırasında, kıyıcı üniteye saptanan güç değerleri, birim zamanda kıyılan kuru madde miktarına oranlanarak özgül toplam enerji tüketimi bulunmuştur. Özgül toplam enerji tüketimi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Persson, 1987).

$$P = \frac{N}{Q}$$

Eşitlikte;

$P$  : Özgül toplam enerji tüketimi (kWh/t k.m.),

$N$  : kıyıcı ünitenin toplam güç gereksinimi (kW),

$Q$  : Kapasite (t/h).

Özgül kesme enerjisi değerlerinin belirlenmesinde ise kıyıcı ünitenin toplam güç gereksinimi değerlerinden, boшта çalışmada saptanan güç değerleri çıkartılarak, elde edilen değerler birim zamanda kıyılan materyal miktarına oranlanmıştır. Özgül kesme enerji tüketimi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Persson, 1987).

$$p = \frac{N}{Q}$$

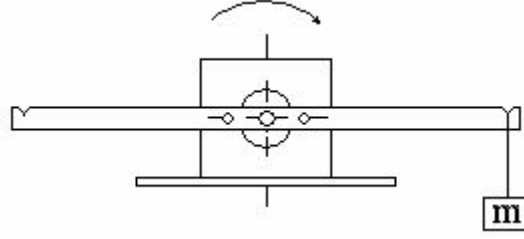
Eşitlikte;

$p$  : Özgül kesme enerji tüketimi (kWh/t k.m.)

$N$  : materyalin kıyılması için güç gereksinimi (kW),

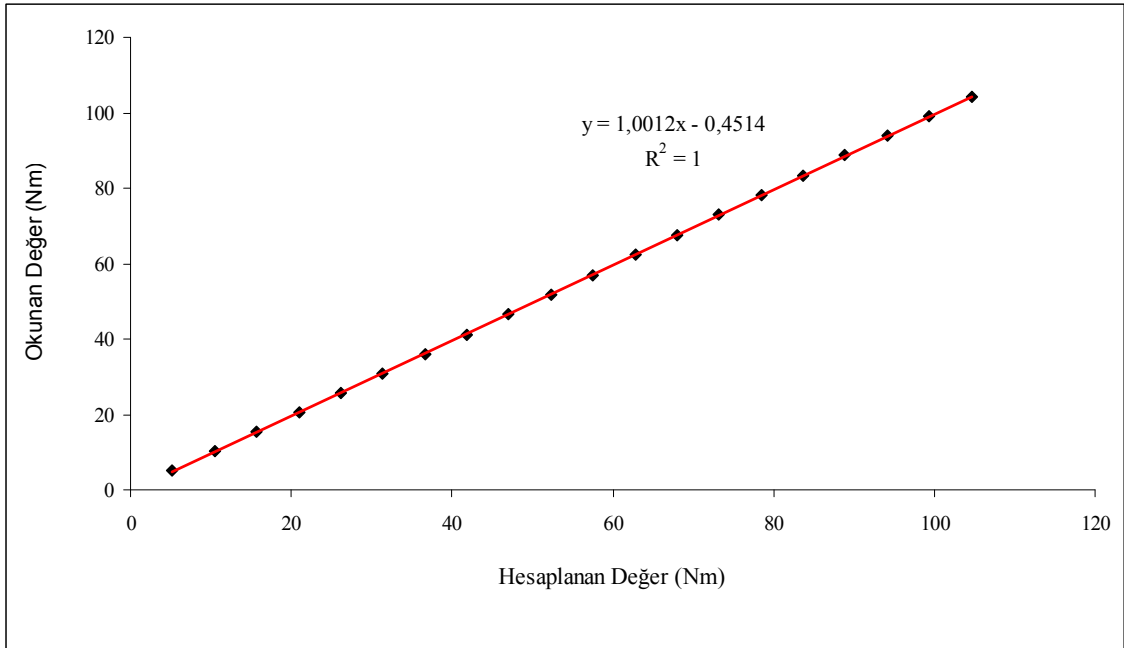
$Q$  : Kapasite (t/h).

Tork sensörünün statik kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon için, sensörün mil yatağına 1 m uzunluğunda ve 50 mm aralıklarla bölünmüş çelik profil monte edilmiştir. 10 kg kütleli bir cisim, 50 mm'de bir çelik profile asılarak analizörden moment değerleri ölçülmüştür. Ölçüm, hem yükleme hem de boşaltma durumlarında yapılmıştır. Tork sensörünün statik kalibrasyon düzeneği şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Tork sensörünün statik kalibrasyon düzeni

Elde edilen moment değerleri ile gerçek değerlerin grafiği şekil 3.13'de verilmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçlara göre doğrunun eşitliği grafikte verilmiştir.



Şekil 3.13. Analizörden okunan değerler ile hesaplanan değerlerin dağılımı



$$D = \log^{-1} \left[ \frac{3 (W_i \log d_i)}{3W_i} \right]$$

Eşitlikte;

D : Ortalama kıyma boyu uzunluğu (mm),

$W_i$  : (i.) elek yüzeyinde kalan parçacık ağırlığı (g),

#### 3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programında, tesadüf parselleri deneme desenine göre analiz edilmiş ve Duncan testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, elde edilen veriler regresyon analizine tabi tutulmuştur.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Kıyma Uzunluğuna İlişkin Bulgular

#### 4.1.1. Mısırın Kıyılmasında Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Kıyma Uzunluğuna Etkisi

Mısır için yapılan denemelerden elde edilen kıyma uzunluğu değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.1’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin mısırın kıyma uzunluğuna istatistik açıdan çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) olmak üzere etkilediğini göstermiştir.

Çizelge 4.1. Mısırın kıyılmasında, kıyma uzunluğunun bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi

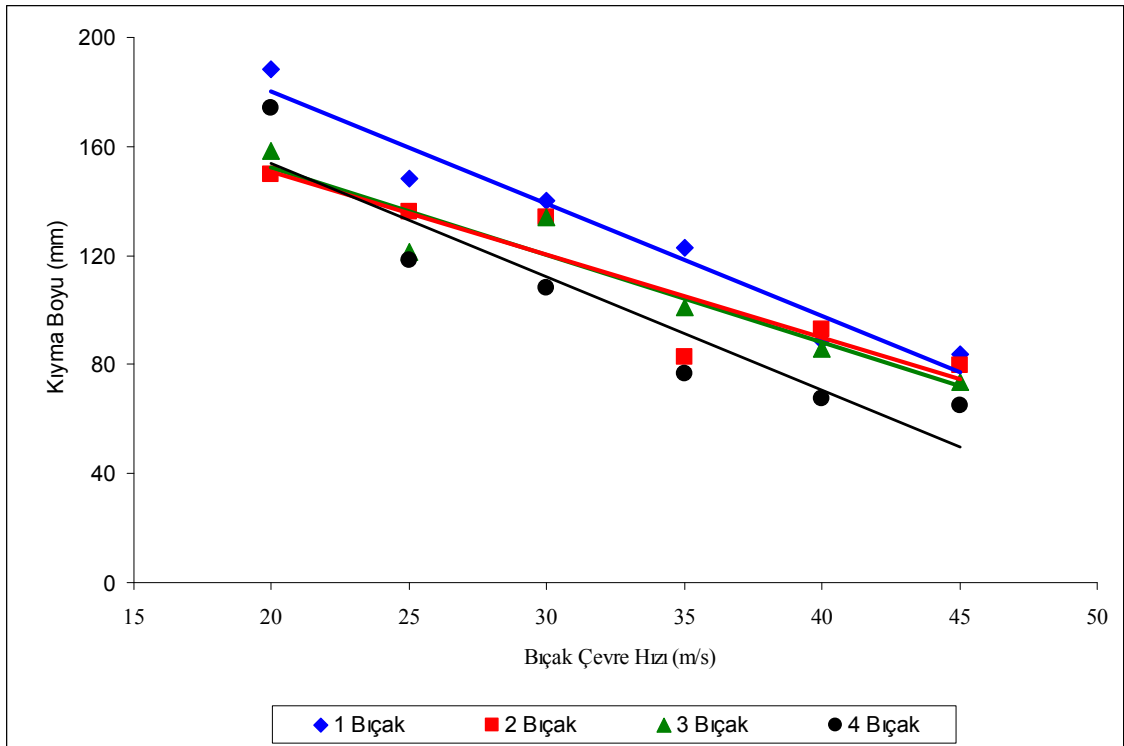
Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı				Ortalama	
	1	2	3	4		
20	188.4	149.8	158.2	174.2	167.7	A
25	148.1	136.3	121.1	118.3	131.0	B
30	140.3	133.9	134.0	108.1	129.1	B
35	122.6	83.0	100.8	76.9	95.8	C
40	89.0	92.7	85.6	67.4	83.7	CD
45	83.5	79.9	73.8	65.1	75.6	D
Ortalama	128.7	A 112.6	B 112.2	B 101.7	B	

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında  $P<0.01$ 'e göre fark yoktur.)

Buna göre, tüm aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarında, bıçak çevre hızının artmasıyla mısırın kıyma uzunluğu azalmıştır. Aynı şekilde, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarının artması tüm bıçak çevre hızlarında kıyma uzunluğunun azalmasına neden olmuştur. Ancak, çizelge 4.1’de görülen Duncan analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızının ortalama kıyma uzunluğu üzerine etkisi, bıçak çevre hızının 20 m/s’den 5 m/s’lik bir artışla 25 m/s’ye artması durumunda, istatistik açıdan çok önemli (ortalama kıyma uzunluğu sırasıyla 167.7 mm ve 131.0 mm) iken 25 m/s’nin üzerindeki bıçak çevre hızlarında 10 m/s’lik bıçak çevre hızı artışlarında istatistik açıdan çok önemli bulunmuştur (ortalama kıyma uzunluğu 35 m/s için 95.8 mm, 45 m/s için 75.6 mm).

Aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının ortalama kıyma uzunluğuna etkisi ise, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının 1'den 2'ye çıkması durumunda istatistik açıdan çok önemli (ortalama kıyma uzunluğu sırasıyla 128.7 mm ve 112.6 mm) iken, bıçak sayısının 2'nin üzerine çıkması durumunda istatistik açıdan önemli bulunmamıştır

Mısırın kıyma uzunluğu için yapılan regresyon analiz sonuçlarından kıyma uzunluğu bıçak çevre hızına bağlı olarak hesaplamalarda yüksek tahmin olanağı sağlayan regresyon eşitlikleri saptanmış ve bu eşitliklerden tahmin edilen değerlerin bıçak çevre hızına bağlı olarak değişimi şekil 4.1'de, regresyon eşitlikleri ise çizelge 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Mısırın kıyılmasında, kıyma uzunluğunun bıçak çevre hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi kıyma uzunluğu bıçak çevre hızı ile doğru orantılı olarak azalmaktadır. Her bir aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısında, bıçak çevre hızına bağlı olarak, kıyma uzunluğundaki azalmanın değişimi 1 ve 4 adet bıçaklar için aynı düzeyde ve daha yüksek bir değişim hızı gösterirken, 2 ve 3 adet bıçak için

değişim hızının bir miktar azaldığı görülmektedir. Ancak bu farklılık istatistik açıdan önemli bir interaktif etki meydana getirmemiştir.

Çizelge 4.2. Mısırın kıyılmasında, kıyım uzunluğunun bıçak çevre hızına bağlı olarak değişiminin regresyon eşitlikleri

Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı	Model		R <sup>2</sup>	standart hata	
	MKU = a * V + b			a	b
1	- 4.111	262.3	0.95	0.04**	1.47**
2	- 3.034	211.1	0.85	0.06**	2.14**
3	- 3.212	216.6	0.90	0.05**	1.75**
4	- 4.169	237.1	0.87	0.07**	2.66**

( V = bıçak çevre hızı (ms<sup>-1</sup>)), (MKU = kıyılma boyu uzunluğu (mm)), (\*\* P<0.01 \* P<0.05)

#### 4.1.2. Sorgumun Kıyılmasında, Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Kıyım Uzunluğuna Etkisi

Sorgum için yapılan denemelerden elde edilen kıyım uzunluğu değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.3'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin mısırın kıyım uzunluğuna istatistik açıdan çok önemli düzeyde (P<0.01) olmak üzere etkilediğini göstermiştir.

Çizelge 4.3. Sorgumun kıyılmasında, kıyım uzunluğunun bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi

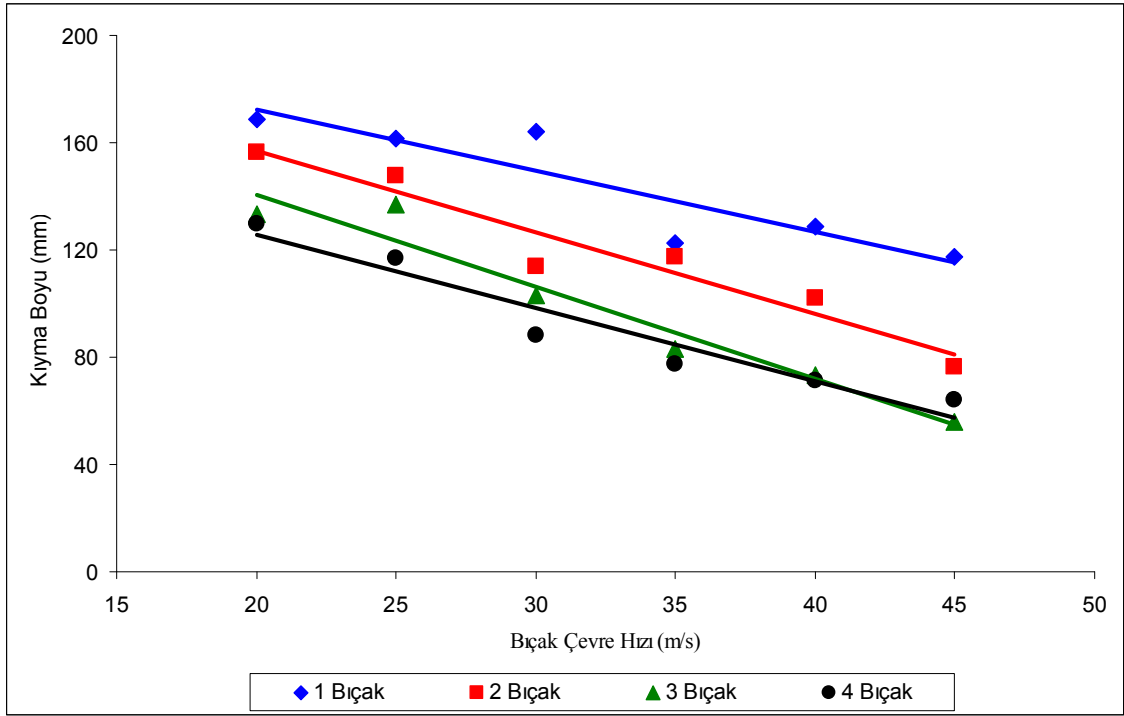
Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı				Ortalama	
	1	2	3	4		
20	168.6	156.3	133.3	130.0	147.1	A
25	161.8	147.6	137.1	117.0	140.9	A
30	164.1	113.6	103.0	88.0	117.2	B
35	122.7	117.5	83.2	77.5	100.2	BC
40	128.7	101.8	73.2	71.3	93.8	BC
45	117.4	76.3	56.1	64.1	78.5	C
Ortalama	143.9	118.9	97.7	91.3		

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında P<0.01'e göre fark yoktur.)

Buna göre, tüm aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarında, bıçak çevre hızının artmasıyla mısırın kıyım uzunluğu azalmıştır. Aynı şekilde, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarının artması tüm bıçak çevre hızlarında kıyım uzunluğunun azalmasına

neden olmuştur. Ancak, çizelge 4.3'de görülen Duncan analizi sonuçlarına göre bıçak çevre hızının ortalama kıyma uzunluğu üzerine etkisi, bıçak çevre hızının 20 m/s'den 10 m/s'lik bir artışla 30 m/s'ye artması durumunda istatistik açıdan çok önemli (ortalama kıyma uzunluğu sırasıyla 147.1 mm ve 117.2 mm) iken 30 m/s'nin üzerinde ise bıçak çevre hızındaki 15 m/s'lik bir artışla 45 m/s'ye artması durumunda istatistik açıdan çok önemli olduğu bulunmuştur (ortalama kıyma uzunluğu 30 m/s için 117.2 mm, 45 m/s için 78.5 mm). Aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının ortalama kıyma uzunluğuna etkisi ise, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının 1'den 2'ye ve 2'de 3'e çıkması durumunda istatistik açıdan çok önemli (ortalama kıyma uzunlukları 1 bıçak için 143.9 mm, 2 bıçak için 118.9 mm ve 3 bıçak için 97.7 mm) iken, bıçak sayısının 3'ün üzerine çıkması durumunda istatistik açıdan önemli bulunmamıştır.

Sorgumun kıyma uzunluğu için yapılan regresyon analiz sonuçlarından kıyma uzunluğu, bıçak çevre hızına bağlı olarak hesaplamalarda yüksek tahmin olanağı sağlayan regresyon eşitlikleri saptanmış ve bu eşitliklerden tahmin edilen değerlerin bıçak çevre hızına bağlı olarak değişimi şekil 4.2'de, regresyon eşitlikleri ise çizelge 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Sorgumun kıyılmasında kıyma uzunluğunun bıçak çevre hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 4.2'den görüldüğü gibi kıyma uzunluğu bıçak çevre hızı ile doğru orantılı olarak azalmaktadır. Her bir aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısında, bıçak çevre hızına bağlı olarak, 3 adet bıçakta kıyma uzunluğundaki azalmanın değişimi, diğer bıçak sayılarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 3 adet ve 4 adet bıçak kıyılma boyuna etkileri 35 m/s bıçak çevre hızından sonra aynı olmaktadır. Kıyma boyutları her bir bıçak çevre hızında, tüm bıçak sayılarında önemli farklılık göstermektedir. Ancak bu farklılık istatistik açıdan önemli bir interaktif etki meydana getirmemiştir.

Çizelge 4.4. Sorgumun kıyılmasında, kıyma uzunluğunun bıçak çevre hızına bağlı olarak değişiminin regresyon eşitlikleri

Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı	Model		R <sup>2</sup>	Standart Hata	
	SKU = a * V + b			a	b
1	- 2.27	217.5	0.82	0.05*	1.75**
2	- 3.05	217.9	0.93	0.04**	1.37**
3	- 3.52	208.6	0.94	0.04**	1.36**
4	- 2.73	179.9	0.92	0.03**	1.26**

( V = bıçak çevre hızı (ms<sup>-1</sup>)), (SKU = kıyılma boyu uzunluğu (mm)), (\*\* P<0.01 \* P<0.05)

## 4.2. Özgül Enerji Tüketimlerine İlişkin Bulgular

### 4.2.1. Mısırın Kıyılmasında, Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Özgül Kesme Enerji Tüketimine Etkisi

Mısır için yapılan denemelerden elde edilen özgül kesme enerjisi tüketimi değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.5'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin mısırın özgül kesme enerjisi tüketimi istatistik açıdan çok önemli düzeyde (P<0.01) olmak üzere etkilediğini göstermiştir. Ancak, bıçak çevre hızının özgül kesme enerjisi tüketimine etkisi, aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak farklı düzeyde olmuştur.

Çizelge 4.5. Mısırın kıyılmasında özgül kesme enerjisi tüketiminin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak değişimi

Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı								Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	
20	0.84	J	1.04	IJ	1.10	IJ	1.23	IJ	1.05
25	0.96	IJ	1.12	IJ	1.54	HI	2.12	G	1.44
30	1.19	IJ	1.50	HI	2.02	GH	2.38	FG	1.77
35	1.51	HI	2.30	G	2.88	EF	4.41	C	2.78
40	2.35	FG	3.79	D	4.75	C	5.70	B	4.15
45	3.31	DE	4.55	C	5.78	B	6.66	A	5.08
Ortalama	1.69		2.38		3.01		3.75		

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında P<0.01'e göre fark yoktur.)

Buna göre, 30 m/s bıçak çevre hızına kadar, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış özgül kesme enerji tüketiminde istatistik açıdan önemli bir değişim meydana getirmezken, 35, 40 ve 45 m/s'lik bıçak çevre hızlarında, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış istatistik açıdan çok önemli düzeyde olmak üzere özgül kesme enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur (35 m/s için sırasıyla; 1.19, 1.50, 2.02, 2.38 kWh/t k.m., 40 m/s için sırasıyla; 2.35, 3.79, 4.75, 5.70 kWh/t k.m. ve 45 m/s için sırasıyla; 3.31, 4.55, 5.78, 6.66 kWh/t k.m.).

Yapılan regresyon analiz sonuçları mısırın kıyılmasında, özgül kesme enerji tüketiminin, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak hesaplanmasında, aşağıda verilen çoklu regresyon eşitliğine uyan bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir.

$$\text{möke} = 0.062 (V) (bs) - 1.368 (bs) + 1.009$$

$$\text{standart hata} \quad (0.004)^{**} \quad (0.15)^{**} \quad (0.22)^{**} \quad (R^2 = 0.93)$$

(\*\* P<0.01 \* P<0.05)

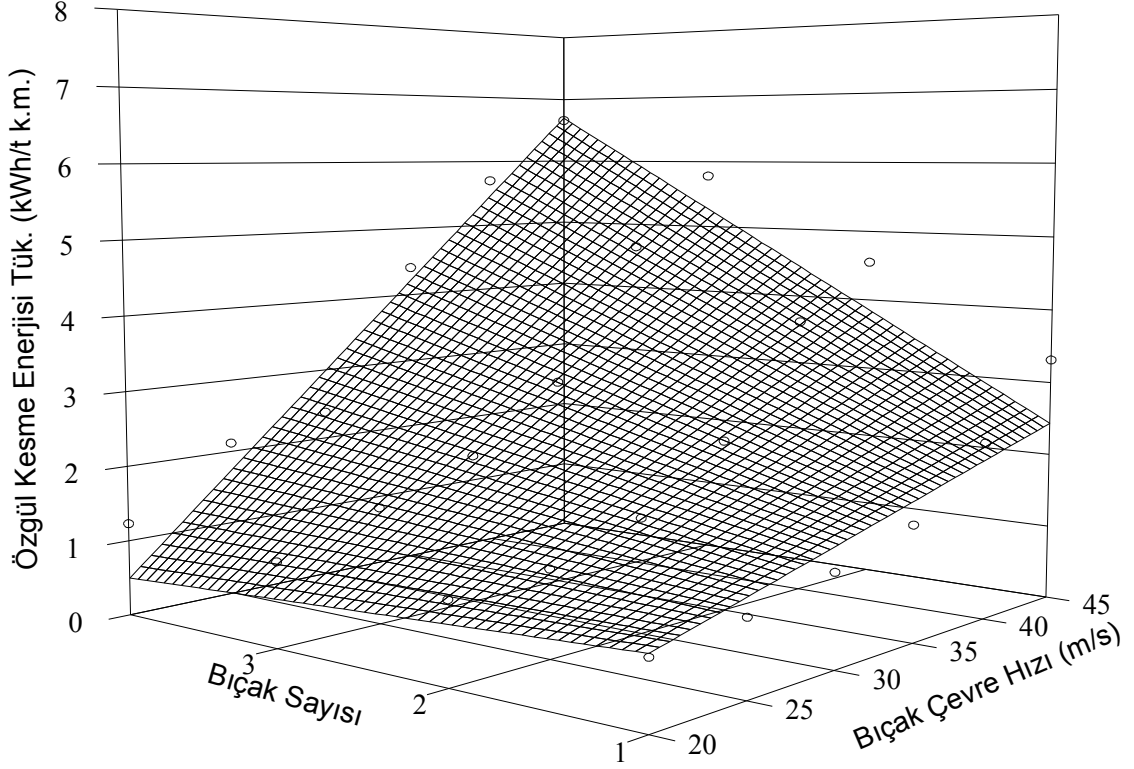
Eşitlikte;

möke : Mısır özgül kesme enerji tüketimi (kWh/t k.m.),

V : Bıçak çevre hızı (m/s),

bs : Aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı (adet).

Deneysel olarak elde edilen değerler ile regresyon eşitliğinden tahmin edilen özgül kesme enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Mısırın kıyılmasında özgül kesme enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri

Şekil 4.3’den görüldüğü gibi, düşük bıçak çevre hızında ve tüm aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarında özgül kesme enerjisi tüketimi değerleri daha düşük ve aynı düzlemde iken, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla hızlı bir şekilde yükselmektedir.

#### 4.2.2. Sorgumun Kıyılmasında, Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Özgül Kesme Enerji Tüketimine Etkisi

Sorgum için yapılan denemelerden elde edilen özgül kesme enerjisi tüketimi değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.6’da verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin sorgumun özgül kesme enerjisi tüketimi istatistik açıdan çok önemli düzeyde

( $P < 0.05$ ) olmak üzere etkilediğini göstermiştir. Ancak, bıçak çevre hızının özgül kesme enerjisi tüketimine etkisi, aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak farklı düzeyde olmuştur.

Çizelge 4.6. Sorgumun kıyılmasında özgül kesme enerjisi tüketiminin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak değişimi

Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı								Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	
20	1.74	j	1.77	j	1.82	j	2.04	ij	1.84
25	2.08	ij	1.85	j	1.99	ij	2.53	hij	2.11
30	2.29	ij	2.66	hij	2.85	ghij	3.57	fgh	2.84
35	2.56	hij	2.94	ghij	3.26	fghi	3.90	fg	3.16
40	4.30	ef	5.36	cde	5.93	bcd	6.75	b	5.58
45	5.05	de	6.48	bc	7.99	a	8.76	a	7.07
Ortalama	3.00		3.51		3.98		4.59		

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında  $P < 0.01$ , aynı küçük harfle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$ 'e göre fark yoktur.)

Buna göre, 35 m/s bıçak çevre hızına kadar, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış özgül kesme enerji tüketiminde istatistik açıdan önemli bir değişim meydana getirmezken, 40 ve 45 m/s'lik bıçak çevre hızlarında, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış istatistik açıdan çok önemli düzeyde olmak üzere özgül kesme enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur (40 m/s için sırasıyla; 4.30, 5.36, 5.93, 6.75 kWh/t k.m., 45 m/s için sırasıyla; 5.05, 6.48, 7.99, 8.76 kWh/t k.m.).

Yapılan regresyon analiz sonuçları sorgumun kıyılmasında, özgül kesme enerji tüketiminin, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak hesaplanmasında, aşağıda verilen çoklu regresyon eşitliğine uyan bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir.

$$\text{söke} = 0.002 (V^2)(\text{bs}) - 0.059 (V)(\text{bs}) + 2.458$$

$$\text{standart hata} \quad (0.0001)^{**} \quad (0.008)^{**} \quad (0.286)^{**} \quad (R^2 = 0.94)$$

(\*\*  $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$  istatistik açıdan fark yoktur)

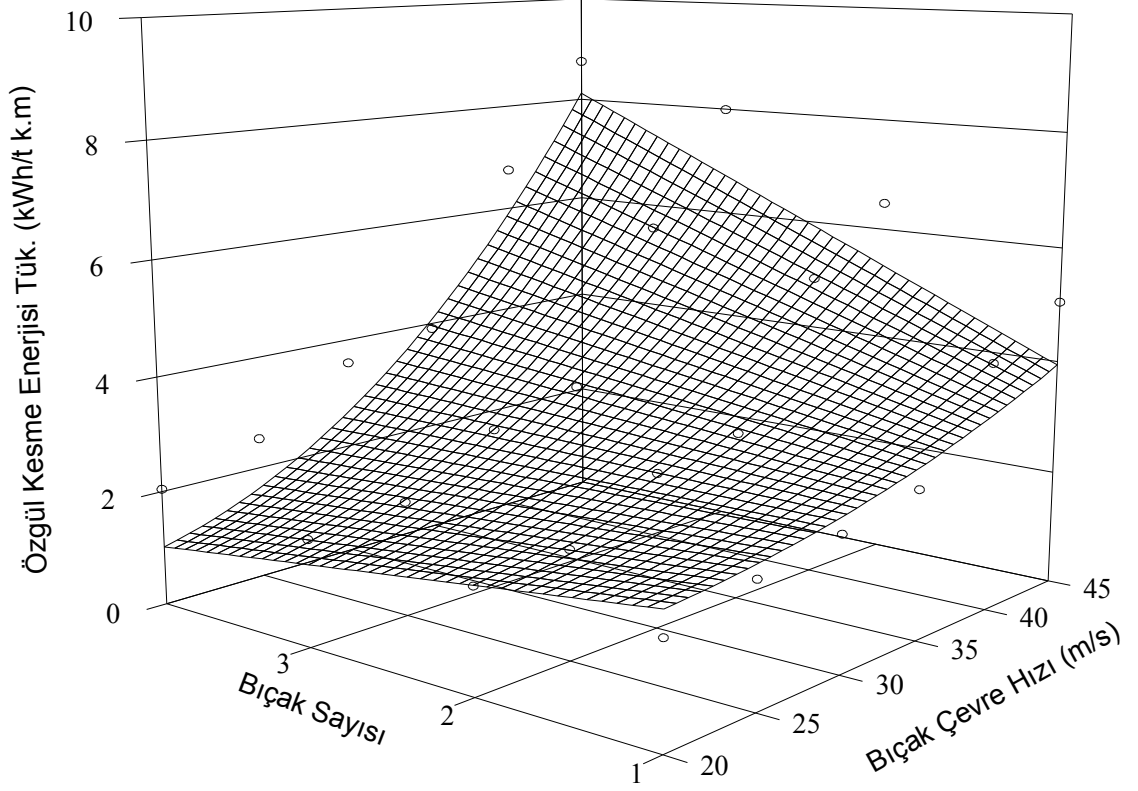
Eşitlikte;

söke : Sorgum özgül kesme enerji tüketimi (kWh/t k.m.),

V : Bıçak çevre hızı (m/s),

bs : Aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı (adet).

Deneysel olarak elde edilen değerler ile regresyon eşitliğinden tahmin edilen özgül kesme enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri şekil 4.4’de verilmiştir



Şekil 4.4. Sorgumun kıyılmasında özgül kesme enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri.

Şekil 4.4’den görüldüğü gibi, düşük bıçak çevre hızında ve tüm aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarında özgül kesme enerjisi tüketimi değerleri daha düşük ve aynı düzlemde iken, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla hızlı bir şekilde yükselmektedir.

#### 4.2.3. Mısırın Kıyılmasında, Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Özgül Toplam Enerji Tüketimine Etkisi

Mısır için yapılan denemelerden elde edilen özgül toplam enerjisi tüketimi değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.7’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin mısırın özgül toplam enerji tüketimine istatistik açıdan çok önemli düzeyde

( $P < 0.01$ ) olmak üzere etkilediğini göstermiştir. Ancak, bıçak çevre hızının özgül toplam enerjisi tüketimine etkisi, aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak farklı düzeyde olmuştur.

Çizelge 4.7. Mısırın kıyılmasında özgül toplam enerjisi tüketiminin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağlı olarak değişimi

Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı								Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	
20	1.65	I	1.99	I	2.47	HI	2.98	GHI	2.27
25	2.37	HI	2.94	GHI	3.70	GHI	4.54	GHI	3.39
30	3.43	GHI	3.98	GHI	5.20	FGHI	5.58	FGHI	4.55
35	5.29	FGHI	5.61	FGHI	6.75	EFGH	9.35	EF	6.75
40	6.08	EFGHI	7.57	EFG	17.24	C	22.32	B	13.30
45	10.19	DE	13.60	CD	24.46	B	29.27	A	19.38
Ortalama	4.84		5.95		9.97		12.34		

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında  $P < 0.01$ 'e göre fark yoktur.)

Buna göre, 35 m/s bıçak çevre hızına kadar, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış özgül toplam enerji tüketiminde istatistik açıdan önemli bir değişim meydana getirmezken, 40 ve 45 m/s'lik bıçak çevre hızlarında, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış istatistik açıdan çok önemli düzeyde olmak üzere özgül toplam enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur (40 m/s için sırasıyla; 6.08, 7.57, 17.24, 22.32 kWh/t k.m. ve 45 m/s için sırasıyla; 10.19, 13.60, 24.46, 29.27 kWh/t k.m.).

Yapılan regresyon analiz sonuçları sorgunun kıyılmasında, özgül toplam enerji tüketiminin, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak hesaplanmasında, aşağıda verilen çoklu regresyon eşitliğine uyan bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir.

$$\text{möte} = 0.013 (V^2)(\text{bs}) - 0.613 (V)(\text{bs}) + 7.25 (\text{bs}) + 1.63$$

$$\text{standart hata} \quad (0.006)^{**} \quad (0.43)^{**} \quad (6.78)^{**} \quad (2.77)^{*} \quad (R^2 = 0.96)$$

(\*\*  $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$  istatistik açıdan fark yoktur)

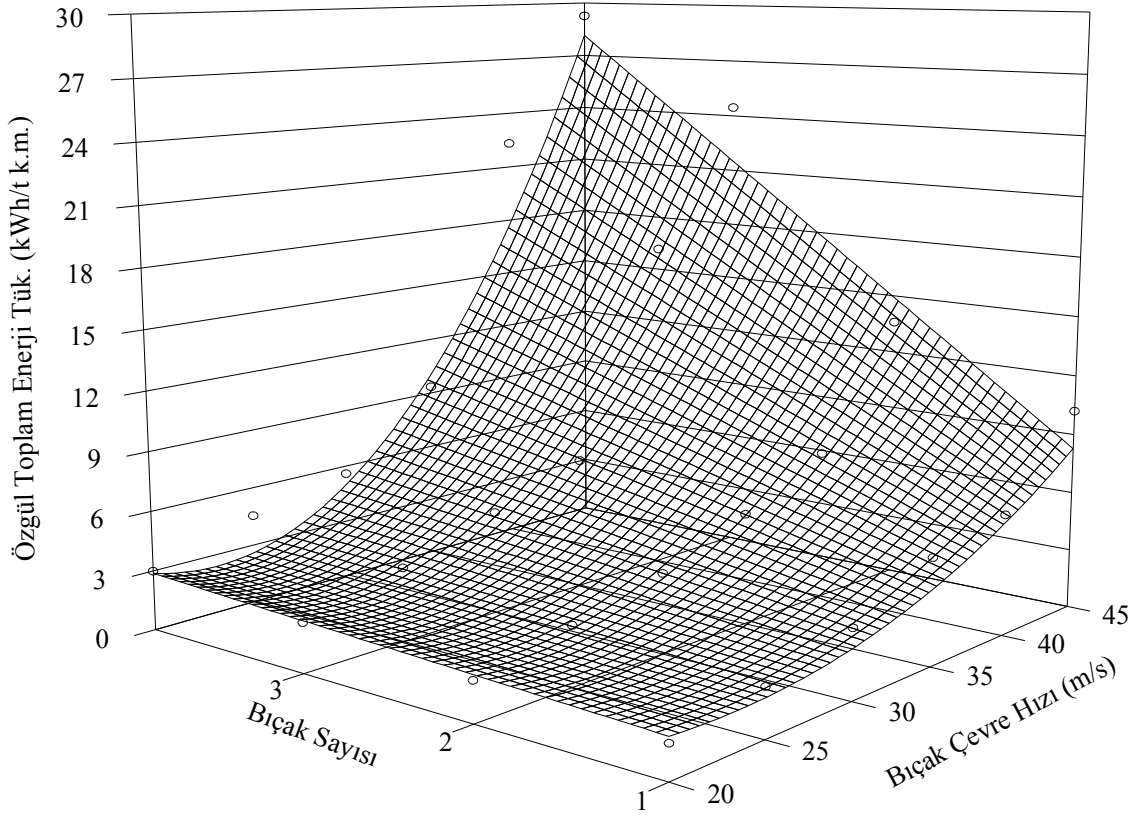
Eşitlikte;

möte : Mısır özgül toplam enerji tüketimi (kWh/t k.m.),

V : Bıçak çevre hızı (m/s),

bs : Aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı (adet).

Deneysel olarak elde edilen değerler ile regresyon eşitliğinden tahmin edilen özgül toplam enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Mısırın kıyılmasında özgül toplam enerji tüketimi değerlerinin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri

Şekil 4.5’den görüldüğü gibi, düşük bıçak çevre hızında ve tüm aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayılarında özgül toplam enerji tüketimi değerleri daha düşük ve aynı düzlemde iken, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla hızlı bir şekilde yükselmektedir.

#### 4.2.4. Sorgumun Kıyılmasında, Bıçak Çevre Hızı ve Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısının Özgül Toplam Enerji Tüketimine Etkisi

Sorgum için yapılan denemelerden elde edilen özgül toplam enerjisi tüketimi değerlerini bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimi çizelge 4.8’de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, söz konusu faktörlerin mısırın özgül toplam kesme enerji tüketimi istatistik açıdan çok önemli

düzye (P<0.01) olmak üzere etkilediğini göstermiştir. Ancak, bıçak çevre hızının özgül toplam enerjisi tüketimine etkisi, aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağı olarak farklı düzeyde olmuştur.

Çizelge 4.8. Sorgumun kıyılmasında özgül toplam enerjisi tüketiminin bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki bıçak sayısına bağı olarak değişimi

<Bıçak Çevre Hızı (m/s)	Aynı Düzlemdeki Çevresel Bıçak Sayısı								Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	
20	4.02	I	4.02	I	4.98	HI	5.00	HI	4.51
25	4.99	HI	4.48	HI	5.66	HI	7.65	GH	5.69
30	5.75	HI	5.91	HI	7.59	GH	11.03	EF	7.57
35	6.60	HI	7.21	HI	13.31	DEF	13.80	DE	10.23
40	10.32	FG	14.82	D	22.15	C	26.18	B	18.37
45	12.06	DEF	19.56	C	35.20	A	36.90	A	25.93
Ortalama	7.29		9.33		14.82		16.76		

(Aynı büyük harfle gösterilen veriler arasında P<0.01'e göre fark yoktur.)

Buna göre, 35 m/s bıçak çevre hızına kadar, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış özgül toplam enerji tüketiminde istatistik açıdan önemli bir değişim meydana getirmezken, 40 m/s ve 45 m/s'lik bıçak çevre hızlarında, aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısındaki artış istatistik açıdan çok önemli düzeyde olmak üzere özgül toplam enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur (40 m/s için sırasıyla; 10.32, 14.82, 22.15, 26.18 kWh/t k.m. ve 45 m/s için sırasıyla; 12.06, 19.56, 35.20, 36.90 kWh/t k.m).

Yapılan regresyon analiz sonuçları sorgumun kıyılmasında, özgül toplam enerji tüketiminin, bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısına bağı olarak hesaplanmasında, aşağıda verilen çoklu regresyon eşitliğine uyan bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir.

$$söte = 0.016 (V^2)(bs) - 0.716 (V)(bs) + 8.412 (bs) + 3.575$$

$$\text{standart hata} \quad (0.007)^{**} \quad (0.47)^{**} \quad (7.48)^{**} \quad (3.05)^{**} \quad (R^2 = 0.97)$$

(\*\* P<0.01 \* P<0.05 istatistik açıdan fark yoktur)

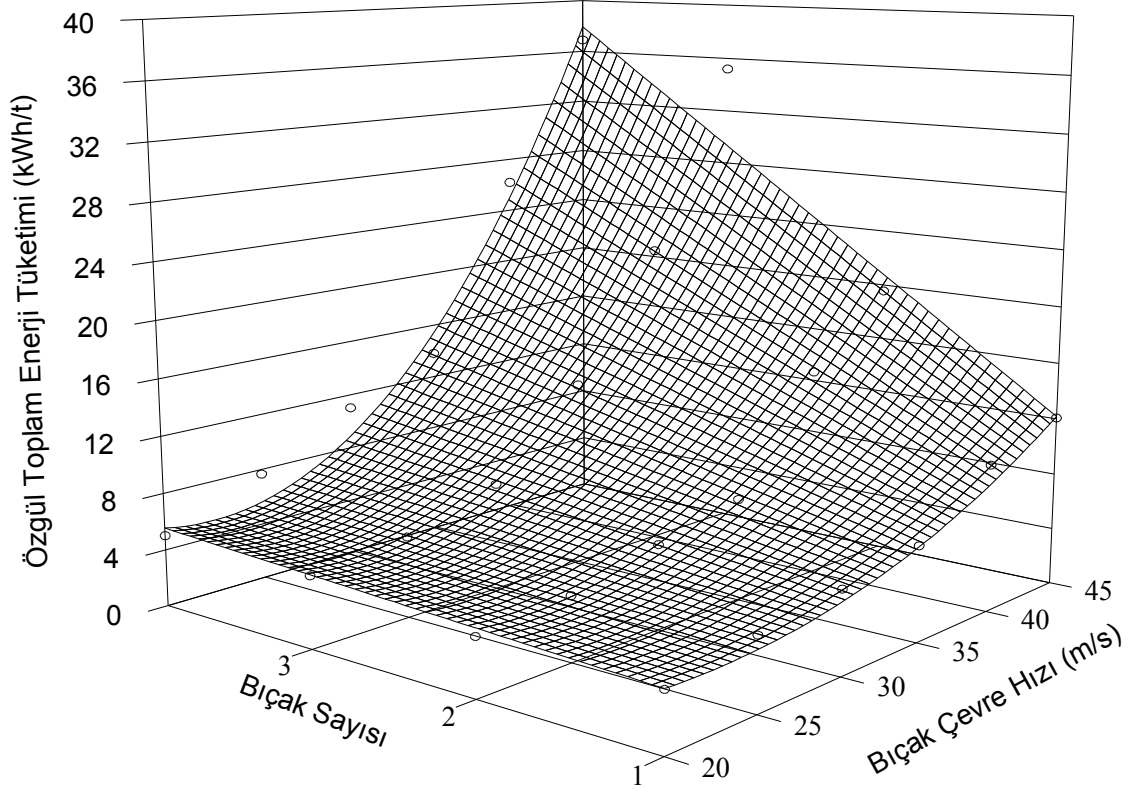
Eşitlikte,

söte : Sorgum özgül toplam enerji tüketimi (kWh/t k.m.),

V : Bıçak çevre hızı (m/s),

b : Aynı eksenindeki çevresel bıçak sayısı (adet).

Deneysel olarak elde edilen değerler ile regresyon eşitliğinden tahmin edilen 6zg6l toplam enerji t6knetimi değerlerinin bıçak 7evre hızı ve aynı d6zlemdeki 7evresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Sorgumun kıyılmasında 6zg6l toplam enerji t6knetimi değerlerinin bıçak 7evre hızı ve aynı d6zlemdeki 7evresel bıçak sayısına bağlı olarak değişimleri

Şekil 4.6'dan g6r6ld6ęu gibi, d6ř6k bıçak 7evre hızında ve t6m aynı d6zlemdeki 7evresel bıçak sayılarında 6zg6l toplam enerji t6knetimi değerleri daha d6ř6k ve aynı d6zlemde iken, bıçak 7evre hızı ve aynı d6zlemdeki 7evresel bıçak sayısının artmasıyla hızlı bir Şekilde y6kselmektedir.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Silajlık mısır ve sorgumun çarpmalı tip silaj makinası ile hasadında, ortalama kıyma uzunluğu ve enerji tüketimlerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde, ortalama kıyma uzunluğu ve enerji tüketimlerinin; bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla önemli düzeyde değiştiği belirlenmiştir.

Buna göre ortalama kıyma uzunluğu mısırdaki en uzun 188.4 mm, en kısa 65.1 mm, sorgumda ise en uzun 168.6 mm, en kısa 64.1 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla ortalama kıyma uzunluğu doğrusal olarak azalmaktadır. Elde edilen değerler, Kepner ve ark.'nın (1987) çarpmalı tip makinalarda yaptıkları çalışmada, ortalama kıyma uzunluğunun 65–90 mm aralığında olabildiğini ve bazen de 150 mm'nin üzerine çıkabildiğini, Kanafojski ve Karwowsski'nin (1976) çarpmalı tip makinalarda yaptıkları çalışmada, kıyma boyu uzunluğu 60-160 mm arasında olduğunu, Persson (1987) bitki olgunluğu ve fiziksel özelliklerinin kıyma uzunluğu üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen kıyma uzunlukları bu değerler arasındadır. Yapılan istatistik analiz sonuçlarında, bu faktörlere bağlı olarak ortalama kıyma uzunluklarının hesaplanmasında, yüksek tahmin olanağı sağlayan regresyon eşitlikleri saptanmıştır.

Yüksek bıçak çevre hızlarında, bıçak sayısının artmasıyla birlikte bitki saplarının kıyma ünitesinin içerisine girmesi besleme hızından bağımsız olarak hızlanmaktadır. Bu durum, ortalama kıyma uzunluğunun yüksek hızlarda istatistik açıdan fark olmamasının nedeni olabilir. Fakat bıçak çevre hızının 35 m/s ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı 2'den fazla olduğu durumlarda bitki sapları liflenerek parçalanmaktadır. Bu durum silaj için uygun bir parçalanma olacağı söylenebilir.

Özgül kesme enerjisi tüketimleri ve özgül toplam enerji tüketimleri göz önüne alındığında mısır için, özgül kesme enerjisi tüketimi en düşük 0.84 kWh/t k.m., en yüksek 6.66 kWh/t k.m., özgül toplam enerji tüketimi ise en düşük 1.65 kWh/t k.m., en yüksek 29.27 kWh/t k.m. arasında değiştiği belirlenmiştir. Sorgum için ise, özgül kesme enerjisi tüketimi en düşük 1.74 kWh/t k.m., en yüksek 8.76 kWh/t k.m., özgül toplam

enerji tüketimi ise en düşük 4.02 kWh/t k.m., en yüksek 36.90 kWh/t k.m. arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının artmasıyla enerji tüketimleri doğrusal olmayan bir artış meydana getirmektedirler. Elde edilen değerler, Chatopadhyay ve Pandey (1999), yaptıkları çalışmada bıçak çevre hızının 20 m/s'den 60 m/s'ye kadar artmasıyla toplam enerji tüketimlerinin 2-3 kat arttığını belirtmişlerdir. Chatopadhyay ve Pandey'in (1999) çarpmalı tip silaj makinasında özgül enerji tüketimini en aza indirmek için kesme hızını ve bıçak büküm açısını uygun duruma getirilmesi gerektiğini, Yore ve ark.'nın (2002) bitkinin kesilme yeri ve gövde sayısının (ürün yoğunluğunun) kesme kuvveti ve kesme enerjisi üzerinde önemli faktörler olduğunu, Tribelhorn ve ark.'nın (1975) 825 1/min devir sayısında bıçak başına düşen toplam enerji tüketimi düz bıçak için 3.75 MJ/t k.m., helezonik bir bıçak için 3.38 MJ/t k.m. olduğunu, Akıncı ve Çanakçı'nın (2000) tek sıralı mısır silaj makinasının toplam güç değeri 19.1 kW, enerji tüketiminin 12.43 kWh/da ve 2.93 kWh/t olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen özgül enerjisi tüketimleri bu değerler arasındadır. Yapılan istatistik analizler sonucunda, bu faktörlere bağlı olarak özgül kesme enerji tüketimi ve özgül toplam enerji tüketimlerinin hesaplanmasında, yüksek tahmin olanağı sağlayan regresyon eşitlikleri saptanmıştır. Bıçak çevre hızı ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısı arttıkça enerji tüketimleri 3-4 kat artmıştır. Bunun nedeni vantilasyondan kaynaklı olabilir. Kanafojski ve Karwowsski (1976) hava debisinin devir sayılarının oranının küpü şeklinde artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak; yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, en uygun ortalama kıyma uzunluğu, özgül kesme enerji tüketimi ve özgül toplam enerji tüketimleri 35 m/s bıçak çevre hızında ve aynı düzlemdeki çevresel bıçak sayısının 2 veya 3 adet olması durumunda elde edilmiştir. Buna göre mısır için, ortalama kıyma uzunluğu 83.0 mm, özgül kesme enerji tüketimi 2.30 kWh/t k.m., özgül toplam enerji tüketimi 5.61 kWh/t k.m. olarak saptanmıştır. Sorgum için ise, ortalama kıyma uzunluğu 83.2 mm, özgül kesme enerji tüketimi 2.94 kWh/t k.m., özgül toplam enerji tüketimi 7.21 kWh/t k.m. olarak saptanmıştır.

## 7. KAYNAKLAR

- Akıncı, İ., Çanakçı, M., 2000. Tek sıralı Mısır Silaj Makinasının Güç Gereksinimi ve Uygun Çalışma Koşullarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, S. 276-282, Erzurum.
- Anonim, (2004). Türkiye İstatistik Kurumu.
- Ayık, M., 1993. Hayvancılıkta Mekanizasyon. (II.Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1300. Ders Kitabı 375, Ankara.
- Ayık, M., 1995. Ürün İşleme Tekniği. (II.Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1409, Ders Kitabı 407, Ankara.
- Baker, S., Hermann, T., 1995. Evaluating Particle Size. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan.
- Bilgen, H., Sungur, N., 1992. Ege Bölgesi Koşullarında Yerli Yapım Silajlık Mısır Hasat Makinası Üzerine Bir Araştırma. 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Ondokuz Mayıs Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, S. 317-326, 14-16 Eylül 1998, Konya.
- Chattopadhyay, P. S., Pandey, K. P., 1999. Effect of Knife and Operational Parameters on Energy Requirement in Flail Forage Harvesting. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 73, 3-12.
- Chattopadhyay, P. S., Pandey, K. P., 2001. Influence of Knife Configuration and Tip Speed on Conveyance in Flail Forage Harvesting. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 78(3), 245-252.
- Chattopadhyay, P. S., Pandey, K. P., 2001. Impact Cutting Behaviour of Sorghum Stalk using a Flail-Cutter – a Mathematical Model and its Experimental Verification. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 78(4), 369-376.
- Godesa, T., 2004. Determination of Minimal Cutting Speed by Flailing Potato Vines. Acta Agriculturae slovenica, 83-1.
- Güner, M., 1998. Silaj Makinaları ve Yapısal Özellikleri, Tarımsal Mekanizasyon 18. Kongresi, Tekirdağ.
- Kanafojski, Cz ve Karwowsski, T., 1976. Agricultural Machines, Theory and Construction, Vol. 2, Crop-Harvesting Machines, Warsaw, Poland.

- Karayigit, İ., 2005. Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Bazı Melez Mısır Çeşitlerinin Silaj Kaliteleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Kepner, R. A., Bainer, R., and Badger, E. L., 1987. Principles of Farm Machinery. (3 End.). AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Kraus, T. J., 1989. Combing Mechanism for Orienting Forage Before Entering the Cutterhead of a Forage Harvester. Deutz-Allis Student Desing Paper 1989, Agricultural Engineering Department, University of Wisconsin, Madison.
- Kün, E., ve ark., 2000. Tahıl ve Yemeklik Dane Baklagiller Üretimi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara.
- Persson, S., 1987. Mechanics of Cutting Plant Material. ASAE Monograph No. 7, St Joseph, MI.
- Saral, A., Avcıoğlu, A. O., 2002. Motorlar ve Traktörler. Ankara Üniversite Tarım Makinaları Bölümü Ders Kitabı No: 1529, Ankara.
- Segler, G., 1955. Funktionsgerechtes Konstruieren im Landmaschinenbau. Grundlaged Landtechnik Heft 6, In German.
- Shinners, K. J., Koegel, R. G., and Pritzl, P. J., 1991. An Upward Cutting Cut-and-Throw Forage Harvester to Reduce Machine Energy Requirements. Transactions of ASAE, Vol. 34(6), 2287-2290.
- Shinners, K. J., Koegel, R. G., and Pritzl, P. J., 1994. Improving the Trowing Effectiveness of an Upward-Cutting Forage Harvester. Transactions of ASAE, Vol. 37(4), 1059-1067.
- Tribelhorn, R. E., and Smith, J. L., 1975. Chopping Energy of a Forage Harvester. Transactions of ASAE, Vol. 18(3): 423 – 426, 430.
- Visvanathan, R., Sreenarayanan, V. V., and Swaminathan, K. R., 1996. Effect of Knife Angle and Velocity on the Energy Required to Cut Cassava Tubers. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol 64, 99-102.
- Zhang, M., Sword, M. L., Buckmaster, D. R., and Cauffman, G. R., 2003. Desing and Evaluation of a Corn Silage Harvester Using Shredding and Flail Cutting. Transactions of the ASAE. Vol. 46(6), 1503-1511.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin Sauk, 01.01.1976 tarihinde Samsun'un Çarşamba ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini aynı ilçede tamamladı. 1994 yılında kayıt yaptırdığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi SMYO Bilgisayar Programcılığı Bölümünden 1997 yılında mezun oldu. 1999 yılında ise Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesine Tarım Teknolojisi Programına kayıt yaptırdı ve 2003 yılında Tarım Makinaları Alt Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 05.10.2005 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen görevine devam etmektedir.