

Susam hasadı için disk bıçaklı kesim sisteminin geliştirilmesi ve kesim kalitesinin belirlenmesi

Improving disc blade cutting system for sesame harvest and determining its cutting quality

Selçuk UĞURLUAY¹ , Gamze GENÇ¹ 

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p>Article history: Recieved / Geliş: 24.11.2022 Accepted / Kabul: 16.01.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Disk bıçakla kesme Kesme kalitesi Susam sapı Hasat</p> <p>Keywords: Disc knife cutting Cutting quality Sesame stem Harvest</p> <p>✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Selçuk UĞURLUAY ugurluay@mku.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz.</p> <p>© Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</p> <p>This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p> 	<p>Susam bitkisinin hasadında kısmi mekanizasyon uygulamaları bulunmaktadır ve makasla kesme ünitesi kullanılarak tarladan uzaklaştırılmaktadır. Makaslı kesme tabanlı biçme makineleri çok sayıda parçaya sahiptir, sürekli ayar gerektirir, sık sık yağlanmalıdır ve titreşim sorunları vardır. Döner bıçaklı kesme sistemlerinin kullanılması bu olumsuz durumları ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle disk bıçakların kullanım olanaklarının belirlenmesi önemlidir. Çalışmada, susam bitkisine göre hasat yöntemlerinden kesme-biçme esasına göre çalışan disk bıçaklı bir deney düzeneği tasarlanmış ve üretilmiştir. Deney düzeneğinde farklı çaplardaki (10, 15 ve 20 mm) bitki gövdeleri kesilerek (disk bıçak çapları 150, 180 ve 210 mm) kesme kaliteleri belirlemeye çalışılmıştır. Deney düzeneğinde yer alan disk bıçaklarda farklı ağız tipleri (30°-30°, 30°-Düz, 45°-45°, 45°-Düz) kullanılmıştır. 30° ve 45° kesici kenarlı bıçak çiftleri, tüm çaplardaki gövdeleri kesmek için kesme kalitesi açısından en uygun olanlarıdır. Disk bıçaklı kesme sistemi, susam hasadında kullanılabilecek yeni bir yöntem olarak kabul edilebilir bulunmuştur.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>There are partial mechanization practices in the harvest of the sesame plant and it is removed from the field using the shear cutting unit. Shearing base mowers have many parts, require constant adjustment, need to be lubricated frequently and have vibration issues. The use of rotary blade cutting systems eliminates these negative circumstances. For this reason, it is important to determine the usage possibilities of disc blades. In the study, an experimental setup with disc blades operating on the cutting-shearing principle, which is one of the harvesting methods according to the sesame plant, was designed and produced. In the experimental setup, plant stems of different diameters (10, 15 and 20 mm) were cut (disc blade diameters 150, 180 and 210 mm) and the cutting qualities were tried to be determined. Different blade mouth types (cutting edges 30°-30°, 30°-Flat, 45°-45°, 45°-Flat) were used in the disc blades in the experimental setup. The 30° and 45° cutting edge blade pairs were best suited for cutting quality for cutting stems of all diameters. Disc blade cutting system was found acceptable as a new method that can be used in sesame harvest.</p>
Cite/Atf	Uğurluay, S., & Genç, G. (2023). Improving Disc blade cutting system for sesame harvest and determining its cutting quality. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 28 (2), 279-289. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1209159

GİRİŞ

Susam (*Sesamum indicum* L.) Personatae takımının, Pedaliaceae familyasının *Sesamum* cinsine ait önemli bir yağ bitkisidir (Arioğlu, 2007). Susam, tek yıllık otsu bir bitkidir (Baydar & Turgut, 2000). Susam, insanlığın kültüre aldığı oldukça eski, tropik ve subtropik iklim kuşağı ile uygun mikro klima bölgelerinde yetiştirilen bitkilerden biridir (Anğın & Çatalkaya, 2019).

Yaygın olarak simit, pasta, kek, çörek gibi hamur işlerinde veya şekerleme yapılarak tüketilir. Susam bitkisi tıbbi alanlarda yağ, gıda, sabun ve kozmetik sanayileri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Atakişi, 1999).

Susam yağının diğer bitkisel yağlardan farklı olmasının nedeni oksitlenmeye karşı dirençli, sesamol ve sesamin gibi ikincil metabolitleri yapısında bulundurmasıdır (Salunkhe ve ark., 1992). Bu nedenle, cipslerin yapımında susam yağı diğer bitkisel yağlara göre daha fazla tercih edilmektedir (Baydar, 2005).

Susam bitkisi, ana ürün tarımında olduğu kadar yetiştirme süresinin kısalığı nedeni ile ikinci ürün tarımında da yer almakta ve hemen her kültür bitkisi ile ekim nöbetine girebilmektedir. Bu durum susam tarımını daha cazip hale getirmektedir. Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde hububattan sonra ikinci ürün olarak ekilmektedir (Tan, 2015). 2020 yılında dünya toplam susam ekim alanı 13.9 milyon hektar ve üretimi 6.8 milyon ton olarak hesaplanmıştır. En çok susam üreten ülkeler Hindistan, Çin ve Bangladeş olarak sıralanmaktadır (FAO, 2022).

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 & Özcan, 2001).

Tarım ürünlerinin makinalı hasadı genel olarak kesme-biçme, yolma-sökme, sarsma-silkeleme veya kopartma-toplama yöntemlerini çok değişik şekillerde uygulayan hasat makineleri ile yapılmaktadır. Susam hasadında genellikle insan işgücü kullanılmasına rağmen, kısmi mekanizasyon uygulanması söz konusu olduğunda genellikle biçerbağlar orak makinesi veya üzerinde bazı değişiklikler yapılmış benzeri makineler denenmiştir (Uğurluay & Özcan, 2001; Vurarak & Bilgili, 2014). Ayrıca hasatta doğrudan biçerdöver kullanımı da denemeler arasındadır (Öztürk & Yıldız, 1995).

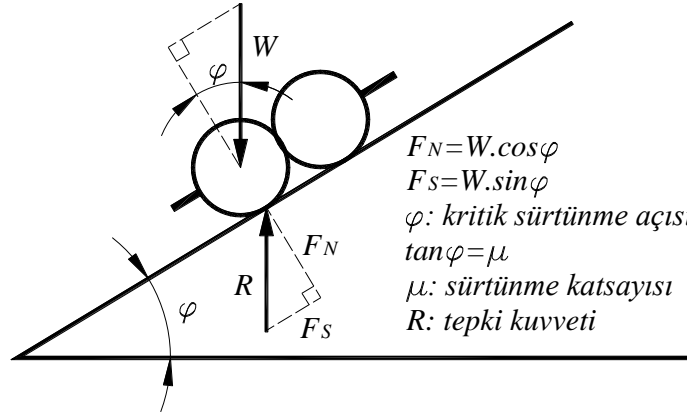
Hasatta ister biçerbağlar orak makinesi isterse biçerdöver kullanılsın, susam bitkileri makaslama kesme yapılan bir biçme ünitesi kullanılarak tarladan uzaklaştırılmaktadır. Makaslama kesme esaslı çalışan biçme ünitelerinde çok sayıda parça bulunmaktadır. Alternatif hareket yaptıkları ve yüksek atalet kuvvetleri nedeniyle makineye zarar veren titreşimler oluşur, çalışma hızları kısıtlıdır. Bazı parçalar sürekli ayar gerektirmektedir. Aşırı sürtünme kuvvetleri oluşur, sık aralıklar ile yağlanmaları lazımdır. Sorunsuz bir şekilde uzun süre çalıştırılmaları oldukça zordur (Yıldız ve ark., 2008).

Kesme ünitesinde dönerek çalışan disk bıçak kullanıldığı takdirde bu olumsuz durumların hepsinden kurtulmak mümkün olabilmektedir. Bu nedenle bitki saplarını keserek alacak olan bir hasat makinesinde, disk şeklinde bıçakların kullanım olanaklarının belirlenmesi önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu çalışmanın amacı, disk bıçaklı bir deney düzeneğinin susam bitkisi saplarının kesiminde oluşan kesme kalitelerini ve bu işe uygun olan bıçak ağız tiplerini belirleyebilmektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada; susam çeşidi olarak Muganlı-57 kullanılmıştır. Deneme materyali bitkileri Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi deneme alanlarında yetiştirilmiştir. Çalışmada ana materyal olarak kullanılan susam bitkilerinin çaplarını ölçmek için 0.05 mm hassasiyete sahip kumpas kullanılmıştır. Bitkisel materyalin nem tayini için Nüve NV 500 marka kurutma fırını kullanılmıştır. Bitkisel materyalin nem tayini için gerekli olan yaş kütle ve kuru kütleli belirlemek için Sartorius GP 3202 markalı hassas terazi kullanılmıştır. Terazinin hassasiyeti 0.01 g'dır.

Bitki sapı-bıçak malzemesi arası sürtünme katsayısı bilinmesi gereken teknik verilerden biridir. Bu verinin tespiti için üzeri bıçak malzemesi (St-37) ile kaplı bir düzlem üzerine bitki uygun bir şekilde (yuvarlanmayacak, kayacak şekilde) yerleştirilmiştir. Düzlem yavaş ve sabit bir hızla " φ " açısı yapacak şekilde kaldırılmıştır (Şekil 1). Ürün, kaldırılan eğik düzlem üzerinde belirli bir açı değerine kadar hareketsiz kalır. Bitkiyi hareket başlangıcına getiren eğim açısının tanjantı (Eşitlik 1), kritik sürtünme açısını vermektedir (Uğurluay ve ark., 2010).



Şekil 1. İki malzeme arasındaki sürtünme açısının, eğik düzlem yöntemi kullanılarak saptanması
 Figure 1. Determination of the friction angle between the two materials using the inclined plane method

Sürtünme katsayısı bulunduğundan sonra sürtünme kuvveti aşağıda yer alan denklem sayesinde hesaplanabilir (Mohsenin, 1986).

$$\tan \varphi = \frac{F_S}{F_N} \quad \text{Eq.(1)}$$

Burada;

F_S : Sürtünme kuvveti, N

F_N : Normal kuvvet, N

Bitki nem içeriğinin belirlenebilmesi için 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 görülen Eşitlik 2 kullanılarak bitki örnekleri nem oranları hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986).

$$NO = \frac{(YK - KK)}{YK} \cdot 100 \quad \text{Eq.(2)}$$

Burada;

NO : Nem Oranı (% y.b.),

YK : Yaş Kütle (g)

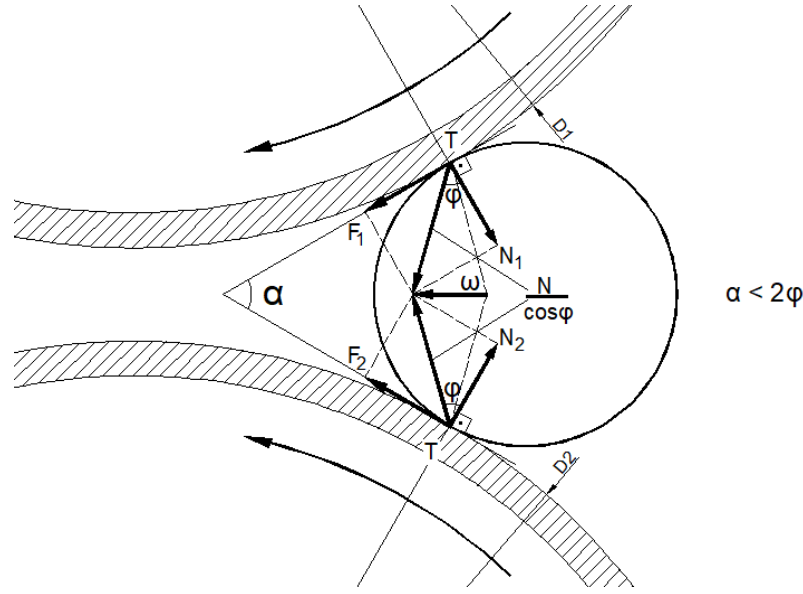
KK : Kuru Kütle (g)

Disk bıçaklı kesme deney düzeneğinin tasarım ve imalatı iki aşamadan oluşmaktadır. Susam bitkisinin fiziksel özelliklerine uygun bir kesme düzeneği bilgisayar destekli çizim ve tasarım programları kullanılarak tasarlanmıştır. Daha sonra bu düzeneğin imal edilebilmesi için gerekli malzemeler ve miktarları belirlenmiş olup, sonraki aşamada kesme düzeneği hizmet alımı yöntemi ile sanayide üretim yapan uygun bir firmaya imal ettirilmiştir.

Uğurluay & Özcan (2001) yılında yaptığı çalışmada susam hasadında biçerbağlar orak makinesi kullanmıştır. Bu tür makineler bitkileri tarladan uzaklaştırabilmek için makaslama kesme yapan kesme düzenleri kullanmaktadır. Titreşime neden olan makaslama kesme sistemi, aşırı olgunlaşmış susam bitkilerinin hasadında kapsül içindeki tohumların dökülmesine neden olabileceği için dikkatli kullanılmalıdır. Bu olumsuz durum dönerek çalışan ve serbest kesme yapan sistemlerde görülmez. Ancak, serbest kesme yapan düzenler küçük gövdeli ve otsu

özelliklere sahip bitkiler (Yem bitkileri, çim, çayır vb.) için daha uygundur. Bitki sap yoğunluğu ve nem içeriği, kesme işlemi üzerine en fazla etkisi olan iki faktördür (Bright & Kleis, 1964). Susam bitkisi sapları, özellikle de köküne yakın kısımları, odunsu bir yapıya sahiptir ve serbest kesme yapan sistemler için pek uygun değildir. Bu nedenle çalışmada karşılıklı olarak yerleştirilmiş, dönerek çalışan disk bıçaklı bir kesme sisteminin geliştirip kullanılması planlanmıştır.

Disk bıçaklar tarafından kesilmesi düşünülen bitki saplarının, bıçaklara yedirilmesi işlemi, laboratuvar ortamında çalışıldığı için elle yapılmıştır. Bıçaklar arasına gelen bitki saplarının, bıçak kenarı ve sap arasında meydana gelecek olan sürtünme kuvvetlerinin etkisi ile yakalanıp, kesilmesi beklenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Disklerin bitki sapını yakalama koşulu (Uğurluay ve ark., 2010)
Figure 2. The condition of the discs to catch the plant stem (Uğurluay et al., 2010)

Farklı hızlarda ve zıt yönlerde dönen disk bıçaklar ile yakalama işleminde, açısal hızlar ω_1 ve ω_2 ; disk çapları D_1 ve D_2 ; h kalınlığındaki bir sap üzerine etki eden düşey kuvvetler N_1 ve N_2 ; tamburlara teğet olarak etki eden sürtünme kuvvetlerinin F_1 ve F_2 olduğu varsayılırsa (Klenin ve ark., 1986); sap eksenindeki doğrultuda, bütün bu unsurlar toplandığında, dönen disklerin bitkileri yakalayabilmesi için gerekli koşulu veren eşitlik aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

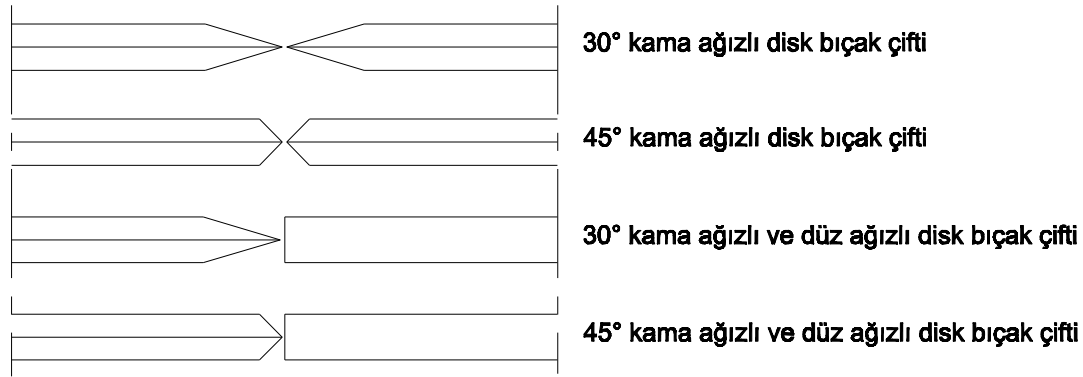
$$F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 \geq N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 \quad \text{Eq.(3)}$$

Susam bitkisi saplarının disk bıçaklar ile ilk temasa geçtiği durumlarda oluşan “ α ” açılarının değerleri, disk çaplarına ve bitki gövdesine ait gerçek boyutların bir çizim programına (AutoCAD 2007) yerleştirilmesiyle elde edilmiş ve buradan teorik yakalama koşullarına ulaşılmıştır.

Hasat olgunluğuna gelen susam bitkileri deneme alanından sökülmüş ve yan dalları kopararak temizlenmiştir. Denemeler, bitki sapları kök bölgesinin yaklaşık olarak 10 cm üzerinden laboratuvar koşullarında kesilerek gerçekleştirilmiştir. Disk bıçaklı kesme düzenin susam bitki saplarını (10 ± 1 , 15 ± 1 ve 20 ± 1 mm çaplarında) kesme denemeleri 5 tekrarlı olarak yapılmıştır. Kesim denemeleri sonrasında elde edilen veriler SPSS (v. 22.0) programında değerlendirilmiştir. Faktöriyel deneme desenine göre (2 Faktör) veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farkların belirlenmesi için Khi-kare (χ^2) analizi uygulanmıştır.

Çalışmada üç farklı ağız yapısına sahip, disk şeklinde bıçaklar kullanılmıştır. Burada amaç, en ideal kesme işini yapabilecek bıçak ağız tipini ve çapını tespit etmeye çalışmaktır. Böylece, hem maliyet düşürülmüş hem de hasat

koşullarına uygun fiziksel ölçüler sağlanmış olacaktır. Düz ağızlı disk seçimi, tek bıçakla kesmenin mümkün olup olmayacağını saptanabilmesi nedeniyle yapılmıştır. Bu bıçaklar piyasada hazır bulunmadığı için imal edilmiştir. Bıçak çiftlerine ait profil görünüşleri Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Karşılıklı yerleşmiş disk bıçak ağız tipleri

Figure 3. Opposing disc blade mouth types

Bağımlı değişken olarak, kesme kalitesi (kesme başarısı) incelenmiştir. Uygun bir kesmede, kesilecek olan materyal tam olarak ikiye ayrılır ve ayrılma yüzeyleri oldukça düzgün olmalıdır. Bitki sapları disk bıçaklar arasından geçtikten sonra sapların ikiye ayrılıp ayrılmadığı ve kesilme yüzeyinin düzgünlüğüne göre kesme kaliteleri belirlenmiştir. Kesme kalitesi 1 ile 5 arasında, 1-Çok kötü, 2-Kötü, 3-Orta, 4-İyi ve 5-Çok iyiyi temsil edecek şekilde derecelendirilmiştir (Şekil 4). “Çok iyi” kalitede kesim; sapların tamamen ikiye ayrılmış halini ve çok düzgün bir şekilde kesildiğini, “iyi” kalitede kesim; sapların ikiye ayrıldığı ancak çok düzgün kesilmediğini, “Orta” kalitede kesim; sapların tam olarak ikiye ayrılmamış ancak kopmaya yakın bir şekilde kesildiğini, “Kötü” kalitede kesim; sapların ikiye ayrılmamış ve ancak yüzde 50 civarında kesilmiş olduğunu, “Çok kötü” kalitede kesim ise sapların ikiye ayrılmamış ve ancak yüzde 20-25 civarında kesilmiş olduğu halini ifade etmektedir.



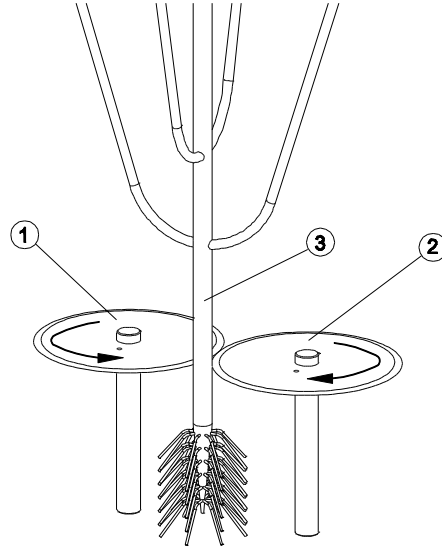
Şekil 4. Kesme kalitesi çok kötü ve çok iyi olan saplar için görüntüler
Figure 4. Images of stems with very poor and very good cutting quality

BULGULAR VE TARTIŞMA

Susam bitkisi sapları ile çelik bıçak malzemesi arasında meydana gelen sürtünme katsayısı (μ) 0.46 ± 0.02 olarak bulunmuştur. Denemeler sırasında alınan bitki örnekleri nem değeri ise $\%65 \pm 2$ olarak tespit edilmiştir.

Deneme düzeneği temel olarak, bitki saplarını kesecek şekilde karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki adet disk bıçaktan oluşmaktadır (Şekil 5). Disk bıçaklar birbirine göre ters yönde dönmeli ve farklı şartları oluşturabilmek (çaplar, ağız tipleri vb.) için kolaylıkla sökülebilir şekilde olmalıdır. Ayrıca farklı çaplara sahip disk bıçaklar yerlerine takılmak

istendiğinde, bıçak yataklarından en az birinin yatay yönde kayar şekilde hareket kabiliyeti olmalı ve yeteri kadar kaydırıldıktan sonra basit bir şekilde yeniden sabitlenebilmelidir.



Şekil 5. Sap kesme deney düzeneğinde disklerin ve bitkinin duruşu. 1-Disk bıçak, 2- Karşı disk bıçak ve 3-Bitki sapı
Figure 5. The posture of the discs and the plant in the stem cutting experiment setup. 1-Disc blade, 2- Opposite disc blade and 3-Plant stem

Farklı disk çapları ve bitki sap çapları için teorik yakalama koşulları hesaplanmış ve buna ait sonuçlar verilmiştir (Çizelge 1).

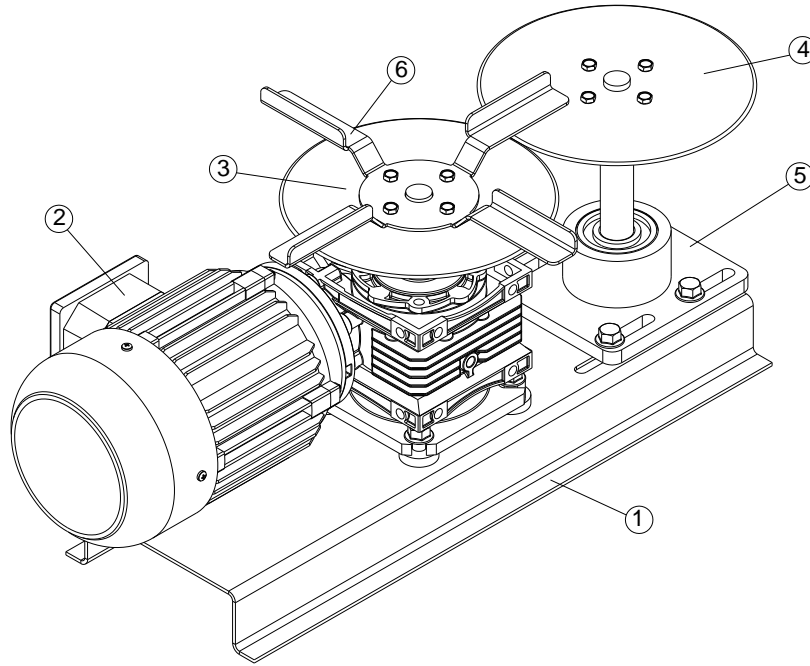
Çizelge 1. Farklı disk çapları ve bitki sap çapları için teorik yakalama koşulları

Table 1. Theoretical catching conditions for different disc diameters and plant stem diameters

	α açısı (°)	Sürtünme Katsayısı (μ)	Sürtünme Açısı (°)	Yakalama Koşulu $\tan \varphi \geq \tan \alpha$
10 mm çaplı bitki sapı için				
Disk, $\varnothing 150$	20.4			$0.92 > 0.74$
Disk, $\varnothing 180$	18.7	0.46	24.7	$0.92 > 0.67$
Disk, $\varnothing 210$	17.3			$0.92 > 0.62$
15 mm çaplı bitki sapı için				
Disk, $\varnothing 150$	24.6			$0.92 \geq 0.92$
Disk, $\varnothing 180$	22.6	0.46	24.7	$0.92 > 0.83$
Disk, $\varnothing 210$	21.0			$0.92 > 0.76$
20 mm çaplı bitki sapı için				
Disk, $\varnothing 150$	28.1			$0.92 < 1.06$
Disk, $\varnothing 180$	25.8	0.46	24.7	$0.92 < 0.97$
Disk, $\varnothing 210$	24.1			$0.92 > 0.89$

Çizelge 1'de yer alan sonuçlar incelendiğinde, deneme düzeneğine ait tasarlanan bazı büyüklüklerin, özellikle 20 mm çaplı bitki sapları için uygun olmadığı, yani bitki saplarının disk bıçaklar tarafından teorik olarak yakalanamayacağı görülmüştür.

Disk bıçaklarla bitki saplarının kesin olarak kesilmelerini sağlamak için sapları bıçaklar arasına yedirecek/itecek yardımcı bir parça (Sap yedirme aparatı) deney düzeneğine eklenmiştir. Deney düzeneğine ait izometrik bir görünüş Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Disk bıçaklı deney düzeneğine ait izometrik görüntü. 1-Kasa, 2-Elektrik motoru, 3-Disk bıçak (motora bağlı), 4-Karşı disk bıçak (avare), 5-Karşı bıçak yatağı, 6-Sap yedirme aparatı

Figure 6. Isometric view of the disc knife experimental setup. 1-Case, 2-Electric motor, 3-Disc blade (hanging on the engine), 4-Counter disc blade (idler), 5 Counter blade bearing, 6-Handle feeding apparatus

Deney düzeneğinin çalışma temelini, karşılıklı olarak yerleştirilmiş ve birbirine göre ters yönde dönerek çalışan disk bıçaklar (3 ve 4) oluşturmaktadır. Bunu sağlayabilmek için disk bıçakları çeviren millerin belirli konumlara sabitlenmesi ve birinin belirli bir hızda bir yönde, diğerinin de ters yönde döndürülmesi gerekmektedir. Disk bıçaklardan birincisi (3), redüktörlü bir elektrik motoruna (2) bağlanmıştır. Disk bıçağın dönüşü için kullanılan elektrik motoru 0.75 kW gücünde, 1440 min^{-1} devirli ve üzerlerinde R:12 redüktör bulunmaktadır. Ayrıca, elektrik motorunun devir sayısını değiştirmek için elektronik hız kontrol ünitesi kullanılmıştır. İkinci disk bıçak (4) ise serbest dönüşlü olacak şekilde yataklanmıştır. Farklı boyutlardaki disklerin kullanılabilmesi için düzenek üzerinde yer alan karşı bıçak yatağı (5), ayarlanabilir şekilde tasarlanmıştır. Şekil 7'de kesim işine ait bir görüntüye yer verilmiştir.



Şekil 7. Disk bıçaklı sistem ile kesme işine ait bir görüntü
Figure 7. An image of the cutting work with the disc blade system

Farklı bıçak düzenlemeleri sonucunda kesilen susam bitkisi saplarının kesime başarısı (kesme kalitesi) bu çalışmanın ana amacıdır. Farklı kalınlıklardaki sapların, farklı ağız yapıları disk bıçak çiftleri tarafından kesilmeleri sonrasında elde edilen kesme kalitesi değerlerinin istatistiksel sonuçları Çizelge 2’de görülmektedir.

Çizelge 2. Bıçak ağız kalite değerlendirme puanlarının oransal dağılımı (%) ve χ^2 değerleri
Table 2. Proportional distribution (%) and χ^2 values of blade quality evaluation scores

Sap Çapı (mm)	Bıçak Ağız	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	χ^2	P
10	30°-30°	6.7	13.3	13.3	46.7	20.0	21.256	0.047*
	45°-45°	0	0	20.0	46.7	33.3		
	30°-Düz	13.3	26.7	40.0	20.0	0		
	45°-Düz	26.7	13.3	33.3	20.0	6.7		
15	30°-30°	0	6.7	6.7	53.3	33.3	22.465	0.033*
	45°-45°	0	0	33.3	33.3	33.3		
	30°-Düz	0	20.0	20.0	46.7	13.3		
	45°-Düz	20	26.7	6.7	20.0	26.7		
20	30°-30°	0	6.7	26.7	40.0	26.7	23.080	0.027*
	45°-45°	13.3	20.0	20.0	20.0	26.7		
	30°-Düz	33.3	20.0	20.0	13.3	13.3		
	45°-Düz	66.7	6.7	6.7	6.7	13.3		

$P < 0.05^*$, $P < 0.01^{**}$, $P < 0.001^{***}$

Yapılan Khi-kare (χ^2) analizlerinde bıçak ağız, tüm sap çaplarında kesme kalitesini istatistiki olarak anlamlı bir şekilde ($P < 0.05$) etkilemiştir (Çizelge 2). 10 mm sap çapında 30°-30° ve 45°-45° bıçak ağızları kesme kalitesinin daha iyi olduğunu söylemek mümkündür. 15 mm sap çapında 30°-30°, 45°-45° ve 30°-Düz bıçak ağızlarının kesme kaliteleri 45°-Düz bıçak ağızından daha iyi olmuştur. Ancak, bu sap çapında 30°-30° bıçak ağızı %86.6 oranında iyi ve çok iyi kesme kalitesi puanı olarak belirgin bir şekilde farklılık göstermiştir. 20 mm sap çapında 30°-30° bıçak ağızı

kesme kalitesinin diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sap çapında 45°-Düz bıçak ağzının kesme kalitesi belirgin bir şekilde çok kötü olmuştur (%67.7). Yapılan istatistiki analizler sonucunda tüm sap çaplarında kesme kalitesi ortalamasının üzerinde olan 30°-30° bıçak ağzının, susam hasadında kullanılması önerilmektedir. Disk çaplarının kesme kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için çap gruplarında ayrı ayrı khi-kare (χ^2) analizleri yapılmıştır. 10 mm ve 15 mm sap çaplarında disk çaplarının kesme kalitesi üzerindeki etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0.05$). Ancak, 20 mm sap çapında disk çapları kesme kalitesini anlamlı bir şekilde ($P<0.001$) etkilemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Disk çapı kalite değerlendirme puanlarının oransal dağılımı (%) ve χ^2 değerleri

Table 3. Proportional distribution (%) and χ^2 values of disc diameter quality evaluation scores

Sap Çapı (mm)	Disk Çapı (mm)	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi	χ^2	P
10	150	20	10	15	30	25	7.972	0.436 ^{ns}
	180	10	10	30	40	10		
	210	5	20	40	25	10		
15	150	15	10	25	20	30	13.992	0.082 ^{ns}
	180	0	25	10	40	25		
	210	0	5	15	55	25		
20	150	60	5	15	15	5	26.437	0.001 ^{***}
	180	25	10	10	15	40		
	210	0	25	30	30	15		

$P<0.05^*$, $P<0.01^{**}$, $P<0.001^{***}$

10 mm sap çapı grubunda kalite değerlendirmesinde orta ve üzeri kalite puanları ortalama %75.0 oranında olmuştur. Bu değer 15 mm sap çapında %81.7'dir. Bu iki sap çapında da disk çapından bağımsız olarak kesme kalitesinin ortalamasının üzerinde ve iyi olduğunu söylemek mümkündür. Disk çapının kesme kalitesi üzerinde anlamlı etkisinin olduğu 20 mm sap çapında, 150 mm disk çapının kesme kalitesinin çok kötü (%60.0), 180 mm disk çapının kesme kalitesinin nispeten daha iyi olduğunu söylemek mümkündür (Çok iyi %40).

Yapılan çalışmaların bir kısmı sadece dal kesme dirençlerinin tespit edilmesine yönelik olmuştur (Özcan & İlbuğa, 1998; Polat, 2002; Sessiz ve ark., 2018). Kocabıyık & Kayışoğlu (2004) ve İnce ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmalarda ayçiçeği saplarının kesilmesi için gereken kesme kuvvetleri ve maksimum kesme gerilme değerleri belirlenmiştir. Çalışmalarında farklı nem içerikleri veya bitki sapının farklı bölgelerinde kesme denemeleri yapmışlar ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bitki nem içeriği arttıkça kesme gerilmesinin ve özel kesme enerjisinin arttığı, sapın alt bölgesinde hem kesme stresi hem de özgül kesme enerjisi daha yüksek bulunmuştur.

Benzer bir çalışma Amirian ve ark. (2017) tarafından, nohut sapının bazı fiziksel ve kesme özellikleri üzerindeki nem miktarının ve sap kısmının etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Bitki sapının fiziksel özelliklerinin değerleri artan nem miktarı ile beraber artmıştır. Değerleri ayrıca sapın alt bölgesine doğru da artmıştır.

Yine benzer bir çalışma Kamandar & Jafar (2017) tarafından şimşir sapının farklı boğumlarında kesme mukavemetini, kesme kuvvetini, kesme enerji gereksinimini ölçmek için dört farklı yükleme hızında yapılmıştır. Hem yükleme hızlarında hem de boğumlar arasında sonuçlar arasında istatistiksel farklar bulunmuştur.

Bu çalışmada ise özelde susam bitkisinin, genelde benzer ürünlerin, hasadında kullanılması muhtemel bir hasat başlığı için diskli kesme sistemi tasarlanmış, imal edilmiş ve iki parametrede (disk bıçak çapı ve disk ağız açısı) denenmiştir. Susam sapının kesilmesine yönelik önceden yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kesme ve budama ile ilgili daha önceki çalışmaların hepsinde kesme kuvvetleri, gerilmeleri vb. makaslama kesme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Disk bıçaklı kesme sisteminde bıçakların bağlı olduğu millerde esneme olabileceğinden, bazı sapların kesilmeleri tam olarak gerçekleşmemiştir. Ancak yine de 10 mm sap çapı için orta ve üzeri, 15 mm sap çapı için orta ve üzeri ve 20 mm sap çapı için orta ve üzeri kalitede kesimler gerçekleşmiştir. Ugurluay & Cardak (2020) yolma esaslı çalışan bir susam hasat başlığı üzerinde çalışmış, bitkinin doğrudan sökülmesinin güç olduğunu, bitki kök bölgesi gevşetilmeden veya bitki sapı alt kısımdan kesilmeden bitkilerin toplanmasının çok zor olduğunu belirtmiştir. Bitki sapları disk bıçaklar ile kesildiğinde, orta kalitede bir kesme gerçekleşse bile, kopma mukavemeti yeteri kadar zayıflatılmış olacaktır. Bu durumda, yolma prensibi ile çalışan bir hasat başlığı bitki sapını rahatlıkla koparıp, alabilecektir. Bu kesme sisteminin sıraya ekilmiş susam ve benzeri bitkilerin hasadında kullanımı rahatlıkla önerilebilir.

Sonuç olarak, özellikle biçme esaslı çalışan hasat makinelerinde yaygın olarak kullanılan makaslama kesme sistemleri, alternatif hareket yapma zorunluluğu, çok sayıda parça, fazladan sürtünme kuvvetleri vb. nedeniyle sorunludur. Bu çalışmada, böylesi sorunları bulunmayan ve döner hareketli kesme sistemleri içerisinde yer alan disk bıçaklı kesme sisteminin, susam bitkisi hasadına uygunluğu araştırılmıştır. Farklı kesme koşullarında (bıçak ağız açısı, ağız tipi ve disk çapı) çalıştırılabilecek bir deney düzeneği tasarlanmış ve kesme kalitesi bakımından denenmiştir.

- Disk bıçaklı kesme sistemi, susam bitkisi hasadı için kullanılacak bir makinenin toplayıcı başlığında kullanılabilir.
- Ayrıca yetiştirilmesi ve hasadı benzer biçimde olan diğer bitkilerin hasatlarında da kullanımı önerilebilir.

TEŞEKKÜR

Disk bıçaklı deneme düzeninin imalatında yardımcı olan Kavak Makine A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. Bu çalışma ikinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden türetilmiştir.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Amirian, F., Shahbazi, F., & Garavand, A.T. (2017). Effects of moisture content and level in the crop on the shearing properties of chickpea stem. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19 (4), 187-192.
- Anğın, N., & Çatalkaya, V. (2019). Çukurova koşullarında 2. ürün susamın farklı gelişim dönemlerinde yapılan sulamaların verim ve yağ kalitesine etkileri . *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* , Cilt 24 Özel Sayı: 1st Int. Congress on Biosystems Engineering 2019, 112-119. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd/issue/51091/660027>
- Arıoğlu, H. (2007). *Yağ Bitkilerinin Yetiştirilmesi ve Islahı*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana/Türkiye, s: 142.
- Atakışi, İ.K. (1999). *Yağ Bitkilerinin Yetiştirilmesi ve Islahı*. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi. Yayın No: 148. Ders Kitabı, No: 10.

- Baydar, H., & Turgut, İ. (2000). Susam (*Sesamum indicum* L.) genetiği ve ıslahı üzerine araştırmalar I. bitki türünü belirleyen özelliklerin kalıtımı. *Turkish Journal of Biology*, 24 (3), 503-512.
- Baydar, H. (2005). Breeding for the Improvement of the ideal plant type of sesame. *Plant Breeding*, 124, 263-267.
- Bright, R.E., & Kleis, R.W. (1994). Mass Shear Strength of Haylage. *Transactions of the ASAE*, 7 (2), 100-101.
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. Retrieved in February, 15, 2019 from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- İnce, A., Uğurluay, S., Güzel, E., & Özcan, M.T. (2005). Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue. *Biyosistems Engineering*, 92 (2), 175-181
- Kamandar, M.R., & Jafar, M. (2017). Sensor based definition of buxus stem shearing behavior in impact cutting process. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19 (4), 29-35.
- 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.
- Kocabıyık, H., & Kayışoğlu, B. (2004). Ayçiçeği Sapının Kesme Özelliklerinin Belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 10 (3), 263-267.
- Mohsenin, N.N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers Inc., pp:78-97, NY.
- Özcan, M.T., & İlbuğa, M. (1998). Narenciye bahçelerinde budama çalışmaları-Bölüm I. 18. *Ulusal Tarım Makinaları Kongresi Bildirileri*, s: 56, Tekirdağ, Türkiye.
- Öztürk, S., & Yıldız, O. (1995). Susam tarımında farklı mekanizasyon uygulamalarının enerji maliyetine etkileri. 16. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 5-7 Eylül, s:120-127, Bursa.
- Polat, R. (2002). Antepfıstığında dal kesme dirençlerinin ve budamada iş başarılarının saptanması. *Journal of Agricultural Sciences*, 8 (1), 22-27.
- Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.D., & Kadam, S.S. (1992). Sesame. In: *World Oilseeds*, Van Nostrand Reinhold, pp. 371-402, New York.
- Sessiz, A., Güzel, E., & Bayhan, Y. (2018). Bazı yerli ve yabancı üzüm çeşitlerinde sürgünlerin kesme kuvveti ve enerjisinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 5 (4), 414-423.
- Tan, A.Ş. (2015). Susam Tarımı. Türkiye Cumhuriyeti Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Yayın Numarası: 135. Menemen, İzmir.
- Uğurluay, S., & Özcan, M.T. (2001). Susam (*Sesamum indicum* L.) bitkisinin hasat mekanizasyonu olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. 20. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 13-15 Eylül, s:233-238, Şanlıurfa/Türkiye.
- Uğurluay, S., Özcan, M.T., Güzel, E., & İnce, A. (2009). Design and manufacture of prototype leek harvesting machine. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5 (1), 109-114, ISSN: 1306-0007.
- Uğurluay, S., İnce, A., Sessiz, A., Kayışoğlu, B., Güzel, E., & Özcan, M.T. (2010). *Hasat Harman Makinaları ve İlkeleri*. Nobel Kitabevi. 316 s, ISBN:978-605-397-111-5.
- Uğurluay, S., & Cardak, G. (2020). Development and analysis of a belt picking system for sesame (*Sesamum indicum* L.) harvesting. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 26, 349-356. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.555869>
- Vurarak, Y., & Bilgili, M.E. (2014). Biçerbağlarla hasat edilen II. ürün susamda verim-kalite ve bazı işletmecilik değerlerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 38-48.
- Yıldız, Y., Karaca, C., & Dağtekin, M. (2008). *Hayvancılıkta Mekanizasyon*. Hasad Yayıncılık. ISBN:978-975-8377-68-8.