



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SUSAM (*Sesamum indicum* L.) BİTKİSİ ÖRNEĞİNDE BANTLI SÖKÜCÜ-
YOLUCU DÜZENİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÇALIŞMA KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ**

GİZEM ÇARDAK

**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
KASIM-2017**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

[SUSAM (*Sesamum indicum* L.) BİTKİSİ ÖRNEĞİNDE BANTLI SÖKÜCÜ-
YOLUCU DÜZENİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÇALIŞMA KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ]

GİZEM ÇARDAK

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
KASIM-2017

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SUSAM (*Sesamum indicum* L.) BİTKİSİ ÖRNEĞİNDE BANTLI SÖKÜCÜ-
YOLUCU DÜZENİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÇALIŞMA KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Gizem ÇARDAK

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yrd. Doç. Dr. Selçuk UĞURLUAY danışmanlığında hazırlanan bu tez **24/11/2017** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Selçuk UĞURLUAY
Başkan

Doç. Dr. Muharrem KESKİN
Üye

Doç. Dr. Ahmet İNCE
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 15520

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

24.11.2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Gizem ÇARDAK

ÖZET

SUSAM (*Sesamum indicum* L.) BİTKİSİ ÖRNEĞİNDE BANTLI SÖKÜCÜ-YOLUCU DÜZENİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÇALIŞMA KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Günümüzde susam yetiştiriciliği bakımından en önemli sorun bitkilerin hasat aşamasında yaşanmaktadır. Susam hasadı hâlâ yoğun bir şekilde el emeğine dayalı olarak yapılmaktadır. Susam hasadının kısmen de olsa mekanize olması gereklidir. Bu çalışmada, yolma-sökme esaslı çalışan kayış-kasnak mekanizmalı bir hasat düzeneğinin en uygun çalışma koşulları (farklı kasnak çapları, bant hızları, bant aralıkları) laboratuvar ortamında belirlenmeye çalışılmıştır. Susam bitkilerinin hasadında kullanılması muhtemel bir hasat düzeni üzerinde çalışılmış ve kayış-kasnak mekanizmalı Yolucu-Sökücü deney düzeni tasarlanmıştır. En uygun bitki yakalama koşullarının belirlenebilmesi için de Yolucu-Sökücü düzen üzerinde var olan kasnak çapları (155 mm, 185 mm, 210 mm), kasnak bant hızları (0.55 m/s, 0.66 m/s, 0.77 m/s) ve kasnaklar arası mesafe değerleri (0 mm, 5 mm) ayarlanabilecek biçimde düzenlenmiştir. Yolucu-Sökücü düzenin bitkileri yakalama etkinliği incelenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, bitkinin topraktan sökölme direnci belirlenmiştir. Bitki gövdesi ve yakalama bandı arasında oluşan sürtünme katsayısı ile bitki nem değişimleri de incelenmiştir. Araştırma sonucunda; deney düzeneğinde kullanılan kasnaklar, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde, 3. Kasnak çapı (210 mm) en başarılı bulunmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan bant hızları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 3. Bant hızı (0.77 m/s) en başarılı olanıdır. Deney düzeneğinde kullanılan bant aralıkları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 2. Aralık (5 mm) daha başarılı bulunmuştur. Bitkinin sökölme direnci ortalama 309.1 N olarak bulunmuştur. Bitkide nem oranı azaldıkça, bant malzeme ile bitki gövdesi arasındaki sürtünme katsayısı değerlerinde küçük bir miktar düşüş gözlenmiştir.

2017, 55 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Susam, hasat teknikleri, yolucu-sökücü düzen, söküm direnci

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF BAND UPROOTING SYSTEM FOR SESAME (*Sesamum indicum* L.) PLANT AND DETERMINATION OF WORKING CRITERIA

Today, the most important problem in terms of sesame growing is still being in harvest of plants. Sesame harvest is still heavily based on hand labor. It is necessary that the sesame harvest is partially mechanized. In this study, it was aimed to determine the optimum working conditions (different pulley diameters, belt speeds, belt spacing) of a harvester with a driven belt-pulley mechanism in the laboratory conditions. A harvest apparatus, which can be used in the harvest of sesame plants, has been devised and the belt-pulley mechanism uproot experiment combination has been designed. The pulley diameters (155 mm, 185 mm, 210 mm), the band speeds (0.55 m/s, 0.66 m/s, 0.77 m/s) and the distance (0 mm, 5 mm) between the pulleys that are present on the uprooter can be adjusted so that the most suitable plant capture conditions can be determined. The catching activity of the plants in the uprooting combination was examined and evaluated statistically. Furthermore, the removal of the plant from the soil was determined by measuring removal resistance. The coefficient of friction between the plant and the catch band and the plant moisture changes were also examined. As a result of the research, when the pulleys used in the experimental system were evaluated in terms of the success of capturing sesame plants, the third pulley diameter (210 mm) was found to be the most appropriate. The third band speed (0.77 m/s) was the most successful when the belt speeds were evaluated for the success of capturing sesame plants. The second band space (5 mm) was found to be much more successful when the band spacing used in the experiment were evaluated in terms of the success of catching sesame plants. The uprooting resistance of the plant was found to be 309.1 N on average. As the plant moisture content decreased, there was a slight decrease in the coefficient of friction between the band material and the plant body.

2017, 55 pages

Key words: Sesame, harvesting techniques, uprooting combination, uprooting resistance

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın seçiminden, araştırmanın yürütülmesi ve tamamlanmasına kadar her türlü desteğini gördüğüm ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk UĞURLUAY'a ve Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, deneme aşamasında deney düzeneği konusunda destekleyen ve imalatına yardımcı olan Kavak Uluslararası Taşımacılık Makine San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne, çalışmada yer alan istatistiksel verilerin değerlendirilmesinde katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mahmut KESKİN'e, maddi destek veren Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (Proje No: 15520) teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında desteğini gördüğüm sevgili aileme ve arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Susamın Dünya’da ve Türkiye’deki Yeri ve Önemi	4
1.2. Bitkisel Özellikleri.....	5
1.2.1. Bitki Kökü	5
1.2.2. Bitki Gövdesi	5
1.2.3. Bitki Yaprığı.....	6
1.2.4. Çiçekler	6
1.2.5. Tohum	7
1.3. Ekim ve Hasat Yöntemleri ve Kayıplar.....	7
1.3.1. İklim İstekleri	8
1.3.2. Toprak İstekleri	8
1.3.3. Gübre İstekleri.....	8
1.3.4. Ekim Nöbeti	8
1.3.5. Tarla Hazırlığı	9
1.3.6. Tohumluk	9
1.3.7. Ekim	9
1.3.8. Bakım	10
1.3.9. Hasat.....	10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Susam Bitkisi	18
3.1.2. Kuvvetölçer	19
3.1.3. Eğik Düzlem.....	20
3.1.4. Devirölçer.....	20
3.1.5. Kurutma Fırını.....	21
3.1.6. Hassas Terazî	22
3.2. Yöntem	22
3.2.1. Bitki Sökülme Direncinin Belirlenmesi	22
3.2.2. Bitki ile Bant Arasındaki Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi.....	23
3.2.3. Bitkideki Nem Değişimi ile Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki	24
3.2.4. Yolucu-Sökücü Hasat Deney Düzeneği.....	24

3.2.4.1.	İncelenen Konular	25
3.2.4.2.	Verilerin Değerlendirilmesi	26
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1.	Bitki Sökülme Direnci	27
4.2.	Nem Değişimi ile Sürtünme Arasındaki İlişki	27
4.3.	Deney Düzeneklerinin Tasarımı ve İmalatı	28
4.3.1.	Kavramsal Tasarım	28
4.3.2.	Mekanik Tasarım	28
4.3.3.	Düz Yüzeyli Tamburlar ile Sapların Yakalanma Koşulu	30
4.3.4.	Deney Düzenekleri	32
4.4.	Deney Sonuçları	37
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
	KAYNAKLAR	42
	ÖZGEÇMİŞ	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Susam yetiştiren ülkelerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (FAO, 2014)	4
Çizelge 1.2. Türkiye’de 2014 yılında en çok susam eken illerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (TÜİK 2015)	4
Çizelge 1.2 (Devam). Türkiye’de 2014 yılında en çok susam eken illerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (TÜİK 2015)	5
Çizelge 4.1. Söküm direnci deneme sonuçlarına ait ortalama değerler	27
Çizelge 4.2. Farklı kasknaklar ve aralıklar için teorik yakalama koşullarına ait sonuçlar	31
Çizelge 4.3. Varyasyon analiz tablosu	38
Çizelge 4.4. Duncan Testi sonuçları	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bir susam kapsülünün kesit resmi.....	6
Şekil 1.2. Bir kapsülün enine kesiti ve çatlamış bir susam kapsülü.....	7
Şekil 3.1. Muganlı susam çeşidi fideleri	18
Şekil 3.2. Ergin susam bitkileri.....	19
Şekil 3.3. Kuvvetölçer.....	19
Şekil 3.4. Eğik düzlem yöntemi için kullanılan düzenek.....	20
Şekil 3.5. Dijital devirölçer cihazı.....	21
Şekil 3.6. Kurutma fırını	21
Şekil 3.7. Hassas terazi.....	22
Şekil 3.8. Susam bitkisinin kuvvetölçer cihazı kullanılarak topraktan sökölme direncinin ölçümü	23
Şekil 3.9. Eğik yüzey yöntemi ile sürtünme açısının saptanması (Uğurluay ve ark., 2010).....	24
Şekil 4.1. Nem değişimi ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişki grafiği	27
Şekil 4.2. Susam bitkisi hasat deney düzeneğinde olması tasarlanan ana elemanlar.....	29
Şekil 4.3. Düz yüzeyli tamburlar ile bitki saplarının yakalanma koşullarını belirleyen diyagram (Uğurluay, 2008)	30
Şekil 4.4. Deney Düzeneğinin izometrik görüntüsü	32
Şekil 4.5. L şekilli aparat.....	33
Şekil 4.6. Ön kasnaklarda yatay düzlemede belirli sınırlar içerisinde hareket imkânı sağlayan düzenek	34
Şekil 4.7. Aralık ayar düzeneği	35
Şekil 4.8. Deney düzeneğinin arka taraftan görünüşü.....	35
Şekil 4.9. Redüktörlü elektrik motoru ve kontrol panosu	36
Şekil 4.10. Susam bitkilerinin taşıyıcı banda verilme işlemi	37
Şekil 4.11. Yolucu-Sökücü düzenin susam bitkisini yakalaması.....	38

1. GİRİŞ

Susam, Personatae takımından, Pedaliaceae familyasından ve Sesamum cinsinden gelen, kökeninin Afrika olduğu bildirilen, çok eski çağlardan beri tarımı yapılan kazık köklü bir bitkidir (Arioğlu, 2007).

Ayrıca Yol (2011) yapmış olduğu çalışmada bildirdiğine göre susam; Hindistan, Myanmar, Sudan ve Çin başta olmak suretiyle dünyanın tropik ve subtropik iklim kuşaklarına (40°K - 40°G) (Ashri, 2007) sahip birçok yerinde kültürü yapılan tarihte en eski yağlı tohumlu bitkilerden biri olarak bilinen tek yıllık bir bitkidir.

Tohumunda % 50 – 60 yağ ve % 20 – 30 oranında protein içermesinden dolayı önemli bir endüstri bitkisidir. Pres veya ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen susam yağı, içerdiği ‘sesamol ve sesamolin’ (antioksidan maddeler) nedeniyle bozulmaya karşı çok dayanıklıdır. Susam tohumları özellikle tahin ve helva yapımında kullanılmaktadır. Susam yağı ise gıda maddesi olarak kullanıldığı gibi, ilaç sanayinde, kozmetik yapımında, böcek öldürücü ilaçların yapımında ve sabun yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Susam tohumlarından yağ çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspede ise % 43 oranında ham protein bulunmaktadır. Bu nedenle hayvan beslenmesinde de önemli bir yeri vardır. Ayrıca susam küspesi bazı ülkelerde ekmek ununa katılarak insan gıdası olarak da değerlendirilmektedir (İlisulu, 1973; Hatipoğlu, 2016). Susam tohumlarında en fazla oleik asit, linoleik asit ve palmitik asit bulunmaktadır (İlisulu, 1973; Arioğlu, 2007).

1985 yılında Dünya susam üretimi 2.308.730 ton iken 2014 yılı Dünya susam üretimi 6.235.530 tona yükselmiştir (FAO, 2014). Türkiye’de ise 1985 yılında 45.000 ton olan susam üretimi, ekim alanlarının diğer alternatif ürünlere kayması ve hasadının mekanize olamaması gibi nedenlerle (Arioğlu ve ark. 2010) 2014 yılında 17.716 tona gerilemiştir (FAO, 2014). Bu azalmaya karşılık susam tüketimimiz her geçen gün artmakta olup üretim miktarı tüketimi karşılayamamaktadır. Her yıl yaklaşık olarak 70 milyon dolar değerinde susam ithal edilmektedir (Öz ve Karasu, 2010).

Dünyada susam ithal eden ülkeler arasında birinci sırada Çin, ikinci sırada Japonya, üçüncü sırada AB ve dördüncü sırada Türkiye yer almaktadır (Arslan ve ark. 2014).

Dünyada 10.82 milyon hektar alanda yapılan susam ekilişinden 6.23 milyon ton üretim gerçekleşmiş ve 724 kg ha⁻¹ verim alınmıştır. Türkiye ise 26350 ha susam ekiliş alanı ile dünya susam üreten ülkeler sıralamasında 31. sıradadır. Verim yönünden 673 kg ha⁻¹ ile dünya susam verim ortalamasının üzerinde bir verime sahiptir (FAO, 2014).

Ülkemizde en fazla susam üreten illerin başında Adana, Antalya, Manisa, Muğla, Uşak, Balıkesir ve Osmaniye gelmektedir (TÜİK, 2015). Susam; Akdeniz, Güneydoğu, Ege ve Marmara bölgelerinde birinci ürün, tek başına ikinci ürün veya ara tarım şeklinde ya da bazı bitkilerle karışık olarak yetiştirilmektedir. Gelişme süresinin kısalığı, toprak seçiciliğinin az olması, besin madde isteğinin düşük olması, kurak koşullara toleranslı oluşu ve pazarlanmasının kolaylığı gibi avantajlarına rağmen susam, ülkemiz yağlı tohumlar üretiminden çok düşük pay almaktadır (Uzun, 2007).

Türkiye’de susam tarımının gerilemesinin en önemli nedenleri olarak; üreticilerin daha az işçilik gerektiren ürünlere yönelmesi, 80’li yıllarda kuru şartlarda nadas alanlarda üretim yapılırken son zamanlarda daha çok sulu tarıma geçildiği için ve sulu mekanize hasat yapılabilen ürünlerin tercih edilmesi, yetiştirme teknikleri, susamı içine alan ekim nöbeti sisteminin uygulanmaması, yüksek verimli sertifikalı tohum kullanılmaması, kullanılan tohumluğun kapsül çatlatma problemi olan yerel popülasyonlardan seçilmesi, üretimin genelde küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılması, hasat sırasında oluşan ürün kayıpları, işçilik maliyetlerinin her geçen yıl artması, uygun depolama koşullarının sağlanmaması, bitkinin destekleme kapsamına alınmaması ve makineli hasadın uygulanamayışı olarak gösterilmektedir. Aslında susam tarımı işçilik girdisi hariç diğer yönden fazla girdisi olmayan çok kârlı bir üretim sunmaktadır. Susamda hasat mekanizasyonu konusunda bir ilerleme sağlanması durumunda, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde susam tarımı sulu alanlarda ikinci ürün olarak daha fazla yaygınlaşma eğilimi gösterebileceği düşünülmektedir (Arslan ve ark. 2014).

Susam bitkisi, hasat açısından kapsülleri çatlayan ve çatlamayan olmak üzere iki ana çeşide ayrılmaktadır. Literatür bilgilerine göre, Amerika’daki bazı araştırmacılar çatlamayan susam çeşitlerini düşük dövücü devri (450-500 min⁻¹), bitkiye uygun ayarlar (dövücü-karşı dövücü aralıkları, fan hızı, vb.) ve uygun bir eleğe (3.2 mm çaplı ve yuvarlak delikli) sahip biçerdöver kullandıklarını kaydetmişlerdir (Oplinger ve ark.,

1990). Fakat ülkemiz koşullarında kapsülü çatlamayan çeşitleri bol miktarda bulabilmek ve yaygın bir şekilde kullanabilmek söz konusu değildir (Uğurluay, 2002).

Kapsülleri çatlayan çeşitlerde geç hasatta, alttaki kapsüllerin açılması, tanelerin dökülmesi, erken hasatta ise üst kapsüllerin tam olgunlaşmaması, tanelerin dolgunlaşmadan cılız kalması sonucunu doğurur. Her iki halde de verim kaybı olmaktadır. Bu nedenle alt kısımlarda bulunan kapsüllerin olgunluk derecesi arttığı zaman, üsttekilerin tam olarak olgunlaşmasını beklemeden hasat işine başlanmalıdır. Bitkilerin hasat olgunluğuna gelmiş olduğu sap, yaprak ve kapsüllerin sararması, alt yaprakların kuruyup dökülmesi, kapsül uçlarının hafif çatlaması ile anlaşılır. Tam bu durumda, en alt ile en üst kapsüllerin ortalarına düşen bölgedeki kapsüllerin dolgunlaşmış, çeşit rengini kazanmış olmaları gerekir. Tohum kaybını önlemek için bitki daha yeşil iken elle çekilerek hasat edilmekte ve demetler şeklinde bağlanarak 10-15 gün kurutulduktan sonra ters çevrilmekte ve elle dövülerek harmanlanmaktadır (Uğurluay, 2002).

Günümüzde susam yetiştiriciliği bakımından en önemli sorun hâlâ bitkilerin hasadında yaşanmaktadır. Susam hasadı hâlâ yoğun bir şekilde el emeğine dayalı olarak yapılmaktadır. Susamda üretim maliyetinin yaklaşık %70'ini hasat masrafları oluşturmaktadır (Dizdaroğlu ve ark., 1995). Hasat olgunluğuna erişen ürün, zamanında ve hızla hasat edilmelidir. Hasat zamanındaki gecikme, susam kapsüllerindeki nem oranının düşmesine ve uçlarının çatlayarak açılmasına yol açmakta bu da hasat sırasında kayıpların oldukça fazla miktarda artmasına neden olmaktadır (Uğurluay, 2008).

Susam hasadının kısmen de olsa mekanize olması gereklidir. Tarım ürünlerinin hasadı genel olarak kesme-biçme, yolma-sökme, sarsma-silkeleme veya kopartma-toplama yöntemlerini çok değişik şekillerde uygulayan hasat makineleri ile yapılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; hasat yöntemlerinden yolma-sökme esaslı çalışan kayış-kasnak mekanizmalı prototip bir hasat düzeneğinin, susam bitkisinin fiziksel özelliklerine uyum sağlayacak şekilde tasarlanması, imal edilmesi ve en uygun çalışma kriterlerini (farklı kasnak çapları, bant hızları, bant aralıkları) laboratuvar ortamında belirlemeye çalışmaktır.

1.1. Susamın Dünya’da ve Türkiye’deki Yeri ve Önemi

Susam, tropik ve subtropik iklim kuşağı ile sıcaklık toplamı elverişli olan mikroklima bölgelerinde yetiştirilen bir bitkidir. Dolayısıyla Dünya’da susam yetiştiren bölgeler bellidir (Uğurluay, 2002).

Dünya’da 2014 yılında en çok susam yetiştiren ülkelerin ekim alanı, üretim ve verim durumu Çizelge 1.1’de verilmiştir (FAO, 2014).

Çizelge 1.1. Susam yetiştiren ülkelerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (FAO, 2014)

	Ekilen Alan (ha)	Verim (kg/ha)	Üretim (ton)	Üretimdeki Pay (%)
1 Tanzanya Birleşik Cum.	928 243	1 227	1 138 920	18.27
2 Hindistan	1 778 000	456	811 000	13.01
3 Sudan	2 532 000	285	721 000	11.56
4 Çin	429 100	1 468	629 900	10.10
5 Myanmar	1 073 200	484	519 400	8.33
6 Nijerya	559 900	777	434 990	6.98
7 Burkina Faso	506 095	636	321 837	5.16
8 Etiyopya	420 494	687	288 770	4.63
9 Çad	421 562	486	204 848	3.29
10 Güney Sudan	580 000	302	175 000	2.81
Diğer Ülkeler	1 590 966		989 866	15.87
Toplam	10 819 560	-	6 235 531	100.00

Ülkemizde susam Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çoğu zaman nadasa bırakılan alanlarda ya da ikinci ürün olarak ekilmektedir (Uğurluay, 2002). Türkiye’de 2014 yılında en çok susam eken illerin ekim alanı, üretim ve verim durumu Çizelge 1.2’de verilmiştir (TÜİK 2015).

Çizelge 1.2. Türkiye’de 2014 yılında en çok susam eken illerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (TÜİK 2015)

	İl	Ekilen Alan (ha)	Verim (kg/ha)	Üretim (ton)	Üretimdeki Pay (%)
1	Adana	3 515	1 030	3 632	19.6
2	Antalya	4 718	710	3 348	18.1
3	Manisa	6 123	450	2 777	15.0
4	Muğla	3 138	840	2 628	14.2

Çizelge 1.3 (Devam). Türkiye’de 2014 yılında en çok susam eken illerin ekim alanı, üretim ve verim durumu (TÜİK 2015)

5	Uşak	3 185	630	2 014	10.9
6	Balıkesir	1 658	480	795	4.3
7	Osmaniye	1 219	510	621	3.4
8	Mersin	884	670	592	3.2
9	Şanlıurfa	1 013	490	499	2.7
10	Çanakkale	660	680	452	2.4
	Diğer	19 729	-	1 172	6.7
	Toplam	26 116	-	17 358	100

1.2. Bitkisel Özellikleri

Susamın gövde, yaprak, çiçek, kapsül ve tohum gibi bitkisel özellikleri çeşitlere göre farklılık gösterebilmektedir. Bazı önemli bitkisel özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Bitki Kökü

Susam bitkisi kazık köklüdür. Toprağın hafif veya ağır olmasına göre 30-60 cm derine ve 20-50 cm yana uzayabilen kökleri bulunur (Atakişi, 1981).

1.2.2. Bitki Gövdesi

Susam bitkisinin gövdesi dik olarak büyür. Fakat rüzgâr, insan, hayvan vb. nedenlerden ötürü ince saplı olanlarda yatma görülmektedir. Ekilen çeşide ve yetiştirme sırasında uygulanan bakım işlerine bağlı olarak 50-250 cm arasında, ortalama 100-120 cm uzayabilir. İki karpelli susam bitkisi çeşitlerinde gövde dört köşelidir. Dört karpelli susam bitkisi çeşitlerinde ise altı veya sekiz köşeli yapılı olur.

Susam bitkisi çeşit, ekim sıklığı ve yetiştirme koşullarına göre az veya çok dallanır. Uygun koşullarda, ana dal üzerinde ikincil ve üçüncül dallar çıkabilir. Dallanma, yaprak koltuklarından çıkarak oluşur. Yerel susam çeşitlerinde dallanma fazla olur. Susam bitkisinin verimi dallanma durumu ile yakından bağlantılıdır. Yan dallarda da susam kapsülleri meydana geldiği için dallanması fazla olan çeşitlerin tohum verimlerinde artış olur (Atakişi, 1981).

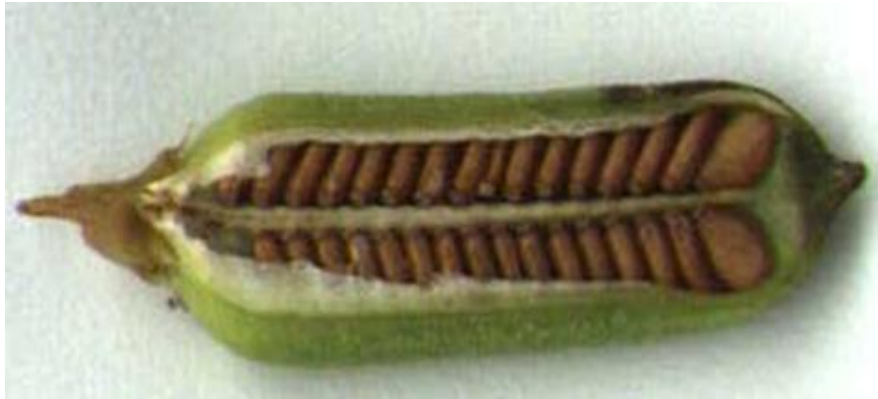
1.2.3. Bitki Yapradı

Yapraklar ana gövde ve dallar üzerinde, ilk başlarda karşılıklı üst kısımda almasıklı (aralıklı olarak sağda ve solda yerleşmiş) olarak yer alırlar. Yaprak şekli bir bitki üzerinde ve çeşitler arasında farklılık gösterebilir. Gövdenin alt kısmındaki yapraklar büyük ve geniş, üst kısmındakiler ise dar ve uzun yapılı olur. Yaprak kenarları alt yapraklarda tırtıklı, üst yapraklarda daha düzdür (Atakişi, 1981).

1.2.4. Çiçekler

Susam bitkisinde çiçekler yaprak koltuklarından çıkar. Bir yaprak koltuğunda bir veya üç adet çiçek oluşabilir. Çiçeklenme durumu çeşitlere göre değişir. Tek veya üç çiçekli olma bir çeşit özelliğidir. Yaprak koltuğunda tek çiçek oluşan çeşitlerde, diğer iki çiçek tomurcuğu körelmektedir. Üç çiçekli çeşitlerde ise orta çiçek daha iri yapılı olur. Her üç çiçek de olgunlaşıp tohum tutabilir. Çiçekler genellikle kendine döllenebilir. Çiçek açma ve olgunlaşma bitkinin alt kısmından başlar ve yukarı doğru oluşur (Atakişi, 1981).

Çiçek döllendikten sonra gelişerek kapsül oluşturur. Susamın meyvesine kapsül denir. Kapsül sayısı ve kapsül şekli çeşide bağlıdır. Genellikle bir bitkideki kapsül sayısı 60-200 arasında değişiklik gösterir. Kapsül büyüklüğü çeşide ve bitki üzerindeki yerine göre farklıdır. Uzunluğu genellikle 3.0-6.5 cm genişliği 0.7-1.5 cm ve kalınlığı 0.4-0.6 cm kadardır. Kapsül dikdörtgenler prizması şeklindedir (Uğurluay, 2002).



Şekil 1.1. Bir susam kapsülünün kesit resmi

Susamlar kapsülleri çatlayan ve çatlamayan olmak üzere ikiye ayrılırlar (Oplinger ve ark., 1990). Kapsül çatladığı zaman çeşide göre 2 veya 4 karpele ayrılır. Çatlayan çeşitlerde kapsül, olgunlaşma sonrası uç kısmından açılarak tohumlarını döker. Makine ile hasatta çatlamayan çeşitlerin kullanılması önerilmektedir (Oplinger ve ark., 1990).



Şekil 1.2. Bir kapsülün enine kesiti ve çatlamış bir susam kapsülü

1.2.5. Tohum

Susam tohumları küçüktür ve keten tohumuna benzer. Ancak mat görünümlü, oval ve ucu sivridir. Tohum 1.5-2.0 mm genişlikte, 3.5-4.0 mm uzunluktadır. Çeşide göre renkleri beyaz, sarı, kahverengi veya siyah olabilir. Genellikle açık renkli tohumlar daha fazla yağ içerirler (Uğurluay, 2002).

Susam tanesi yağ, protein ve karbonhidratları yüksek oranda içerir. Bu üç ana maddenin toplamı %80-90 oranına ulaşır. Bunlar içerisinde yağ oranı %44-45'i bulmaktadır (Dairo and Ajibola, 1994). Susamda 1000 dane ağırlığı 2.5-5.0 g arasında değişmektedir.

1.3. Ekim ve Hasat Yöntemleri ve Kayıplar

Susam sıcak ve ılıman iklim kuşaklarının bir bitkisidir. Genellikle yetiştirme süresi 90 gün civarındadır. Pamuğun yetiştirildiği ekolojik bölgelerde başarıyla yetiştirilmektedir (Atakişi, 1981).

1.3.1. İklim İstekleri

Susamın sıcaklık isteği fazladır. Yetiştirme süresi içerisinde aylık sıcaklık ortalaması 20°C'nin üzerinde olmalıdır. Bu sıcaklık ortalaması 20-22°C'den aşağı düşmezse üç ayda yetişebilir. Gece-gündüz sıcaklık farkının az olması da önemlidir (Atakışi, 1981). Susamın toplam sıcaklık isteği 2700-2800°C'dir (Anonim, 1980). Susam kuraklığa karşı oldukça dayanıklıdır ve rüzgâra karşı oldukça duyarlıdır. Özellikle sıcak rüzgârlardan hoşlanmaz (Anonim, 1980). Kuvvetli rüzgârlar bitkinin devrilmesine neden olabilir (Atakışi, 1981).

1.3.2. Toprak İstekleri

Susam oldukça derinlere kök salan bir bitkidir. Derin yapılı, alüvyal nehir kıyısı topraklarda iyi gelişir. Kumlu killi ve killi kumlu toprakları sever, hatta kireçli ve hafif topraklarda da yeterli verim sağlayabilir. Killi, ağır, su tutan ve taşlı topraklarda normal gelişemez (Uğurluay, 2002).

1.3.3. Gübre İstekleri

Susamın gelişme süresi kısa ve yaz aylarında olduğu için topraktaki besin maddelerini iyi değerlendirir. Ancak bu süre içerisinde gerekli bitki besin maddeleri bulundurulmalıdır.

Susam için hayvan gübresi verme olanağı varsa, dekara 2-3 ton sonbaharda verilmelidir. Bu gübre ön bitkiye de verilebilir. Çiftlik gübresi yoksa toprak analiz koşullarına göre ticari gübrelerden ihtiyaç karşılanır. Normal şartlarda susam için dekara 10 kg N ve 8 kg P₂O₅ verildiğinde yeterli verim sağlanmaktadır. Azotlu gübrenin susam verimini arttırıcı etkisi kesindir. Azotlu ve fosforlu gübreler susam ekiminden bir ay kadar önce toprağa verilmelidir. Bu olmaz ise ekim sırasında taban gübresi olarak verilir (Atakışi, 1981).

1.3.4. Ekim Nöbeti

Pamuk, mısır, ayçiçeği, darı ile karışık tarımı yapıldığı gibi Güneydoğu Anadolu'da hububat, özellikle kışlık arpadan sonra ikinci ürün olarak ekilebilir. Çapa bitkileri ve baklagillerden sonra iyi mahsul verir. Susam aynı tarlaya arka arkaya ekilebilir. Susam+yerfıstığı+keten iyi bir münavebe şekli olarak düşünülebilir (Anonim, 1980).

1.3.5. Tarla Hazırlığı

Susam küçük tohumlu olması nedeniyle iyi bir tarla hazırlığı gerektirir. Susam ekilecek tarlanın iyi hazırlanmış olması, düzgün ekim ve iyi bir çimlenme sağlar (Uğurluay, 2002).

Susam birinci ürün olarak ekilecek ise, tarla Sonbaharda 1 veya 2 defa sürülür. Kıştan sonra yüzeysel işlenerek ekime hazırlanır. Buğdaydan sonra ikinci ürün olarak ekilecekse, tarla anız tavında veya sulayıp tava geldikten sonra sürülür. Tırmık veya sürgü (tapan) çekilerek toprak tavinin kaçırılmamasına özen gösterilmelidir. Susam için ekime hazırlanmış olan tarla ince yapılı ve yumuşak olmalıdır (Uğurluay, 2002).

1.3.6. Tohumluk

Ekimde kullanılacak tohumluk, çimlenme kabiliyeti yüksek, taze, saf ve sağlıklı olmalıdır. Çeşit karışıklığı olmamalıdır. Tohum karışık renkli ise, saf tohumluk olmadığı anlaşılır. Olanak varsa sertifikalı tohumluk kullanılmalıdır (Uğurluay, 2002).

1.3.7. Ekim

Susamın ekim zamanı toprak ve hava sıcaklığına bağlıdır. Genellikle toprak sıcaklığı 12 °C'nin üzerine çıktığı zaman ekim yapılabilir. Çukurova bölgesinde Nisan ayı içerisinde, Antalya'da Mayıs ayı ortasında ve diğer bölgelerde Haziran ayı içerisinde ekilmektedir. Buğdaydan sonra ikinci ürün olarak ekilebilme olanağı bulunan bölgelerde Temmuz başında da ekilebilir (Uğurluay, 2002).

Susamın ekim şekli serpme ve sıraya olmak üzere iki şekilde yapılır. Serpme ekimde tohum 2 veya 3 misli kumla karıştırılarak düzgün olarak serpilir. Serpme

ekimden sonra tohumu toprağa karıştırmak için üzerinden tapan bağlı tırmık veya diskaro (diskharrow) çekilir. Bu şekilde dekara 2-3 kg tohum atılır. Serpme ekim iyi bir ekim şekli değildir. Çok fazla tohum harcanır. Ayrıca, tam bir tarla filiz çıkışı olmaz ve gerekli bakım işleri istendiği gibi yapılamaz (Atakişi, 1981).

Susamın sıraya ekimi kültivatör izine elle bırakılarak veya makinayla yapılır. Makina ile dekara 0.7-1.5 kg arasında tohum sarf edilir. Ekimde sıra arası çeşitlere bağlı olarak 40-60 cm, sıra üzeri 20-25 cm olacak şekilde tutulur. Sulu şartlarda bu aralıklar daha da açılabilir. Susamın ekim derinliği 1.5-2.0 cm'dir (Anonim, 1980).

1.3.8. Bakım

Susam tohumu toprakta sıcaklık ve rutubet olarak gerekli şartları bulduğu takdirde 4-7 gün içerisinde çimlenerek çıkar. Geç ekim yapılmışsa ve sulanarak çıkış sağlanacaksa kaymak kırma yapılır (Ataki i, 1981).

Susamın ilk gelişmesi oldukça yavaştır. Çok narin ve hassastır. Birinci  apa, bitki 10-15 cm boylanınca yapılır (Anonim, 1980). Bu arada sıra üzerinde seyreltme de uygulanır (Ataki i, 1981). Bitkiler 25-30 cm olunca ikinci çapa yapılmaktadır. Birçok durumda iki çapa yeterlidir (Ataki i, 1981). Bu arada sulama için karık ve kanallar açılır (Anonim, 1980). Sıra arası kapandıktan ve  i ek açma ba ladıktan sonra çapa gerekmez (Ataki i, 1981).

Susam kuraklığa karşı dayanıklı bir bitkidir. Ülkemizde genellikle sulama yapılmadan susam yetiştirilmektedir. Özellikle gelişme süresi içerisinde havalar çok sıcak giderse, susam verimi çok artmaktadır. Toprağın nem derecesine göre 1 ile 6 kez su verilebilir. Sulama sıravari (veya tarla filiz çıkışını arttırmak için ve çiçeklenme öncesinde yağmurlama) yapılmalıdır. Narin olan bu bitki salma sulamadan zarar görmektedir (Anonim, 1980).

1.3.9. Hasat

Susam tarımının en zor kısmı hasat ve harman i leridir. Çünkü tarladaki bitkilerin hepsi aynı zamanda olgunla madığı gibi, bir bitki üzerindeki kapsüllerde aynı zamanda olgunla mazlar (Anonim, 1980). Susam bitkisi, hasat açısından kapsülleri

çatlayan ve çatlamayan olmak üzere iki ana çeşide ayrılmaktadır (Oplinger ve ark., 1990) . Çatlayan çeşitlerde geç hasatta, alttaki kapsüllerin açılması tanelerin dökülmesi, erken hasatta ise, üst kapsüllerin tam olgunlaşmaması, tanelerin dolgunlaşmadan cılız kalması durumu vardır. Her iki halde de verim kaybı olmaktadır. Bu nedenle alt kısımlarda bulunan kapsüllerin olgunluk derecesi arttığı zaman, üsttekilerin tam olarak olgunlaşmasını beklemeden hasat işine başlanmalıdır (Anonim, 1980). Bitkilerin hasat olgunluğuna gelmiş olduğu sap, yaprak ve kapsüllerin sararması, alt yaprakların kuruyup dökülmesi, kapsül uçlarının hafif çatlaması ile anlaşılır. Tam bu durumda, en alt ile en üst kapsüllerin ortalarına düşen bölgedeki kapsüllerin dolgunlaşmış, çeşit rengini kazanmış olmaları gerekir. Hasat olgunluğu, sık sık gözlem yapılarak saptanmalıdır (Anonim, 1980).

Susam hasadı genel olarak iki şekilde yapılır (İlisulu, 1973).

1. Söküm ve Baskıya Alma:

Tarladaki her bitki aynı zamanda olgunlaşmadığından, bazı üreticiler, olgunlaşan bitkileri sökmek suretiyle iki veya üç defada hasat etmektedirler. Bitkiler el ile köklerinden sökülür. Kökler yere veya ayakuçlarına vurularak toprakları temizlenir. 10-15 bitki bir araya getirilerek demet yapılır ve bağlanır. Kökleri dışa uç kısımları içe gelecek şekilde baskıya konur. Üzerleri ot veya yapraklı ağaç dalları ile örtülür. Demetler, baskıda 7-10 gün kadar kalır. Baskıya koymanın amacı, bitkiler kısa zamanda kurumayacağından, henüz olgunluğunu tam olarak tamamlamamış kapsüllerdeki tohumların bir kısmının olgunlaşmasını sağlamaktır. Yani bitki bünyesindeki son besin unsurlarını baskıda iken olgunlaşmamış tohumlara sevk etmektir (İlisulu, 1973).

Kurutulmak için baskı müddeti biten susam demetlerinin çadır şeklinde dikilmeleri (gümül yapılması) lazımdır. Kurutmak için demetler çadır şekline konulur. Bu şekle bazı bölgelerimizde “Tokurcun” bazı bölgelerimizde de “Gümül” yapma denilir (İlisulu, 1973).

Beton bir zemin, yoksa harman yeri, bu da yoksa sertleştirilmiş yerler seçilir. Seçilen bu yere taşınan demetler, kökleri aşağı gelmek üzere, 10-15 demeti birbirine dayamak suretiyle bir çadır şekli verilir veya yerden 50-80 cm yükseklikte yatay olarak tespit edilmiş direklere dayamak suretiyle çatı şeklinde dizilerek kurutulur. Bu şekilde 2-3 hafta süreyle kuruyan susam bitkilerinin kapsülleri çatlar, tohumlarını kolayca

dökecek hale gelirler. Çukurova ve Antalya gibi çok sıcak yerlerde daha kısa zamanda (1-2 hafta içinde), kurutulabilmektedir (İlisulu, 1973.).

İyice kuruyup kapsülleri çatlayan susam demeti kökleri sırta gelecek şekilde koltuk altına alınır ve sopa ile vurularak tohumun hepsinin dökülmesine çalışılır. Kuru, çatlamış kapsüllerden tohum, sergi üzerine kolaylıkla dökülür. Bu çırpma işine demetlerde tohum kalmayınca kadar devam edilir.

Üst boğumlarda teşekkül etmiş ve henüz kuruyup çatlamamış kapsüller varsa, böyle demetler tekrar kurumaya terk edilir. Birkaç gün sonra ikinci bir çırpma daha yapılır. Demetler küçük yapılmış, iyice kurumuş ve kapsüller çatlamış ise, ikinci çırpma gerek kalmaz. İkinci çırpım, zaman kaybına, masrafa ve hatta yağmur, rüzgâr ve böcek gibi zararlı faktörlerin etkisiyle tohum kaybına sebep olabilir (İlisulu, 1973).

2. Makine ile Hasat:

Bu hasat şeklide kendi içerisinde iki kısımda ele alınmalıdır.

İlk olarak, çatlayan susam çeşitleri, genellikle hasat olgunluğuna eriştiğinde biçilir ve küçük demet yığınları halinde her yığında yaklaşık 8-10 demet olacak şekilde baskıya konur. Bu demetler baskıda 2 ya da 3 gün bekletilir. Daha sonra kurumaya terk edilir. İki hafta içinde ürün harmanlanmak için hazır olacaktır. Tam bu sıralarda yağacak olan hafif yağmurlar ürüne önemli zararlar vermez. Susam kapsülleri düşük bir dövücü hızı kullanılarak (yaklaşık 450-500 min⁻¹) harmanlanmalıdır. Elekler küçük boyutlardaki tohumların da kazanılabilmesi için 3.2 mm'lik yuvarlak küçük delikler şeklinde hazırlanmalıdır.

İkinci olarak, çatlamayan susam çeşitleri hasat olgunluğuna eriştiği zaman doğrudan düşük bir dövücü devrinde ayarlanmış biçerdöver ile hasat edilebilir. Fakat bu makinanın eleklerinin ve diğer organlarının da susam tohumuna göre düzenlenmesi gerekmektedir (Oplinger ve ark., 1990).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güzel (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, traktör kuyruk milinden hareket olarak çalışan ve tek sıra yer fıstığını sökerek harmanlayan prototip hasat makinesidir. Bölgemizin ekolojik koşulları ve üretim potansiyeli dikkate alınarak, söküm ve harmanlamada insan işgücünün verimli hale getirilmesi, insanın daha rahat koşullarda çalışmasının sağlanması, iklim koşullarına bağlılığın azaltılması için çağdaş teknolojilerin uygulanabilmesi, uygulandığı takdirde en uygun mekanizasyon zincirinin kurulması ve bitki ile makine arasında kayıpları en aza indirecek bir dengenin bulunması için bitkinin mekanizasyonuna yönelik özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada uygulanan hasat mekanizasyonu zinciri içerisinde, iş başarıları açısından kayıpları en aza indiren ve kaliteyi en iyi duruma yükselten sistem olarak sökümde Hobbs Söküm Makinesi; harmanlamada ise Lilliston Harman Makinesi başarılı bulunmuştur.

Öztürk (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, üç değişik susam hasat ve harman yöntemi denenmiştir. Birinci yöntemde susam, şu anda da uygulanmakta olan elle hasat (geleneksel yöntem) metoduyla hasat ve harman edilmiştir. İkinci yöntem olarak makine ile hasat (Biçerbağlar), elle harman (yarı mekanizasyon sistemler) metodu denenmiştir. Üçüncü olarak da tam mekanizasyon uygulanmış; bir başka deyişle susam bir parsel biçerdöveri ile hasat ve harman edilmiştir. Ekonomik analiz sonucunda el ile hasat ve harman yönteminin en uygun yöntem olmakla beraber, biçerdöverle yapılan ikinci denemenin susamda makineli hasada geçilmesi konusunda ümit verici olduğu saptanmıştır.

Uğurluay (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, susam bitkisinin hasadında kullanılması muhtemel mekanizasyon olanaklarını araştırmıştır. Susam bitkisinin hasadında biçerbağlar orak makinası kullanmış, geleneksel (elle) hasat yöntemiyle işgücü gereksinimi açısından bir kıyaslama yapılmıştır. Araştırma sonucunda, susam bitkisinin hasat işlemlerinden birinci ve en önemlisi olan toplama işinde, biçerbağlar orak makinası kullanılmasının önemli bir şekilde hasatta zamanlılık ve işgücü tasarrufu sağladığı vurgulanmıştır.

Sidahmed ve Jaber (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, mercimeklerin mekanik olarak hasat edilmesi için bir kesici/besleyici mekanizma tasarlamayı ve test etmeyi amaçlamışlardır. Bitkiyi harmanlamadan keserek toplayan kendi yürür deneysel

bir biçerdöver geliştirilmiştir. Makine performansı merdane çekilmiş ve çekilmemiş parsellerde elle hasat yöntemine göre karşılaştırılmıştır. %22 nemde mercimek bitkileri toplanmış ve daha sonra sabit bir harmanlayıcı kullanılarak harmanlanmıştır. Deneysel hasat makinesi 5 km/h ilerleme hızında çalıştırılmıştır. Biçme yüksekliği 59 mm'dir. %2 tohum, %20 sap kaybı oluşmuştur.

Jun ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, Çin'de pırasa hasadının mekanize edilmesi için tekerlek ve konveyör bandı arasında oluşan dönü hızı oranı, konveyör bandı eğim açısı ve kazıcı bıçak dönü hızını içeren ana faktörleri araştırmışlardır. Pırasa üretimi üzerine yapılan çalışmada, arazi denemeleri 350 m'lik bitki sıra mesafesi ve kesim yüksekliği tarla yüzeyinden 10 mm'lik olacak şekilde, hasat makinesi, tek sıralı hasat yapacak halde pırasaları kesecek, toplayacak ve taşıyacak şekilde, toplama bandının yakalama yüksekliği yerden olacak şekilde ayarlanmış ve tasarlanmıştır. Araştırma sonucunda, pırasa bitkisi gerilim ve gerilme değerleri sırasıyla 0.487 m/m ve 0.01078 MPa, kauçuk konveyör bantların elastik katsayısı 0.3 nym bulunmuştur. Taşıt ile taşıma bandı arasındaki hız oranı, 0.1-0.3 m/s'lik araçta 2.4-1.7 m/s bulunmuştur. Disk kesicinin optimum dönme hızı 34.8 m/s veya daha fazla, toprak sürtünmesi göz önüne alındığında bir miktar altında gerçekleşmiştir.

Uğurluay (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, seçilmiş bazı sebze türlerinin (domates, hıyar, kabak, patlıcan, kıvırcık marul ve pırasa), Çukurova Bölgesinde hasatlarının mevcut durumu özlü bir şekilde incelenmiştir. Her sebze için farklı ekip oluşumları ile karşılaşılmıştır. Bu hasat ekiplerinin değişen ihtiyaçlara ve durumlara göre tekrar tekrar oluşturulabilmesi için matematiksel olarak modellenebilmeleri sağlanmıştır. Hasatta mekanizasyon kullanılma olanakları da araştırılmıştır. İncelenen sebzelerden mekanizasyona en uygun olanları, pırasa ve marul bitkileridir. Araştırmacılar, pırasa bitkisinin sökümünü yapabilen bir söküm makinesi tasarlamış ve imal etmiştir.

Geng (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, yerfıstığının biyo-fizik özelliklerine dayanarak, yatay çift silindirli model ile toplanan fıstıkların temel parametre değerleri, tasarım süreci boyunca Darbe Dayanımı Modeli kullanılarak incelemiştir. Araştırma sonucu, bu cihazın yalnızca kurumuş meyveleri değil, aynı zamanda nemli yeni olum taze yerfıstığı meyvelerini de toplayabildiğini göstermiştir. Ayrıca yüksek verimli bulunan fıstık hasat makinesine ait bazı hasat karakteri ise düşük güç tüketimi, güvenilir

Çalışma süreci, yüksek toplama oranı ve düşük fıstık kırma yüzdesi olarak ortaya çıkmıştır.

Xiaoyan ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, fıstık üretiminde mekanizasyon ve toplama yöntemlerinin mevcut durumu üzerine araştırmalar yapmış ve kısmi hasat yapan sistemlere sahip yöntemleri araştırmışlardır. Yarı besleme tipinde yer fıstığı hasat makinesinin yapısı ve çalışma prensibi kısaca analiz edilmiştir. Fıstık hasat makinesi, besleme sistemi, taşıma sistemi ve toplama sistemi esas olmak üzere yeni yapıyı ve çalışma prensibini keşfetmek için incelenmiştir. Hasat makinesinin parametre optimizasyon testi yapılmıştır. Toplama silindiri döndürme hızı, iletim hızı ve silindiri çapı ile toplama performansı arasındaki ilişkiler elde edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, gelecekte yerfıstığı hasat makinelerinin tasarımında teorik temel ve bilimsel rehberlik sağlanabilirliği ortaya çıkmıştır.

Zhichao ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, yumru kök bitkilerin hasadı için bir çeşit çok fonksiyonlu hasat makinesi tasarlanmıştır. Tüm yapısal kurulum, işletim süreci, teknik özellikler ve kilit bileşenlerin tasarımı sırasıyla çalışma konularını oluştırmaktadır. Hasat makinesi; şase, sap yönlendirici düzen, kazıcı düzen, sap yakalama ve taşıma düzeni, meyve toplama düzeni, temizleme sistemi, ürün depolama sistemi vb. bileşenlerden oluşmaktadır. Hasat makinesi üzerinde çeşitli yumrulu kök bitkilerin (yer fıstığı, sarımsak, soğan vb.) hasadında kullanılmak üzere iki değiştirilebilir ürün toplama aparatı (döner toplayıcı ve döner kesici) geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda, fıstık ve sarımsak için yapılan deneme oranları şu şekilde bulunmuştur: fıstık kaybı %2.3, toprakta gömülü kalan fıstık %0.3, kırık fıstık %0.45, fıstık saflığı %99, güvenilirlik katsayısı %96.2; kayıp sarımsak %3.0, hasat edilmemiş sarımsak %0.50, kırık sarımsak %1.5.

Ranbing ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yerfıstığı hasat makinesinde fıstığı kazarak sökmek için üç adet farklı sökücü düzen tasarlanmıştır. Söküm düzeni, yerfıstığı hasat makinesinde, fıstık sıyırma düzeninin performansını doğrudan etkileyen çok önemli bir bileşenidir. Tasarlanan söküm düzenleri; öne doğru yukarı ve aşağı salınım yapan söküm düzeni, geriye doğru yukarı ve aşağı salınım yapan söküm düzeni ve yatay yönde sallanarak çapraz salınım yapan söküm düzenleridir. Araştırmanın sonucunda, öne doğru yukarı ve aşağı salınım yapan söküm

düzeninin, söküm oranı, fıstık kayıp oranı ve yapılan diğer test sonuçlarına göre en uygun söküm düzeni olduğu anlaşılmıştır.

Deran ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, geleneksel sarımsak hasat yönteminde yoğun emek, verimsiz hasat, yüksek üretim maliyetleri ve ciddi hasar ve kayıp gibi problemleri çözmek için sarımsak hasat makinesi tasarlanmış ve geliştirilmeye çalışılmıştır. Araştırmanın sonucu, sarımsak hasat makinesine referans sağlamak için ana faktörleri, çalışma prensibini, yapısal özellikleri ve teknik parametreleri açıklayarak tanıtmaktadır.

Wei ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, turp hasat makinesi titreşimli küreme temel parametrelerini belirlemek için eksantrik bağlantı titreşim aygıtı kullanılarak kazıma deneyi gerçekleştirilmiştir. Hasat makinesinin yürüme hızı, frekansı, genlik, eğim açısı, zemin içinde açısal titreşim kırılma açısı parametrelerini girdi parametreleri olarak; zemin gözenekliliği ise çıktı parametreleri olarak tanımlayan iki kez dikey dönme gerileme testleri tasarlanmış ve toprak gözenekliliği çıkış parametreleri olarak tanımlanmıştır. Çıkış parametreleri ve giriş parametreleri arasındaki regresyon matematik modelleri oluşturulmuş ve daha sonra parametreleri Design-Expert 6.0 ile optimize edilmiştir. Araştırma sonucunda, hasat hızı 0.64 m/s, titreşim kırma kovanının frekansı 2 Hz, titreşimli küreme genliği 14.38 mm, titreşimli küreme bandının eğim açısı 25.72°, giriş açısı 39.68° olduğu zaman toprağın gözenekliliği %50-60 olduğu bulunmuştur. Bu esaslar, turp hasat makinesinin araştırılması ve tasarlanması için bulunmuştur.

Jiasheng ve Shuqi (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, havucun mekanizasyonunu iyileştirmek için havuç ekim modeli ve tarımsal gerekliliklere dayalı olarak çift sıralı kendinden tahrikli havuç toplama makinesi tasarlamışlardır. Hasat makinesinin işlevleri arasında kazma, sıkıştırma ve taşıma, köklerin yapraklardan ayrılması, toprağın alınması ve havuçların depolanması sıralanabilir. Hasat makinesi çekilir tiptedir. Toplama makinesi; transmisyon sistemi, kazma tertibatı, sıkıştırma ve taşıma tertibatı, ayırma tertibatı, toprağın alınması ve toplama tertibatından meydana gelmektedir. Kazıcı bıçak, çalışma direncini azaltmak için iki kanadı açık duracak şekilde ve üçgen şekilli olarak tasarlanmıştır. Havuç bitkileri, yapraklardan ayırmadan önce, kökleri hizalamak için bir kaldırma tertibatına iletilmekte ve daha sonra yatay bir nakil bandına dönüşmekte ve daha sonra çift diskli bıçaklar tarafından kesilmektedir.

Arazideki denemeler sonucunda, havuç toplama oranının %98.2, havuç hasar oranı %2.5, toplama verimliliğinin ise 0.11 hm²/h'ye ulaştığı görülmüştür. Bu araştırma, havuç toplama makinesinin daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi için bir referans olmuştur.

Vurarak ve Bilgili (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Adana ilinde II. ürün susam hasadında bir biçerbağlar kullanılmıştır. Belirli dönemlerde el ve makina ile yapılan hasatlar kalite ve işletmecilik değerleri bakımından karşılaştırılmışlardır. Sonuç olarak geleneksel hasada alternatif olarak el işçiliğine karşı 10 kat daha az zaman gereksinimi olan biçme ve bağlama sistemlerini içeren yarı mekanize sistemin, susamın tam hasat olgunluk döneminden 3-5 gün önce kullanılabileceği tespit edilmiştir. Elle hasat ve makine ile hasat edilen susamın ürün maliyetine bakıldığında; makinalı hasatta 1.01-0.87 TL/kg geleneksel hasatlarda ise 1.47-1.20 TL/kg arasında maliyetinin değiştiği tespit edilmiştir.

Hong ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, elle hasadı yapılan yeşil soğanın hasadını mekanize etmek ve çiftlik gelirindeki değişimini gözlemek için traktöre monte edilen bir yeşil soğan hasat makinesi geliştirilmiştir. Makinanın hasat performans değerlerinden işletme etkinliği, hasat oranı ve hasar oranı traktörün 5.0, 11.4 ve 15.8 cm/s'lik çalışma hızları için değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, hasat makinesi performansı, traktör çalışma hızından bağımsız olarak %100 hasat oranı ile çok iyi derecede bulunmuştur. Ayrıca, ilerleme hızının artırılmasıyla birlikte makine verimliliğinin arttığı gözlenmiştir. Yine de, hasat edilen soğanların anılan hızlarda meydana gelen hasar oranları %4.55, %6.53 ve %11.29 olacak şekilde artmıştır. Hasat edilen soğan üzerindeki kalan toprak miktarı, ağırlığının yaklaşık %0.24'ü olmuştur. Bu da hasat makinasının mükemmel toprak kaldırma performansına sahip olduğunu göstermiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak susam bitkisi, susam bitkilerinin ortalama söküm kuvvetini bulabilmek için kuvvetölçer, susam bitkilerinin V-kayış (bant) ile arasında meydana gelen statik sürtünme katsayısının bulunabilmesi için eğik düzlem, susam hasat deney düzeneğinde bulunan kasnakların hızlarını ayarlamak ve ölçme için devirölçer, bitkisel materyalin nem tayininde kurutma fırını ve materyal tartımları için de hassas terazi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyaller aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Susam Bitkisi

Denemelerde susam bitkisi olarak Akdeniz Bölgesi yerel çeşidi Muganlı kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1. Muganlı susam çeşidi fideleri

Bu çeşide has bazı özellikler şunlardır. Sap uzunluğu 80-150 cm, sap şekli dört köşe, kapsüllü yan dal sayısı 3-7, yaprak rengi açık yeşil, tüylülük durumu seyrek, yaprak şekli eliptigal yırtmaçlı, çiçek rengi beyaz, çiçek sayısı her yaprak koltuğunda 1 adet, bazen 2-3 adet, kapsül boyu 3-3.5 cm, kapsül genişliği 0.9 cm, bitkide kapsül sayısı 70-140 adet, dane rengi sarı açık kahverengi, dane uzunluğu 3.1 mm, dane genişliği 1.9 mm, 1000 dane ağırlığı 3-5 g, tarımsal özellikleri erkencilik durumu orta erkenci(95-120 gün), verim 60-150 kg/da (URL, 2017).



Şekil 3.2. Ergin susam bitkileri

3.1.2. Kuvvetölçer

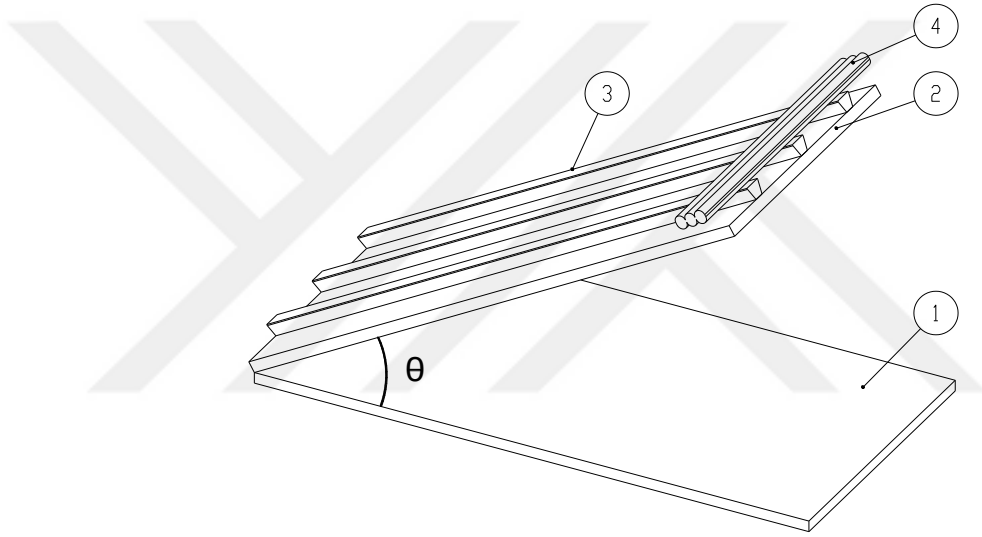
Susam bitkilerinin ortalama söküm kuvvetini bulabilmek için Geratech SH-500 marka, kapasitesi 500 N (50 Kgf), hassasiyeti 0.1 N olan kuvvetölçer kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Kuvvetölçer

3.1.3. Eğik Düzlem

Susam bitkisi ile V-kayış arasında meydana gelen sürtünme katsayısını bulabilmek için eğik düzlem yöntemi kullanılmıştır. Statik sürtünme katsayısının bulunabilmesi için basit bir eğik düzlem düzeneği kullanılmıştır. Düzenek temelde iki kısımdan oluşmaktadır; biri yatay ve sabit duran düzlem, diğeri ise buna menteşe ile bağlanmış eğik düzlemdir. Eğik düzlem üzerine test malzemesi olan ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş V-kayış parçaları yapıştırılmıştır. Testler sırasında eğik düzlemde meydana gelen açılar (θ) belirleyebilmek için de açıölçer kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Eğik düzlem yöntemi için kullanılan düzenek
(1-Sabit taban, 2-Eğik düzlem, 3-Test malzemesi (V-kayış), 4-Test materyali (Susam Bitkisi Sapları))

3.1.4. Devirölçer

Susam hasat deney düzeneğinde bulunan kasnakların hızlarını ayarlayabilmek için CEM AT-8 dijital devirölçer kullanılmıştır. Devirölçerin hassasiyeti 0.1 min^{-1} ve ölçüm aralığı 2 ile 10000 min^{-1} 'dir. Kullanılan devirölçer cihazına ait bir görüntü Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Dijital devirölçer cihazı

3.1.5. Kurutma Fırını

Bitkisel materyalin nem tayini için Füne NV 500 markalı kurutma fırını kullanılmıştır. Cihaz 50 °C ile 250 °C arasında ayar edilen sıcaklık değerlerine kadar ısınabilmekte ve belirtilen toleranslar dahilinde stabil sıcaklıklar oluşturabilmektedir. Kullanılabilir hacim 120 L'dir.



Şekil 3.6. Kurutma fırını

3.1.6. Hassas Terazi

Bitkisel materyalin nem tayini için gerekli olan yaş kütle ve kuru kütleyi belirlemek için Sartorius GP 3202 markalı hassas terazi kullanılmıştır. Terazinin tartım kapasitesi 3200 g, hassasiyeti ise 0.01 g'dır.

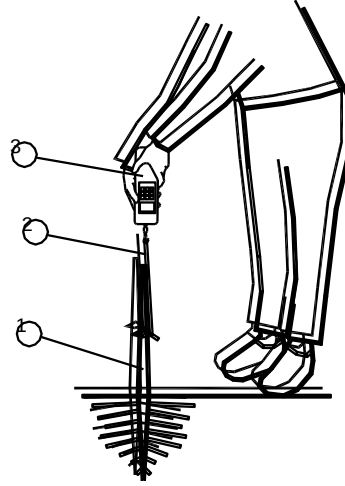


Şekil 3.7. Hassas terazi

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitki Sökülme Direncinin Belirlenmesi

Susam, geleneksel olarak yapılan elle hasatta köküyle birlikte sökülerek hasat edilmektedir. Bitkinin doğrudan bir hasat başlığı ile sökülerek tarladan alınabilme olanağının olup olmadığını anlamak için bitki söküm kuvvet miktarını bilmek gerekmektedir. Bu nedenle ortalama söküm kuvvetini belirleme denemeleri yapılmıştır. Sökülme direnci ölçümlerinde kuvvetölçer kullanılmıştır. Denemelerde kuvvetölçer ile tepe kısmı kesilmiş bitki sağlam bir ip kullanılarak birbirine bağlanmıştır (Şekil 3.7). Daha sonra yukarı doğru kuvvet uygulanarak söküm dirençleri ölçülmüştür.



Şekil 3.8. Susam bitkisinin kuvvetölçer cihazı kullanılarak topraktan sökölme direncinin ölçümü

(1-Bitki, 2-İp, 3-Kuvvetölçer.)

3.2.2. Bitki ile Bant Arasındaki Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi

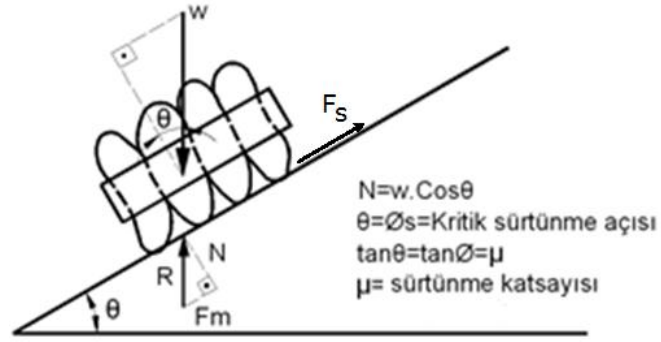
Bitki ile bant arasındaki sürtünme katsayısını belirleyebilmek için test materyali olan susam bitkisinin dalları kesilerek sap kısmı kullanılmıştır. Sapların deney sırasında V-kayış üzerinden yuvarlanmadan düzgünce hareket etmesi için 3 adet sap uç kısımlarından enlemesine delinerek tel ile birbirine birleştirilmiştir. Bitki sapları eğik düzlemde bulunan V-kayışların başlangıç kısmına konularak eğik düzlem yavaş yavaş yukarı doğru hareket ettirilmeye başlanmıştır. Sapların hareket etmeye başladığı an eğik düzlemin hareketi durdurularak yatay düzlemle oluşturduğu açı, açıölçer yardımıyla belirlenmiştir. Sürtünme katsayısı (μ) değerine ulaşabilmek için denemelerde elde edilen açılarının tanjantları alınmıştır. Denemeler 3 tekrarlı olarak yapılmış olup, değerlerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Sürtünme katsayısı (μ) değerine ulaşabilmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\tan \theta = (F_S/F_N) = \mu$$

Burada;

F_S : Sürtünme kuvveti, N

F_N : Normal kuvvet, N



Şekil 3.9. Eğik yüzey yöntemi ile sürtünme açısının saptanması (Uğurluay ve ark., 2010)

3.2.3. Bitkideki Nem Değişimi ile Sürtünme Katsayısı Arasındaki İlişki

Çalışmada bitkideki nem değişimi ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişki de araştırılmıştır. Denemelerde 12 adet bitki örneği kullanılmıştır. 12 bitki örneği 2'şerli gruplara ayrılmıştır. Bir çift bitki sapı (1. Grup) kullanılarak eğik düzlem denemeleri 3 tekrarlı olarak, 4 gün için yapılmıştır.

Geriye kalan 5 grup bitki, nem içeriğindeki değişimi ölçmek üzere ayrılmıştır. 4 gün boyunca ayrılan 5 grup bitkiden örnekler alınarak nem ölçümleri yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Nem oranlarının belirlenebilmesi için bitki örneklerinin yaş kütle değerleri hassas terazi kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Tartılan örnekler, kurutma fırınında 105 °C'de 24 saat bekletildikten sonra kütleleri tekrar ölçülmüştür. Bu değerler aşağıda verilen eşitlik kullanılarak bitki örnekleri nem oranları hesaplanmıştır (Mohsenin, 1970).

$$NO = \frac{YK - KK}{YK} \cdot 100$$

Burada;

NO: Nem Oranı (%),

YK: Yaş Kütle (g)

KK: Kuru Kütle (g)

3.2.4. Yolucu-Sökücü Hasat Deney Düzeneği

Hasat işleri içerisinde ilk işlem susam bitkisinin tarladan alınmasıdır. Susam bitkisinin V-kayış kasnaklı, yolucu-sökücü düzene sahip bir hasat başlığı kullanılarak hasat edilmesi durumunda en uygun koşulların belirlenebilmesini sağlayacak bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Deney düzeneği, bilgisayar ortamında 3B çizim programı kullanılarak tasarlanmış, sonrasında imalat resimleri hazırlanmış ve tarım makineleri üreten özel bir firmaya, hizmet alımı yöntemiyle imal ettirilmiştir.

3.2.4.1. İncelenen Konular

Bantlı-kasnaklı bir düzeneğin bitkileri tarladan toplayabilmesi için uygun kasnak çapı, bant hızı, bant aralığı, vb. çalışma ve tasarım değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bitkinin sökücü-yolucu düzen tarafından laboratuvar koşullarında en uygun yakalanma ve taşınma kriterlerinin belirlenebilmesi için farklı çalışma koşulları oluşturulmuştur. Bu sayede en başarılı yakalama parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada üç bağımsız değişken vardır. Bunlar; kasnak çapları, bant hızları, bant aralığıdır.

Faktör A: Kasnak Çapı (3 seviye: 155 mm, 185 mm, 210 mm)

Faktör B: Bant hızı (3 seviye: 0.55 m/s, 0.66 m/s, 0.77 m/s)

Faktör C: Bant Aralığı (2 seviye: 0 mm, 5 mm)

Farklı çalışma koşulları içinde yer alan bağımsız değişkenlerden kasnak çapları; 1. kasnak çapı 155 mm, 2. kasnak çapı 185 mm, 3. kasnak çapı 210 mm olacak şekilde uygulanmıştır. Kasnak çapları belirlenirken, sökücü-yolucu deney düzeneğinin özellikle fiziksel boyutları (profil genişlikleri, aralık ayar düzeneğinin minimum ve maksimum sınırları vb.) göz önüne alınmıştır.

Farklı çalışma koşulları içinde yer alan bağımsız değişkenlerden bant hızları; 1. hız 0.55 m/s, 2. hız 0.66 m/s, 3. hız 0.77 m/s olacak şekilde uygulanmıştır. Bant hızları belirlenirken, sökücü-yolucu deney düzeneğinin traktör üzerine bindirilmiş bir hasat başlığı olduğu varsayılarak, makine ilerleme hızına göre düzenlenmiştir. Üzerinde böyle bir hasat başlığı olan traktörün ilerleme hızının 2 km/h (0.55 m/s) olacağı varsayılmıştır. 1. hız makine ilerleme hızı ile aynı (1:1), 2. hız makine ilerleme hızının %20 fazlası (1:1.2), 3. hız makine ilerleme hızının %40 fazlası (1:1.4) olacak şekilde seçilmiştir.

Farklı çalışma koşulları içinde yer alan bir diğer bağımsız değişken bant aralıkları; 1. bant aralığı 0 mm, 2. bant aralığı 5 mm olacak şekilde uygulanmıştır.

Bilindiği üzere, kullanılması muhtemel böyle bir hasat başlığında bitkiler karşılıklı duran iki bant arasında yakalanarak ilerleyecektir. Literatürde hasat olgunluğuna ulaşmış susam bitkilerine ait ortalama gövde kalınlıkları 10.4 mm olarak belirtilmiştir (Uğurluay 2002). Bant aralıkları belirlenirken birincisinde bantların birbirine tam temas ettiği (0 mm mesafe) durum ve ikinci olarak da bantların bir miktar aralıklı konumlandığı (5 mm mesafe) durum için yakalama denemeleri yapılmıştır.

3.2.4.2. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneyler 3 x 3 x 2 şeklinde toplam 18 grupta 3'er tekrarlı Faktöriyel Düzenlenmiş Tesadüf Blokları deneme planına göre planlanıp uygulanmıştır. Bağımlı değişken olarak, hasat başarısı (Yolucu-Sökücü düzenin bitkileri yakalama etkinliği) incelenmiştir. Deneme planının matematik modeli aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Burada;

Y_{ijkl} : Kasnak çapının i. seviyesi, Bant hızının j. seviyesi, Bant aralığının k. seviyesi ve l. tekerrüre ait gözlem değeri

μ : Popülasyon ortalaması

α_i : Kasnak çapının i. seviye etkisi

β_j : Bant hızının j. seviye etkisi

γ_k : Bant aralığının k. seviye etkisi

$(\alpha\beta)_{ij}$: Kasnak çapının i. seviyesi, Bant hızının j. seviyesinin interaksiyon etkisi

$(\alpha\gamma)_{ik}$: Kasnak çapının i. seviyesi, Bant aralığının k. seviyesinin interaksiyon etkisi

$(\beta\gamma)_{jk}$: Bant hızının j. seviyesi, Bant aralığının k. seviyesinin interaksiyon etkisi

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: Kasnak çapının i. seviyesi, Bant hızının j. seviyesi ve Bant aralığının k. seviyesinin interaksiyon etkisi

e_{ijkl} : Y_{ijkl} 'nin tesadüfi hatası

Yolucu-Sökücü düzenin bitkileri yakalama etkinliği denemelerinde her seferinde 30 adet bitki, yolucu-sökücü düzene gönderilmiştir.

Deneme sonucunda elde edilen veriler istatistiksel paket programında (SPSS-Statistical Package for the Social Sciences) analiz edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bitki Sökölme Direnci

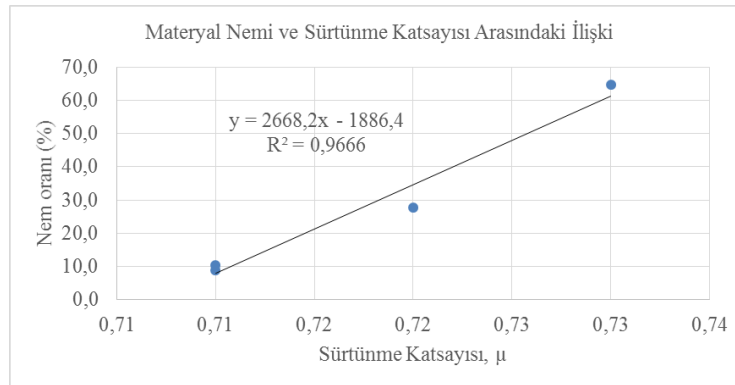
Bitkilerin topraktan sökölme dirençleri ölçölerek belirlenmiştir. Sököl deneyleri Reyhanlı/Hatay’da bulunan Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Faköltesine ait Telkalış araştırma alanında yapılmıştır. Denemenin uygulandığı toprak killi-tınlı yapılıdır. Susam bitkisinin sökölme direncini belirleyebilmek için 10 adet sököl denemesi yapılmıştır. Bitki kazık köklüdür ancak toprağı tutunmasının, daha çok yan ve saçak kökleri sayesinde olduğı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, ilk 10 cm’lik derinlik için toprak nemi ölçölümü yapılmıştır. Bu bitkilere ait deneme sonuçları aşğıdaki Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sököl direnci deneme sonuçlarına ait ortalama değıerler

Bitki Çapı (mm)	Sökölme Kuvveti (N)	Toprak Nem İçeriğı (%)
13.7±1.1	309.1±64.9	23.56±0.55

4.2. Nem Değışimi ile Sörtünme Arasındaki İlişki

Susam bitkisi sapındaki nem değışiminin, sap ile bant arasında meydana gelen sörtünme katsayıları arasındaki ilişki araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Nem değışimi ile sörtünme katsayısı arasındaki ilişki grafiğı

Deneme sonunda elde edilen değerler incelendiğinde, bitkide nem oranı azaldıkça (bitki gövdesi kurudukça), sürtünme katsayısı değerlerinde küçük bir miktar düşüş (nem oranında 7 kat azalmaya karşılık, sürtünme katsayısında 0.02 birim azalma) gözlenmektedir. Sürtünme katsayısındaki bu küçük azalma sürtünme kuvvetinde önemli bir değişiklik oluşturmaz. Aksine bitki sapı üzerindeki kabuklu kısmın kuruması bantların bitki gövdelerini daha sorunsuz bir şekilde (soyulma, ezilme, vb. olmadan) yakalamasını sağlamaktadır. Bu nedenle, böyle bir düzenek kullanılarak susam bitkilerinin hasadı düşünöldüğünde, daha iyi ve sorunsuz bir söküm için bitkilerin mümkün olduğu kadar geç hasat edilmesi daha uygun olacaktır.

4.3. Deney Düzeneginin Tasarımı ve İmalatı

4.3.1. Kavramsal Tasarım

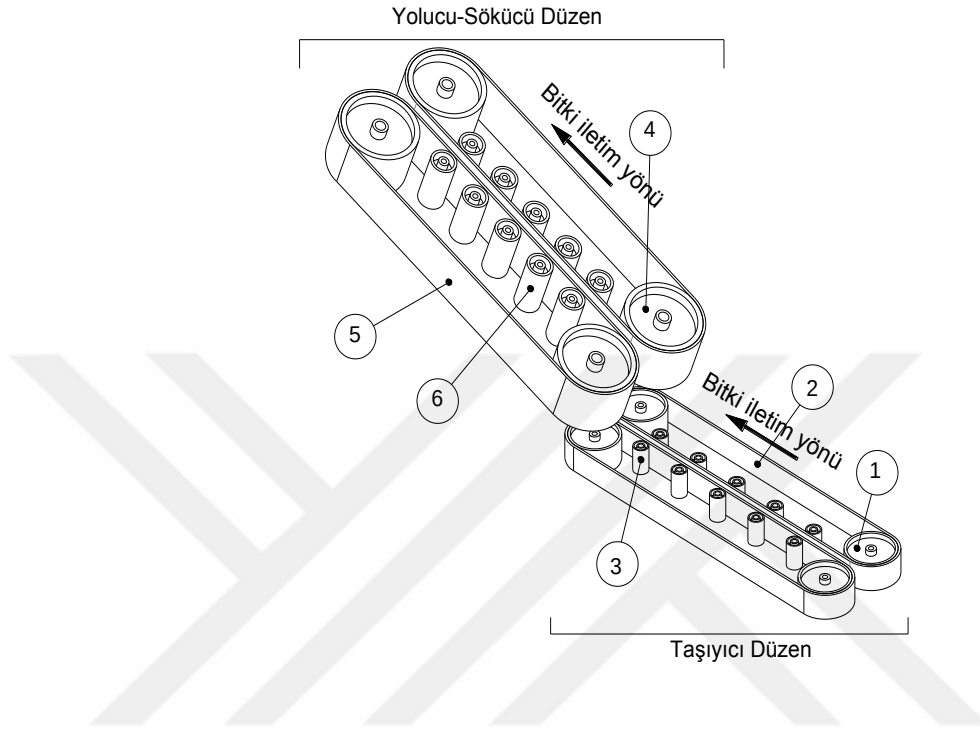
Susam bitkisinin elle hasat ve harman edilmesi; söküm ve demet yapma, demetlerin toplanması, toplanan demetlerin kurutulmak üzere harman yerinde gümöl şekline getirilmesi, demetler kurutulduktan sonra çırpılması ve son olarak da temizleme işlemlerini kapsamaktadır. Bu işlemler içerisinde en fazla güç gerektiren ve ilk yapılması gereken iş bitkinin sökölerek topraktan ayrılmasıdır. Söküm esası ile çalışacak olan bir deney düzenegi tasarımında bitkiye dair yapılan incelemeler sonucunda aşğıdaki kıstaslar göz önünde bulundurulmuştur.

- Bitki sıraya ekilmektedir ve sıra üzerinden sökülmelidir.
- Bitki sıraya ekili olduğu için sökümün de sürekli yapılması gerekmektedir. Makine ilerlemesi ve söküm işlemi aynı anda yapılacak ve duraksız çalışılacaktır.

4.3.2. Mekanik Tasarım

Deneme düzenegi, taşıyıcı düzen ve yolucu-sökücü düzen olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Her iki kısım da ölçüler ve duruş açısı haricinde yapı olarak birbirine benzemektedir. Denemeler laboratuvar ortamında yapılacağından, taşıyıcı düzen susam bitkilerinin tarladaki durumunu taklit etmeye yarayacaktır ve yere paralel

olarak yerleştirilmiştir. Taşıyıcı düzen elle beslenmiştir. Taşıyıcı düzenin görevi, bitkileri yolucu-sökücü düzene ileterek önüne getirmektir. Bu sayede yolucu-sökücü düzen tarlada hareket ediyormuş gibi bir etki oluşturmuştur.



Şekil 4.2. Susam bitkisi hasat deney düzeneğinde olması tasarlanan ana elemanlar (1-Taşıyıcı düzen hareket kasnağı, 2-Taşıyıcı düzen bantı, 3- Taşıyıcı düzen baskı makaraları, 4-Yolucu-Sökücü düzen hareket kasnağı, 5-Yolucu-Sökücü düzen bantı, 6-Yolucu-Sökücü düzen baskı makaraları.)

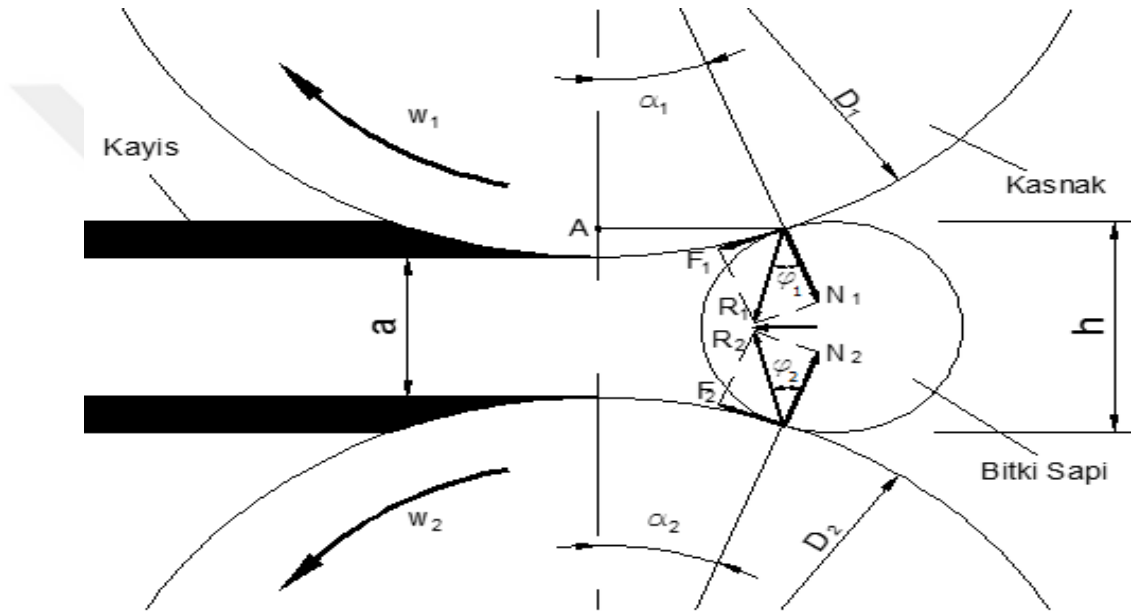
Bitkiler, taşıyıcı ünitenin bantları arasında belirli bir baskı oluşturularak tutulacaktır. Bu baskı kuvveti, bitkinin hasat ünitesi tarafından yakalanmadan hemen önceki tarladaki ağırlığı kadar olacaktır. Bu ağırlığı oluşturan etmenler, bitki kütlesi ve kök bölgesindeki toprak miktarıdır.

Uygulamada susam bitkisinin doğrudan bantlı bir yolucu-sökücü ile tarladan sökülerek alınması pek mümkün değildir. Susam bitkisi elle hasat edilmektedir ve bu tür bitkilerin topraktan sökülme direnci oldukça yüksektir. Sökülme dirençleri daha önce de belirtildiği gibi ortalama 309.1 N olarak bulunmuştur. Bu nedenle, bitki bantlı bir düzenek ile alınmadan hemen önce bir şekilde toprakla olan bağı koparılmalıdır.

4.3.3. Düz Yüzeyli Tamburlar ile Sapların Yakalanma Koşulu

Düz yüzeyli, farklı hızlarda ve zıt yönlerde dönen tamburlar ile yakalama işleminde (Şekil 4.3), “ ω_1 ” ve “ ω_2 ” açısal hızlar olsun.

Tamburların çapları “ D_1 ” ve “ D_2 ” ve aralarındaki açıklık da “ a ” olsun. Daha sonra, “ h ” kalınlığındaki bir sap üzerine etki eden düşey kuvvetler “ N_1 ” ve “ N_2 ” ve tamburlara teğet olarak etki eden sürtünme kuvvetleri “ F_1 ” ve “ F_2 ” olsun (Klenin ve ark., 1986).



Şekil 4.3. Düz yüzeyli tamburlar ile bitki saplarının yakalanma koşullarını belirleyen diyagram (Uğurluay, 2008)

Sap eksenindeki doğrultuda, bütün bu unsurlar toplanırsa, tamburların bitkileri yakalayabilmesi için gerekli koşulu gösteren eşitlik elde edilir.

$$F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 \geq N_1 \cdot \sin \alpha_1 + N_2 \cdot \sin \alpha_2$$

Mademki,

$$F_1 = N_1 \cdot \tan \varphi_1 \text{ ve } F_2 = N_2 \cdot \tan \varphi_2$$

φ_1 ve φ_2 tamburlar üzerindeki sapların hareketi için sürtünme açılarıdır. Bunları önceki eşitlikte yerine koyduğumuzda;

$$N_1 \cdot \tan \varphi_1 \cdot \cos \alpha_1 + N_2 \cdot \tan \varphi_2 \cdot \cos \alpha_2 \geq N_1 \cdot \sin \alpha_1 + N_2 \cdot \sin \alpha_2$$

bağıntısı elde edilir. Şu an kullanımda olan makinalarda, “D₁” ve “D₂” çapları arasındaki fark küçüktür. Bu nedenle, şunlar öngörülebilir;

$$N_1 = N_2, \quad \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

İfade yeniden yazılırsa, tamburlar ile sapların yakalanması için gereken koşul şu hale gelir;

$$\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2 \geq 2 \cdot \tan \alpha$$

Eğer,

$$\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2 \leq 2 \cdot \tan \alpha$$

olursa, saplar tamburlar tarafından yakalanamayacaktır (Klenin ve ark., 1986).

Susam bitkisi ile bant arasında oluşan statik sürtünme katsayısı yapılan denemeler sonrasında “μ_s” ortalama 0.72 olarak bulunmuştur. Susam bitkisinin kayış-kasnak mekanizması ile ilk temasa geçtiği durumlarda oluşan “α” açılarının değerleri, kasnaklara ve bitki gövdesine ait gerçek boyutlar kullanılarak bir çizim programına yerleştirilmiş ve elde edilmiştir. Farklı kasnaklar ve aralıklar için teorik yakalama koşullarına ait sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

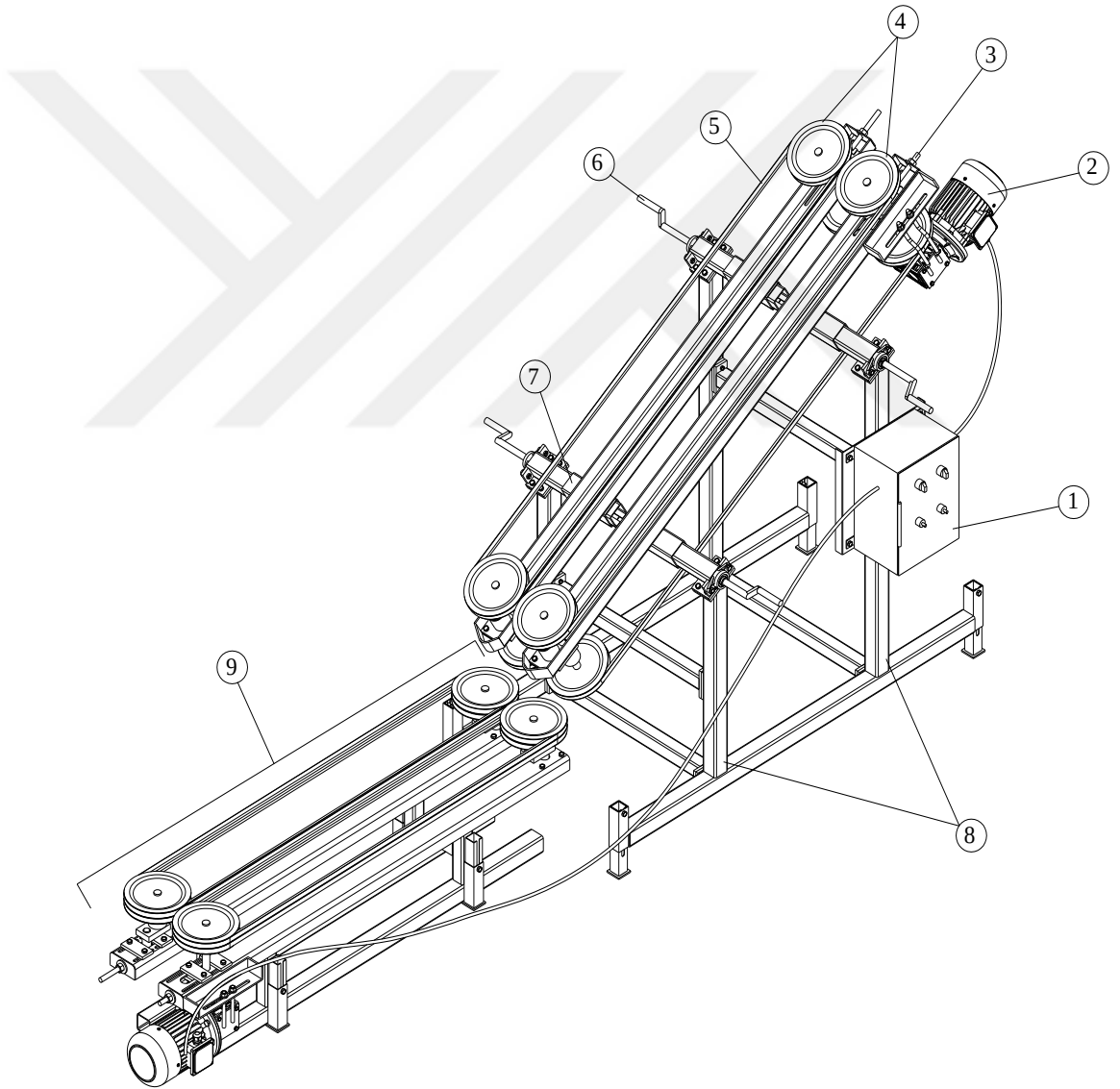
Çizelge 4.2. Farklı kasnaklar ve aralıklar için teorik yakalama koşullarına ait sonuçlar

1. Aralık (0 mm)				
	α açısı (°)	Sürtünme Katsayısı (μ)	Sürtünme Açısı (°)	Yakalama Koşulu $\tan \varphi_1 + \tan \varphi_2 \geq 2 \cdot \tan \alpha$
1. Kasnak	23.3	0.72	35.7	$1.43 \geq 0.86$
2. Kasnak	21.4			$1.43 \geq 0.78$
3. Kasnak	20.2			$1.43 \geq 0.73$
2. Aralık (5 mm)				
1. Kasnak	18.5	0.72	35.7	$1.43 \geq 0.66$
2. Kasnak	17.0			$1.43 \geq 0.61$
3. Kasnak	16.0			$1.43 \geq 0.57$

Çizelge 4.2’de elde edilen sonuçlar incelendiğinde, deneme düzeneğine ait tasarlanan büyüklüklerin uygun olduğu yani, bitki saplarının kasnaklar tarafından teorik olarak yakalanabileceği görülmektedir.

4.3.4. Deney Düzeneği

Bu çalışmada öncelikli olarak susam bitkisi hasat deney düzeneği tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır. Deney düzeneğinin tasarımı ve çizimleri bilgisayar ortamında yapılmıştır. Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi destekli çalışmada kullandığımız düzenek, Antakya/Hatay’da bulunan ve makine üretim sektöründe çalışan özel bir firmaya hizmet alımı şeklinde imal ettirilmıştir. Deney düzeneğine ait izometrik bir görünüş şekil 4.4’de verilmiştir.

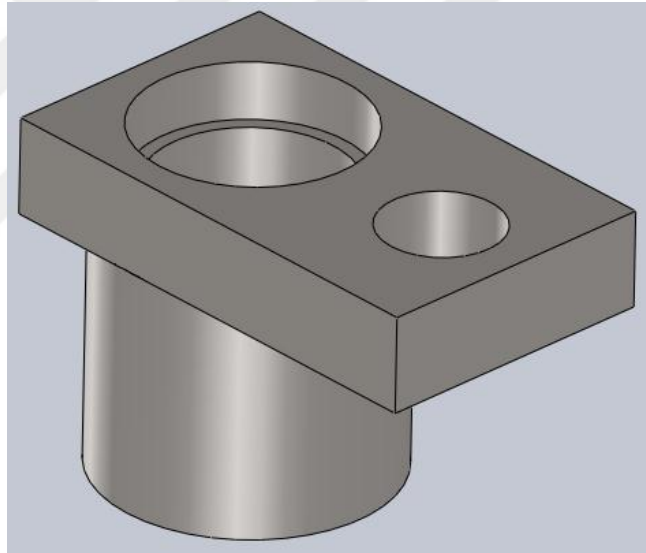


şekil 4.4. Deney Düzeneğinin izometrik grntş

Deney Düzeneğinin organları şunlardır: 1-Güç ve kontrol panosu, 2-Elektrik motoru, 3-Kayış germe düzeni, 4-Kasnaklar, 5-Kayışlar, 6-Ayar kolu, 7-Aralık ayar düzeneği, 8-Deney Düzeneği kasası, 9-Taşıyıcı düzen.

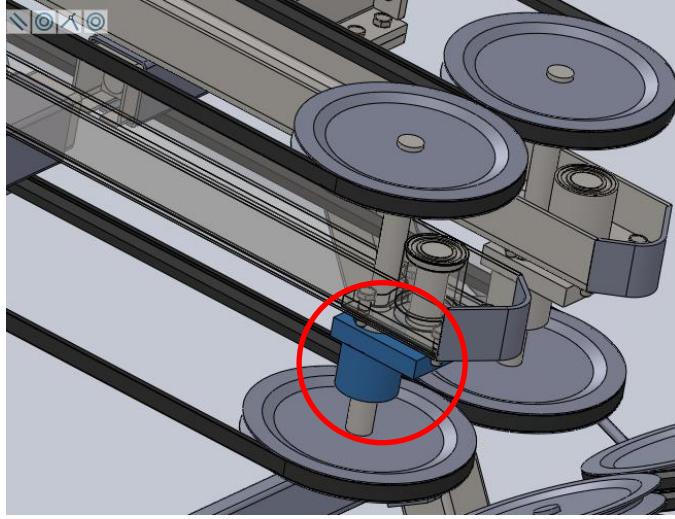
Deney düzeneğinin sökme ve toplama işini gerçekleştirecek olan kısmında kayış-kasnak mekanizması kullanılmıştır. Tasarlanan çalışmanın böyle bir deney düzeneğinde yapılabilmesi için düzeneğin üzerinde yer alan bazı kısımları ayarlanabilir şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Bunlar; Kasnakların şaseye bağlantısı, sökücü düzen kayış-kasnak çiftlerinin karşılıklı durumları ve elektrik motorlarının devir sayılarıdır.

Kasnakların sökücü-toplayıcı organın şasesine sabit bağlanmasının, farklı çaplardaki bitki gövdelerinin alınması sırasında sorun oluşturacağı düşünülmüştür. Bu nedenle kasnakların yatay düzlemde belirli sınırlar içerisinde hareket edebilmesini sağlayan “L” şekilli aparatlar tasarlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. L şekilli aparat

“L” şekilli aparatlar, kayış gergi kuvvetleri sayesinde kasnakların sürekli olarak birbirine doğru basılmasını ve iki kasnak arasına bitki girdiğinde ise dışa doğru açılarak bitkinin zarar görmeden geçmesini sağlamaktadır (Şekil 4.6).

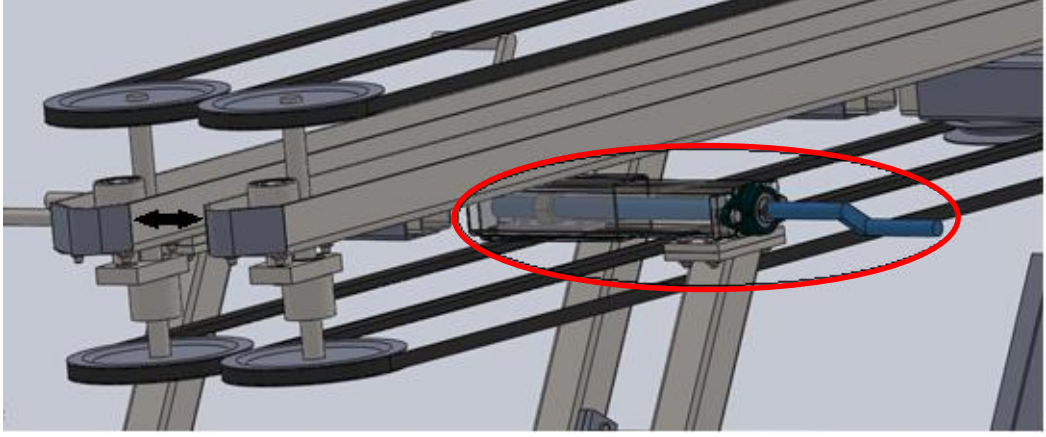


Şekil 4.6. Ön kasnaklarda yatay düzlemede belirli sınırlar içerisinde hareket imkânı sağlayan düzeneç

Bilindiği gibi denemede farklı çaplarda kasnaklar kullanılmıştır. Düzenek üzerinde yer alan kasnaklar değiştirildiğinde iki merkez arasındaki mesafe de değişmektedir. Karşılıklı duran kayış-kasnak çiftlerinin de yerlerinin değişmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereksinimi sağlayabilmek için bir “aralık ayar düzeneği” tasarlanmış ve düzenek üzerinde uygulanmıştır (Şekil 4.7). Bu düzenek;

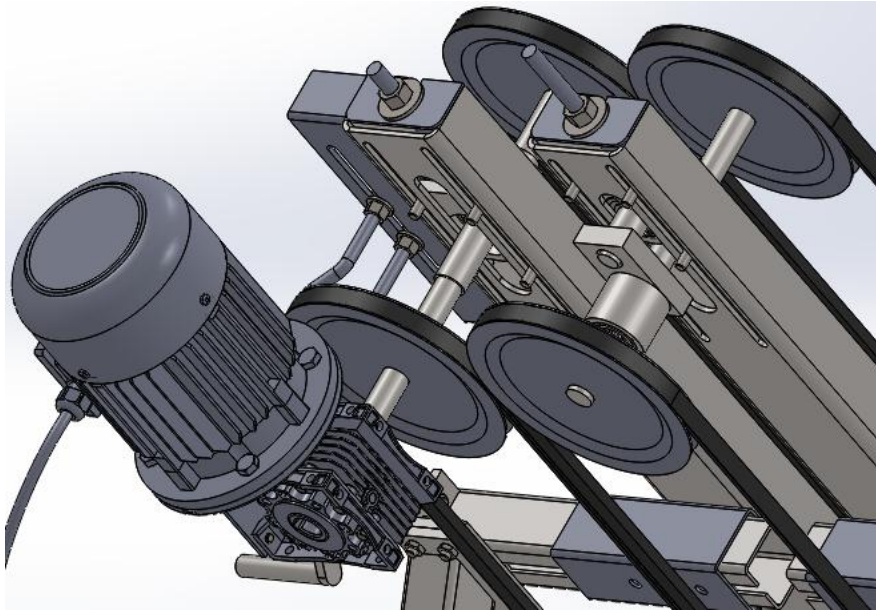
- iç içe geçmiş iki adet kare profil,
- üzerine diş açılmış bir mil,
- mil ucunda bir çevirme kolu
- profillerin birbirini içinde kaymasını sağlayan ve mil üzerinde bulunan bir somundan oluşmaktadır.

İç kısımdaki somun sayesinde çatıya sabit olarak bağlanmış olan profil üzerinde diğer profilin kayarak hareket etmesi sağlanmış ve böylece kasnak çiftlerinin karşılıklı durumları ihtiyaca göre ayarlanabilir hale getirilmiştir. (Şekil 4.7).



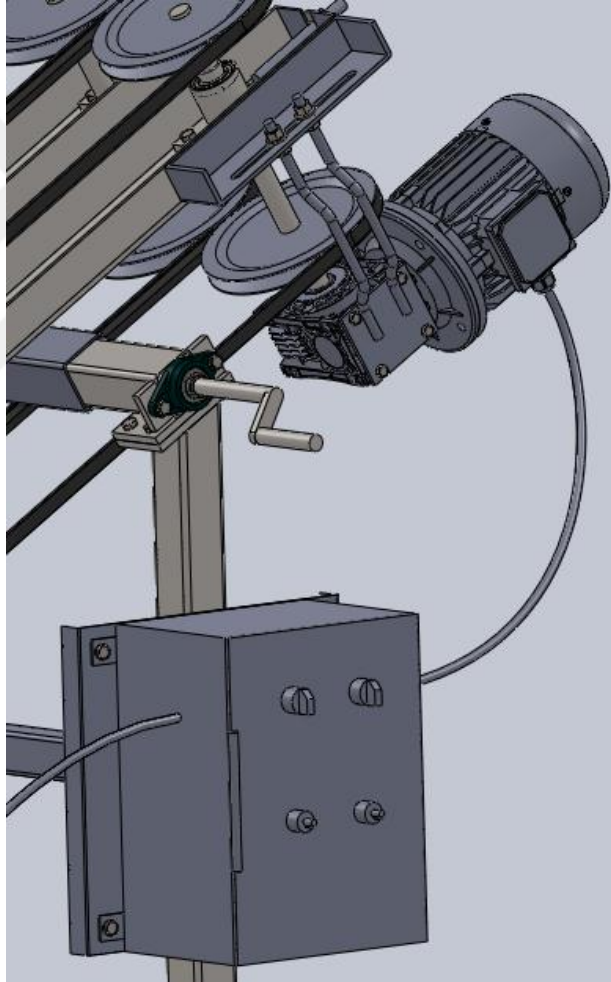
Şekil 4.7. Aralık ayar düzeneği

Ön kasnaklarda kullanılan “L” şekilli aparat arka kasnaklarda da kullanılmıştır. Düzeneğe hareket veren elektrik motorunun arka tarafa yerleşimi tasarım açısından daha uygun bulunmuştur. Böylece, ön kasnakların bulunduğu bölge daha sade halde tutulmuştur. Elektrik motoru şaseye sabit bağlanmıştır. Bu nedenle üzerine bağlanan ve tahrik amaçlı kullanılan kasnak da sabittir. Tahrik kasnağının karşısında yer alan, diğer kasnak ise ötekiler gibi hareketli bir şekilde bağlantısı yapılmıştır. (Şekil 4.8). Böylece iki kasnak arasına bitki girdiğinde, karşı kasnak tek taraflı dışa doğru açılarak bitkinin zarar görmeden geçmesine müsaade etmektedir.



Şekil 4.8. Deney düzeneğinin arka taraftan görünüşü

Deney düzeneğinin tahriki için kullanılan elektrik motorları 0.75 kW gücünde, 1440 min^{-1} devirli ve üzerlerinde R:12 redüktör bulunmaktadır. Ayrıca, elektrik motorlarının devir sayılarının istenilen değerlerde ayarlanabilmesi için elektronik hız kontrol üniteleri kullanılmıştır. Elektronik hız kontrol üniteleri, güç ve kontrol panosu (1) üzerinde yer alan iki adet potansiyometre ile kontrol edilmektedir. Bunlardan birincisi taşıyıcı düzen (9) üzerindeki elektrik motorunun, ikincisi ise yolucu-sökücü düzen üzerinde bulunan elektrik motorunun hızını ayarlamak için kullanılmaktadır. Elektronik hız kontrol üniteleri, güç ve kontrol panosu içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Redüktörlü elektrik motoru ve kontrol panosu

4.4. Deney Sonuçları

Deneyler 3 x 3 x 2 şeklinde toplam 18 grupta 3'er tekrarlı Faktöriyel Düzenlenmiş Tesadüf Blokları deneme planına göre planlanıp uygulanmıştır. Bağımlı değişken olarak, hasat başarısı (Yolucu-Sökücü düzenin bitkileri yakalama etkinliği) incelenmiştir.

Yolucu-Sökücü Deney düzeni, daha önce de bahsedildiği gibi iki kısımdan meydana gelecek şekilde oluşturulmuştur. Birinci kısım sadece susam bitkilerini yolucu-sökücü düzene iletmek için kullanılmıştır. Denemelerde her seferinde 30 adet bitki, taşıyıcı banda elle yedirilerek yolucu-sökücü düzene gönderilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Susam bitkilerinin taşıyıcı banda verilme işlemi

Taşıyıcı bant tarafından iletilen bitkiler, yolucu-sökücü düzen tarafından yakalanmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Yolucu-Sökücü düzenin susam bitkisini yakalaması

Bu denemelerin sonucunda elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programında değerlendirilmiştir. Varyasyon analiz tablosu Çizelge 4.3’de ve Duncan Testi sonuçları da Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Varyasyon analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Genel	149 333	53		
Çap	23 111	2	11 556	0.000
Hız	9 000	2	4 500	0.008
Aralık	42 667	1	42 667	0.000
Çap*Hız	6 556	4	1 639	0.114
Hız*Aralık	9 000	2	4 500	0.008
Çap*aralık	23 111	2	11 556	0.000
Çap*Hız*Aralık	6 556	4	11 556	0.114
Hata	29 333	36	1 639	

Varyasyon analiz tablosu incelendiğinde, bitki gövdelerini yakalama etkinliği bakımından kasnak çapları, bant hızları ve bant aralıkları önemli bulunmuştur. Yakalama etkinliğinde varyasyon kaynaklarının ikili interaksionlarda kasnak çapı ve bant hızı önemsiz, bant hızı ve bant aralığı ile kasnak çapı ve bant aralığı önemli bulunmuştur. Yani, bant hızları ve bant aralıkları ile kasnak çapı ve bant aralığı birlikte değerlendirildiğinde aralarında yakalama etkinliği bakımından fark vardır. 2. bant aralığı (5 mm) bulunan interaksionlar daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.4. Duncan Testi sonuçları

	Kasnak Çapı*	Bant Hızı*	Bant Aralığı*
1	28.4 ±2.04 ^a	28.6 ±2.09 ^a	28.2 ±2.02 ^a
2	28.9 ±1.81 ^a	29.1 ±1.81 ^{ab}	30.0 ±0.00 ^b
3	30.0 ±0.00 ^b	29.6 ±0.78 ^b	
P	<0.001	<0.01	<0.001

*: Aynı grupta aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 seviyesinde fark yoktur.

Deney düzeneğinde kullanılan kasnaklar, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 1. kasnak çapı (155 mm) ve 2. kasnak çapı (185 mm) benzer, 3. kasnak çapı (210 mm) ise diğer ikisinden 0.001 önem seviyesinde farklı bulunmuştur. Dolayısıyla 3. kasnak çapı (210 mm) yakalama başarısı bakımından diğer iki kasnak çapına göre çok daha başarılı bulunmuştur.

Deney düzeneğinde kullanılan bant hızları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 3. bant hızı (0.77 m/s) en başarılı olanıdır. 1. bant hızı (0.55 m/s) en düşük başarıyı vermiştir. 2. bant hızı (0.66 m/s) aradadır. Hem birinciye hem de üçüncüye benzer bulunmuştur.

Deney düzeneğinde kullanılan bant aralıkları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 1. aralık (0 mm) ile 2. aralık (5 mm) arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ve 2. aralık (5 mm) çok daha başarılı bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerek ülkemizde, gerekse dünyada susam bitkisi hasadında hala yoğun bir şekilde el emeği kullanılmaktadır. Gün geçtikçe üreticilerimiz, işçi bulmanın zorlaşması ve işçilik masraflarının artması nedeniyle bu ve benzeri emek yoğun bitkilerden uzak durmaya çalışmaktadır. Bu çalışma susam bitkisi hasadında ihtiyaç duyulan yoğun kas gücünün azaltılabilmesi için kullanılabilecek bir hasat makinesine ön ayak olabilmek için yapılmıştır. Bu nedenle yolma-sökme esaslı çalışan kayış-kasnak mekanizmalı prototip bir deney düzeneği tasarlanmış, imal edilmiş ve en uygun çalışma kriterlerini (farklı kasnak çapları, bant hızları, bant aralıkları) belirleyebilmek amacıyla laboratuvar ortamında denenmiştir.

Bitkilerin topraktan sökölme dirençleri ölçölerek belirlenmiştir. Bu sökölme denemelerinin sonucunda bitkilerin topraktan sökölme direnci ortalama 309.1 ± 64.9 N bulunmuştur. Bitkinin topraktan Sökölme direnci oldukça fazla olduğu için hasatta kayış kasnak mekanizmalı bir hasat başlığı kullanılması düşünölün bir hasat makinesinde ya bitki kök bölgesinin toprak altı bıçaklar kullanılarak gevşetilmesi ya da makaslama kesme yapan bir bıçak mekanizması ile yakalama öncesinde bitki gövdesinin toprağın hemen üzerinden kesilmesi gerekmektedir.

Bitki ile bantlar arasında meydana gelen sürtölme katsayısının değışimi incelenmiş ve bitkide nem oranı azaldıkça, sürtölme katsayısı değlerlerinde küçük bir miktar düşölüş gözlenmiştir. Bitki sapı üzerindeki kabuklu kısmın kuruması bantların bitki gövdelerini daha sorunsuz bir şekilde (soyulma, ezilme vb. olmadan) yakalamasını sağlamaktadır. Bu nedenle, böyle bir düzenek kullanılarak susam bitkilerinin hasadı düşünölüldüğünde, daha iyi ve sorunsuz bir sökölme için bitkilerin mümkün olduğu kadar geç hasat edilmesi daha uygun görünmektedir.

Susam bitkilerinin hasadında kullanılması muhtemel bir hasat düzeni üzerinde çalışılmış ve kayış-kasnak mekanizmalı Yolucu-Sökölücü deney düzeni tasarlanmıştır. En uygun bitki yakalama koşullarının belirlenebilmesi için de Yolucu-Sökölücü düzen üzerinde var olan kasnak çapları, kasnak devir sayıları ve kasnaklar arası mesafe değleri, ayarlanabilecek biçimde düzenlenmiştir.

Yolucu-Sökölücü düzenin bitkileri yakalama etkinliğı incelenmiş ve istatistiksel olarak değlendirilmiştir. Bitki gövdelerini yakalama etkinliğı bakımından kasnak

Çapları, bant hızları ve bant aralıkları önemli bulunmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan kasnaklar, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 1. kasnak çapı (155 mm) ve 2. kasnak çapı (185 mm) benzer, 3. kasnak çapı (210 mm) ise diğerk ikisinden 0.001 önem seviyesinde farklı bulunmuştur. Dolayısıyla 3. kasnak çapı (210 mm) yakalama başarısı bakımından diğerk iki kasnak çapına göre çok daha başarılı bulunmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan bant hızları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 3. bant hızı (0.77 m/s) en başarılı olanıdır. 1. bant hızı (0.55 m/s) en düşük başarıyı vermiştir. 2. bant hızı (0.66 m/s) aradadır. Hem birinciye hem de üçüncüye benzer bulunmuştur. Deney düzeneğinde kullanılan bant aralıkları, susam bitkilerini yakalama başarısı bakımından değerlendirildiğinde 1. aralık (0 mm) ile 2. Aralık (5 mm) arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ve 2. aralık (5 mm) çok daha başarılı bulunmuştur.

Denemeler sırasında, bitki dallarının kasnak ve bantlar arasına sıkışabildiğı gözlenmiştir. Böyle bir düzeneğin hasat başlığı olarak kullanılması muhtemel bir makineda bantların üzeri sac veya plastik plakalar kullanılarak kapatılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1980 Tarla Bitkileri Ders Notları. Teksir No:38. **Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.**
- Arıoğlu, H. H. 2007. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Ders Kitabı. **Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.** Genel Yayın No:220, Ders Kitapları Yayın No: A-70. Adana. 204 s.
- Arıoğlu, H.H., Kolsarıcı, Ö., Göksoy, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C. ve Arslanoğlu, F. 2010. Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. **VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi**, Ankara.
- Arslan H., Hatipoğlu, H. ve Karakuş, M. 2014. Şanlıurfa Yöresinde Tarımı Yapılan Susam Genotiplerinden Seçilen Bazı Hatların İkinci Ürün Koşullarında Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, 1: 109-116 TÛTAD.
- Atakışi, İ.K., 1981. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ders Notu Yayınları. **Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.** No:147. Adana.
- Dairo, O.U. and Ajibola, O.O., 1994. Resistance to Airflow of Bulk Sesame Seed. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Vol: 58 No:2 June. p:99-105.
- Deran, L., Yanyao, W., Xunjin, W., Yundong, L., Zhirui, X., 2010. Manufacture and Exploiture of 4s-6 Type Garlic Harvester. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2010-04. P:96-98
- Dizdaroğlu, T., ve Tan, Ş. 1995. Ege Bölgesinde Sulu ve Kuru Şartlarda II. Ürün Susam Üretimi ve Sorunları. **Anadolu Yayınevi**, 5(1): 48-73. Menemen, İzmir.
- FAO 2014. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (Erişim Tarihi:21.12.2016).
- Geng, D. 2008. Design and Study on the Horizontal Double Rollers Peanut Stripper. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2008-01.
- Güzel, E. 1986. Çukurova Bölgesinde Yerfıstığının Söküm ve Harmanlanmasının Mekanizasyonu ve Bitkinin Mekanizasyona Yönelik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. **Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Hatipoğlu, H., 2016. Siirt İkinci Ürün Koşullarında Bazı Susam (*Sesamum Indicum* L.) Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. **Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri ABD.
- Hong, S., Lee, K., Cho, Y. and Park., W., 2014. Development of Welsh Onion Harvester for Tractor. **J. of Biosystems Eng.** 39(4):290-298.
- İlisulu, K., 1973. Yağ Bitkileri ve Islahı. **Çağlayan Kitabevi**, İstanbul, 366 s.
- Jun H. J., Kim S. H., Hong J. T., Choi Y. (2005). Cutting and Conveying Characteristics for Development of Chinese Leek Harvester. **Korean Society for Agricultural Machinery**. doi: 10.5307/JBE.2005.30.4.220.
- Jiasheng, W., Shang S., 2012. Development and Experiment of Double-Row Self-Propelled Carrots Combine. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.12.007
- Klenin, N. I., Popov, I.F., Sakun, V. A., 1986. Agricultural Machines. Theory of Operation, Computation of Controlling and the Conditions of Operation. **A. A. Balkema/Rotterdam**. 650 p. ISBN10: 9061914485.
- Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. **Gordon and Breach Science Publisher**, 742 p New York.

- Ranbing, Y., Yufeng, X., Shuqi, S., Jie, L., Guoying, L., Tongzhen, S., 2009. Design and Comparative Test of Removing-Soil Device of Peanut Combine Harvester. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2009-6.
- Oplinger, E. S., Putnam, D. H., Kaminski, A. R., Hanson, C.V., Oelke, E. A., Schulte, E. E., and Doll, J. D. 1990. Sesame. Alternative Field Crops Manual. <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sesame.html>. 1997.
- Öz, M., Karasu, A., 2010. Bazı Susam (*Sesamum indicum* L.) Çeşit ve Hatlarının Bursa Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi. **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 2010, 14(2): 21-27 J.Agric. Fac. HR.U., 2010, 14(2): 21-27
- Öztürk, S., 1995. Susamın Geleneksel Yöntem, Yarı Mekanizasyon Sistemler ve Biçerdöverle Hasat Olanakları. **Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Antalya
- Sidahmed, M. M. and Jaber, N.S., 2004. The Design and Testing of a Cutter and Feeder Mechanism for the Mechanical Harvesting of Lentils. **Biosystems Engineering**, 88 (3), 295–304.
- TÜİK, 2015. <http://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Bitkisel üretim istatistikleri. (ErişimTarihi:04.01.2017).
- Uğurluay, S., 2002. Susam Bitkisinin Hasat Mekanizasyonu Olanaklarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, 51 sayfa. **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarım Makineleri ABD.
- Uğurluay, S., 2008. Çukurova Bölgesi'nde Bazı Sebzelerin Hasadında Teknik Başarıların Belirlenmesi ve Prototip Pırasa Hasat Makinesi Geliştirilmesi. Doktora Tezi, 196 sayfa. **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarım Makineleri ABD.
- Uğurluay, S., İnce A., Sessiz, A., Kayışoğlu, B., Güzel E. ve Özcan M.T., 2010. Hasat Harman Makinaları ve İlkeleri. **Nobel Kitabevi**. ISBN: 978-605-397-111-5. 316 sayfa.
- URL, 2017. http://www.tarimziraat.com/tarim_urunleri/cesit_detay/265_1724/muganli-57-susam-cesidi-ozellikleri.
- Uzun, B., 2007. Susam Tarımı ve Islahında Sorunlar ve Çözüm Yolları. **Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi**, 25-27 Haziran, Erzurum, 815-819.
- Vurarak, Y. ve Bilgili M.E., 2014. Biçerbağlarla Hasat Edilen II. Ürün Susamda Verim-Kalite ve Bazı İşletmecilik Değerlerinin Belirlenmesi. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 18 (2), 40-50.
- Yol, E., 2011. Dünya Susam Koleksiyonunun Agro-Morfolojik ve Kalite Özellikleri Bakımından Karakterizasyonu ve Genetik Çeşitliliğinin Belirlenmesi. **Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. 89 sayfa, Antalya.
- Zhichao, H., Baoliang, P., Wenqing, Y., Haiou, W., Fulai, J., Huanxiong, X., 2008. Design and Experiment on Multifunctional Root-Tuber Crops Combine. **Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery** 2008-8.
- Wei, F., Haitao, C., Za, K. 2011. Optimizing Parameters on Vibration Breakshovel of Radish Harvester. **Transactions from the Chinese Society of Agricultural Engineering**. doi:10.3969/j.issn.1002-6819.2011.11.009.
- Xiaoyan, W., Jie, L., Shuqi, S., Jingtao, J., Ranbing, Y., 2008. Design and Experiment of Half Feeding Type Peanut Picker. **Transactions from the Chinese Society of Agricultural Engineering**. doi:10.3969/j.issn.1002-6819.2008.9.018.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Osmaniye’de doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Osmaniye’de tamamladı. 2010 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Mayıs 2014’de aynı bölümden mezun oldu. Eylül 2014’de Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı.

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini Kasım 2017’de tamamladı.

