

ISSN 1306-0007
e-ISSN 2651-4230

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ
(Journal of Agricultural Machinery Science)

2018 CİLT (VOLUME) 14 SAYI (NUMBER) 2

Sahibi (President)
Tarım Makinaları Derneği Adına (On Behalf of Agricultural Machinery Association)
Prof. Dr. Harun YALÇIN

EDİTÖRLER KURULU (Editorial Board)	
Prof. Dr. Harun YALÇIN	Prof. Dr. Kamil EKİNCİ
Prof. Dr. Vedat DEMİR	Prof. Dr. Abdullah SESSİZ
Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK	Prof. Dr. Ahmet ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YÜRDEM	Doç. Dr. Selçuk ARSLAN
Doç. Dr. Hüseyin GÜLER	Doç. Dr. Yeşim BENAL ÖZTEKİN
Doç. Dr. Tuncay GÜNHAN	

Bilimsel Danışma Kurulu (Scientific Advisory Board)	
Prof. Dr. İbrahim ÇİLİNGİR, <i>Ankara Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Ali AYBEK, <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Erdem AYKAS, <i>Ege Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Kazım ÇARMAN, <i>Selçuk Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Ali BAYAT, <i>Çukurova Üniversitesi</i>	Prof. Dr. M. Arif BEYHAN, <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN, <i>Adnan Menderes Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Recep KÜLCÜ, <i>Isparta Uyg. Bilimler Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM, <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Mehmet TOPAKÇI, <i>Akdeniz Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Habip KOCABIYIK, <i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.</i>	Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM, <i>Harran Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Abdullah SESSİZ, <i>Dicle Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR, <i>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Ö. Faruk TAŞER, <i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>	Prof. Dr. Muharrem KESKİN, <i>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Halil ÜNAL, <i>Uludağ Üniversitesi</i>	Dr. Öğr. Üyesi Tanzer ERYILMAZ, <i>Yozgat Bozok Üniversitesi</i>

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir bölümü, yayıncının izni
olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior
permission of the publisher.)

Yazışma Adresi

(Correspondence Address)

Tarım Makinaları Derneği
1462. Sok. No:33 Alsancak – İzmir / Türkiye
tarmak@mail.ege.edu.tr
<http://www.tarmakder.org.tr>
Tel / Faks: +90.232.342 76 42

2018 CİLT 14, SAYI 2 Bilimsel Hakemleri
(2018 VOLUME 14, NUMBER 2 Scientific Referees)

Ahmet ÇELİK	Atatürk Üniversitesi
Ahmet Konuralp ELİÇİN	Dicle Üniversitesi
Ahmet KÜRKLÜ	Akdeniz Üniversitesi
Arda AYDIN	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Birol KAYIŞOĞLU	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Caner KOÇ	Ankara Üniversitesi
Ferhat KURTULMUŞ	Uludağ Üniversitesi
Fulya TAN	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Gürkan Alp Kağan GÜRDİL	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Halil ÜNAL	Uludağ Üniversitesi
Hamdi BİLGİN	Ege Üniversitesi
İlknur ALİBAŞ	Uludağ Üniversitesi
İlknur DURSUN	Ankara Üniversitesi
İsmail KAVDIR	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Kubilay Kazım VURSAVUŞ	Çukurova Üniversitesi
Mehmet Fırat BARAN	Adıyaman Üniversitesi
Osman GÖKDOĞAN	Akdeniz Üniversitesi
Yücel TEKİN	Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Yücel ERKMEN	Atatürk Üniversitesi
Zeliha Bereket BARUT	Çukurova Üniversitesi

Tarandığı İndeksler / Indexing

Google Scholar

İçindekiler (Contents)

Zeytin Budama Artıklarının Peletleme ile Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Olive Pruning Residues via Pelleting</i> Abdülkadir KOÇER, Ahmet KÜRKLÜ	67-72
Farklı Parçacık Boyutlarındaki Kivi Budama Artıklarından Elde Edilen Briketlerin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması <i>Comparison of Fuel Properties of Briquettes Obtained from Different Particle Sizes Kiwi Pruning Residues</i> Mahmut DOK, Mustafa ACAR, Ayşegül E. ÇELİK, Gülhan ATAGÜN, Ufuk AKBAŞ	73-78
Türkiye’de Traktör Parkı Yenilenme Oranları ve Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi <i>Determining of the Tractor Renewing Rates and Agricultural Machanization Level in Turkey</i> Seçil YILMAZ, Sarp Korkut SÜMER	79-87
Hayvanların Sağlığını, Refahını ve Üretimini Değerlendirmek için Temassız ve Tahribatsız Bir Araç Olarak Kızılötesi Termografi <i>A Novel Technique to Assess the Animal Health, Welfare and Production; Infrared Thermography as a Non-Invasive and Non-Intrusive Tool</i> Arda AYDIN, Cihan DEMİR	89-98
Farklı Gömücü Ayak ve Tohum Borusu Tasarımları ile Tahıl Ekim Makinalarının Tohum Dağılımının İyileştirilmesi <i>Furrow Opener and Seed Tube Designs to Improve Seed Distribution Uniformity of Seed Drills</i> Davut KARAYEL, Ali AKTAŞ	99-103
Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri <i>The Effects of Different Wavelength LED Lights on the Development of Green Leafy Plants</i> Nuri ÇAĞLAYAN, Can ERTEKİN	105-114
Süt Sağım Makinalarında Kullanılan Kauçuk Tip Meme Lastiklerinin Farklı Sağım Ömürlerinde Fiziksel Özellikleri ve Sağım Performansına Etkisi <i>Effects of Different Milking Ages on Physical Characteristic and Milking Performance in of Rubber Type Teatcup Liners Used in Milking Machines</i> Pelin FİDAN, Halil ÜNAL	115-126
Kendi Yürür Bir Budama Artığı Parçalama Makinası İşletme Giderlerinin Belirlenmesi <i>Determination of the Management Costs for Self-Propelled Pruning Residue Shredder</i> Murad ÇANAKCI, Mehmet TOPAKCI, Davut KARAYEL, İlker ÜNAL, Mehmet ÇAKIR, Mete YİĞİT, Emre ÖZDEMİR	127-134
Bazı Tohumların İki Farklı Yöntemle Esneklik Katsayılarının Belirlenmesi ve Karşılaştırılması <i>Determination and Comparison of the Coefficient of Restitution of Some Seeds Using Two Different Methods</i> Türker SARAÇOĞLU, Gizem Nur ŞENGÜN	135-142

Zeytin Budama Artıklarının Peletleme ile Değerlendirilmesi

Abdülkadir KOÇER^{1*}, Ahmet KÜRKLÜ²

¹Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Antalya

*Sorumlu yazar e-posta: akocer@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 12.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Türkiye’de zeytin bahçelerinden her yıl önemli miktarlarda budama artığı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, zeytin bahçelerinden budama işlemleri sonucu ortaya çıkan biyokütle artıkları, iki farklı nem (%11 ve %15) ve üç farklı parçacık boyutunda (2,4 ve 6 mm) peletlenmiştir. Araştırmada peletleme parametrelerinin belirlenmesi kapsamında pelet yığın yoğunluğu, pelet parça yoğunluğu, mekanik dayanıklılık direnci, basınç direnci, gerilme direnci ve nem alma direnci gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca peletleme makinesinin üretim kapasitesi hesaplanmış ve elektrik tüketimi ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, nem içeriğine bağlı olarak üretim kapasitesi 60 ile 83 kg/h arasında değişmiştir. Yığın yoğunluğu ve parça yoğunluğu ise sırasıyla, 521 ile 684 kg/m³ ve 981 ile 1232 kg/m³ arasında değişmiştir. Pelet nem içeriğinin artmasıyla, pelet yoğunlukları düşmüştür.

Anahtar kelimeler: Pelet, Zeytin budama artıkları, biyokütle

Evaluation of Olive Pruning Residues via Pelletting

Abstract: Every year important amounts of pruning residue occur from olive tree gardens in Turkey. The assessment of the resulting residues will contribute greatly to the country's economy. In the study, olive pruning biomass residues were pelleted in a pelleting machine. Different moisture contents (11% and 15%) and three different particle sizes (2, 4 and 6 mm) were used in the experiment. The physical properties of pellets such as bulk density, particle density, durability resistance were determined. Also, average product capacity of pelleting machine and its energy consumption values were measured. At the end of the study, depending on the moisture content average pellet production capacity of the pelleting machine was as found 60-83 kg/h. The bulk density and particle density of pellets were between 521-684 kg/m³ and 981-1232 kg/m³, respectively. Pellet densities were decreased with increasing moisture content.

Key words: Pellet, olive pruning residues, biomass

GİRİŞ

Türkiye, nüfusu yıldan yıla artan ve hızla gelişmekte olan bir ülkedir. Nüfus artışı ve gelişmişliğe bağlı olarak enerji tüketimi hızla artarken, enerji üretimi yıllardır sabit kalmıştır. Bu nedenle enerji üretimi tüketimi karşılayamamakta ve enerji açığı her geçen yıl artarak devam etmektedir. Birincil enerji tüketimi 2015 yılında 129.7 MTEP olarak gerçekleşerek 2005 yılından 2015 yılına kadar %46 oranında artış göstermiştir. Birincil enerji arzında ithal enerji kaynaklarının oranı 2015 yılında %75.9 olarak gerçekleşmiştir (ETKB 2017).

Meyve bahçelerinde budama işlemleri sonucu her yıl büyük miktarlarda biyokütle materyali ortaya çıkmaktadır. Bu artıkların bir kısmı evlerde yakacak olarak, bir kısmı parçalama makinaları yardımı ile

parçalanarak toprağa karıştırılmakta ve büyük bir kısmı ise herhangi bir şekilde değerlendirilmeden yakılarak yok edilmektedir.

Meyve bahçelerinden çıkan budama artıkları çevresel kirlilik oluşturmalarının yanında, üretim alanlarında çalışma koşullarını da zorlaştırmaktadır. Ayrıca artıkların herhangi bir şekilde değerlendirilmeyip yok edilmesi ekonomik bir kayıp oluşturmaktadır.

Tarımsal artıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip materyallerdir. Bu nedenle enerji eldesi için bu artıkların doğrudan yakılması çok etkin olmamakta (çok fazla kirlenici emisyon ve partikül atmosfere salınmakta), depolama ve taşıma işlemlerinde problemler ortaya çıkmakta, taşıma ve depolama maliyetleri artmaktadır.

Pelet, hayvan yemine benzeyen, küçük, silindirik bir forma sahiptir. Biyokütle peletleri genellikle 6-12 mm çapında ve 10-30 mm uzunluğundadır. Biyokütle materyalinin basınç altında daha küçük boyutlara (yaklaşık 30 mm) getirilmesine peletleme denilmektedir (Öztürk 2012).

Peletlerin son kullanıcıya gelinceye kadar dayanıklı kalması oldukça önemlidir. Yüksek dayanıklılığa sahip peletler özellikle nakliyede, taşınmada ve depolama avantajlar sağlamaktadır (Lehtikangas 2001). Pelet dayanıklılığı değerlerinin %80 ve yukarı olması yüksek kaliteli, %70-80 arasında olması orta kaliteli ve %70'in altında olması durumunda ise düşük kaliteli olarak değerlendirilmektedir (Tabil and Sokhansanj 1996, Tabil and Sokhansanj 1997).

Garsia-Maraver et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada; zeytin ağacı dalları ve yaprakları ayrı ayrı ticari ölçekli pelet makinesi kullanılarak peletlenmiş ve pelet fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda, zeytin ağacı dallarından elde edilen peletlerin yığın yoğunluğu 582 kg/m³, parça yoğunluğu 1259 kg/m³ elde edilirken, yapraklardan elde edilen peletlerin ise sırası ile 481 kg/m³, 1083 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Zamorano et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada; zeytin ağacı, zeytin ağacı yaprakları, badem ağacı, kavak ve meşe ağacı budama atıkları peletlenmiştir. Çalışmada 6-8 mm aralığında öğütülmüş materyaller kullanılmış ve 8 mm çapında peletler üretilmiştir. Zeytin ağacı yapraklarından yapılan peletlerin düşük kaliteli oldukları, diğer peletlerin ise birbirine yakın kalitede oldukları belirlenmiştir. Yüksek nem içeriği, düşük pelet yoğunluğu ve pelet uzunluklarının kısa olması peletlerin basınç dirençlerini düşürmüştür.

Bu çalışmada zeytin budama artıklarının kurutulup öğütüldükten sonra düz kalıp dairesel sıralı delikli bir peletleme makinesinde peletlenmesi ve pelet kalitesi ile ilgili yığın ve parça yoğunluğu, mekanik dayanıklılık direnci, basınç direnci ve nem alma durumu gibi fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca peletleme makinesinin pelet üretim kapasitesi ve elektrik tüketimi belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Zeytin budama artıklarının peletleme çalışmaları Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü atölyesinde yürütülmüştür.

Zeytin budama artıkları toplandıklarında nem içerikleri %30-40 civarındadır. Bu yüzden hem kuruma süresini kısaltmak hem de çekiçli değirmende öğütme işlemlerini kolaylaştırmak için traktör kuyruk milinden hareket alan dal parçalama makinesi ile materyallere ön parçalama işlemi uygulanmıştır. Parçalanan

materyaller sert bir zemin üzerinde açık havada kurutulmuştur.

Kurutulmuş materyallerin peletleme işlemi için uygun parçacık boyutlarına getirilmesinde traktör kuyruk milinden hareket alan çekiçli değirmen kullanılmıştır. Materyaller 2,4 ve 6 mm olmak üzere 3 farklı elek çapında öğütülmüştür.

Peletleme işleminden önce materyal nem içerikleri belirlenerek, gerektiğinde materyallerin nem içeriğini arttırmak için su ile nemlendirme işlemi yapılmış ve nemlendirme işlemi sonucu materyal içerisinde nem dengesinin sağlanması için materyaller hava almayacak şekilde 7 gün boyunca kapalı plastik ambalaj poşeti içerisinde bekletilmiştir. Peletleme işlemlerinde %11 ve 15 olmak üzere iki farklı nem içeriği belirlenmiştir.

Materyallerin parçacık boyut dağılımlarının belirlenmesinde 200 mm çapında, 50 mm derinliğinde 0.125-3.0 mm elek açıklığına sahip 7 elek ve elek sarsma cihazından oluşan elek analiz seti kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Elek Analiz Seti

Materyaller, elektrik enerjisi ile çalışan, üç fazlı, peletleme ünitesi motor gücü 7.5 kW, kapasitesi materyal çeşidine bağlı olarak 70-100 kg/h, düz kalıp dairesel sıralı delikli, kalıp çıkış delik çapı 6 mm, pelet boyu 10-40 mm arasında ayarlanabilen peletleme makinesi kullanılarak peletlenmiştir (Şekil 2). Peletleme denemelerinde kullanılan materyallerin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Peletleme Makinesi

Peletleme makinesinin kapasitesi, makine rejime girdikten (peletler çıkmaya başladıktan sonra) belirli bir süre için peletleme makinesinden çıkan peletler bir kaptan toplanmış ve daha sonra elde edilen peletler tartılmıştır. Üretim kapasitesi, pelet ağırlığının peletleme için geçen süreye bölünmesi ile kg/h olarak belirlenmiştir.

Pelet kalitesinin belirlenmesi kapsamında pelet yığın yoğunluğu, pelet parça yoğunluğu, mekanik dayanıklılık direnci, basınç direnci, gerilme direnci ve nem alma direnci gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. Materyallerin Bazı Fiziksel Özellikleri

	2 mm	4 mm	6 mm
Nem içeriği (%)	6.75	7.69	7.94
Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	370	377	372
Geometrik ortalama çap (mm)	1.178	1.432	1.529

Peletlerin yığın yoğunluğu EN 15103 (2009) standardına göre belirlenmiştir. Bu yöntemde pelet örnekleri 5 l hacme sahip silindirik kap içerisine yaklaşık 200-300 mm yükseklikten tam olarak doldurulup kap 3 kez yaklaşık olarak 150 mm yükseklikten serbest olarak ahşap zemin üzerine bırakılmıştır. Daha sonra, düz ve uzun bir ahşap malzeme ile kabın üst kısmındaki fazla pelet örnekleri kap dışına taşınmıştır. Pelet yığın yoğunluğu pelet kütesinin kabın hacmine oranlanması ile kg/m³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Pelet Yığın Yoğunluğu Belirleme Kabı

Peletlerin parça yoğunlukları EN 16127 (2012) standardına göre belirlenmiştir. Bu yöntemde 80-100 g kütleyle sahip pelet örnekleri (yaklaşık 100 adet) alınarak her bir peletin çapı, uzunluğu ve kütlesi ölçülerek kaydedilmiştir. Pelet parça yoğunluğu kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Peletlerin mekanik dayanıklılık dirençlerinin belirlenmesinde EN 15210-1 (2009) standardına göre üretilmiş bir mekanik dayanıklılık test cihazı kullanılmıştır (Şekil 4). Bu cihazın motor gücü 0.37 kW, motor redüktör devri 50/min, peletlerin yerleştirileceği kafes ölçüleri 300x300x125 mm ve kafes iç merkezine çapraz olarak yerleştirilen 50 mm eninde, 230 mm uzunluğunda bir levha (baffle) bulunmaktadır.



Şekil 4. Pelet Mekanik Dayanıklılık Test Cihazı

Yoğunlaştırılmış ürünlerin sertliği çoğunlukla basınç direnci (sıkıştırma direnci) testi yoluyla belirlenmektedir. Bu testte, pelet örnekleri içerisinden rastgele seçilen 30 adet pelet kullanılmıştır. Uygulanan sıkıştırma yükleri bilgisayara aktarılmıştır. Peletlerin basınç direnci N, peletlerin özgül basınç direnci ise basınç direncinin pelet uzunluğuna oranlanması yoluyla N/mm olarak hesaplanmıştır.

Peletlerin nem alma dirençleri pelet ağırlığındaki değişim yoluyla belirlenmiştir Liu et al. (2013). Bu testte rastgele seçilen 5 pelet kurutma fırınında 105 ± 2 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 h) bekletilmiş, kurutma sonrası peletler tartılarak ilk ağırlıkları kaydedilmiştir. Peletler daha sonra 27 °C sıcaklık ve %90 nem içeriğine sahip iklimlendirme kabininde 24 h süreyle bekletilmiştir. Test sonunda peletler iklimlendirme kabininden alındıktan sonra tekrar tartılmış ve peletlerin son ağırlıkları kaydedilmiştir. Peletlerin nem alma dirençleri yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Öğütülmüş zeytin budama artıklarının elek analizi sonucu parçacık boyutu dağılımında 0-1 mm boyutlarındaki materyal yüzdesi; 2 mm için % 83.28, 4 mm için % 63.94 ve 6 mm için % 27.18'dir.

2 farklı nem içeriği ve 3 farklı parçacık boyutunda toplam 6 çeşit peletleme işlemi yapılmıştır (Şekil 5). Peletleme işlemi bittikten sonra kalıp sıcaklığı ölçülmüş ve materyal parçacık boyutuna ve nem içeriğine bağlı olarak kalıp sıcaklığının yaklaşık 107-128 °C değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 5. Üretilen Zeytin Peletleri

Peletleme denemelerinde zeytin budama atıklarının, bütün parçacık boyutu ve nem içeriklerinde kolay peletlendiği gözlemlenmiştir.

Zeytin budama artıklarından elde edilen peletler için üretim kapasitesi incelendiğinde nem içeriği arttıkça üretim kapasitesi artmıştır. En yüksek kapasite 83 kg/h ile %15 materyal nem içeriğine ve 4 mm parçacık boyutuna sahip peletlerde, en düşük üretim kapasitesi ise 60 kg/h ile %11 materyal nem içeriğine ve 2 mm parçacık boyutuna sahip peletlerde elde edilmiştir.

Enerji tüketim değerlerine bakıldığında ise materyal parçacık boyutuna ve nem içeriğine bağlı olarak peletleme makinesinin enerji tüketim değeri 7.49 ile 7.92 kWh arasında değişmiştir. Özgül enerji tüketim değerleri ise üretim kapasitesine bağlı olarak 95.48 ile 131.18 kWh/t arasında değişmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Üretim Kapasiteleri ve Özgül Enerji Tüketimleri

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	Üretim kapasitesi (kg/h)	Özgül enerji tüketimi (kWh/t)
2	11	60	131.18
2	15	76	98.52
4	11	63	124.08
4	15	83	95.48
6	11	67	117.61
6	15	75	100.61

Peletlerin peletleme makinesinden çıkış nemleri (1. gün) ve 7. gün sonu nem içerikleri Çizelge 3'de

verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tüm materyallerin peletleme işlemi sırasında sürtünmelere bağlı olarak oluşan sıcaklık yükselmesi nem kayıplarına neden olmuştur. Peletleme işlemi sonunda hızlı bir şekilde nem içeriği düşmüştür.

Çizelge 3. Peletlerin 1. ve 7. Gün Sonunda Yaş Bazdaki Nem İçerikleri

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	1. gün (%)	7. gün (%)
2	11	5.38	6.20 ↑
2	15	10.13	9.50 ↓
4	11	5.88	6.68 ↑
4	15	10.93	8.72 ↓
6	11	5.16	5.14 ↓
6	15	9.75	8.78 ↓

Literatürde materyal nem içeriğinin pelet parça yoğunluğu ve pelet yığın yoğunluğuna önemli derecede etkilediği belirtilmiştir (Colley 2006; Mani et al. 2006; Liu et al. 2014). Larsson ve Rudolffson (2012) farklı nem içeriklerine sahip biyokütle materyallerinden ürettikleri peletlerde en yüksek pelet yığın yoğunluğuna en düşük materyal nem içeriğinde ulaşılmıştır.

Zeytin budama artıklarından elde edilen peletler için yığın ve parça yoğunluğu incelendiğinde nem içeriği arttıkça yığın ve parça yoğunluğu azalmış, en yüksek yığın ve parça yoğunluğu sırasıyla 683.60 kg/m³ ve 1232.30 kg/m³, en düşük yığın ve parça yoğunluğu ise sırasıyla 520.73 kg/m³ ve 980.70 kg/m³ olarak tespit edilmiştir. Peletlerin yığın ve parça yoğunlukları, materyal nem içeriğine bağlı olarak materyal yoğunluğunun sırasıyla 2.1 ve 3.9 katı olduğu tespit edilmiştir. Üretilen peletlerin yığın ve parça yoğunlukları Çizelge 4'de verilmiştir.

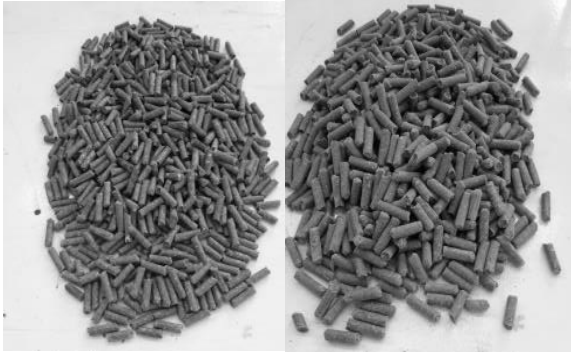
Çizelge 4. Peletlerin Yığın ve Parça Yoğunlukları

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	Parça yoğunluğu (kg/m ³)
2	11	683.60	1232.30
2	15	568.44	1059.60
4	11	627.11	1222.88
4	15	520.73	980.70
6	11	683.03	1159.62
6	15	538.08	998.54

Mekanik dayanıklılık direnci, peletlerin özellikle mekanik veya pnömatis sistemlerle taşınma özelliklerinin tanımlanması açısından önemlidir. İmalat sanayisinde

mekanik dayanıklılık direnci yüksek olan peletler, yüksek kaliteli peletler olarak ifade edilmektedir (Kaliyan and Morey 2009). Zeytin peletlerinin mekanik dayanıklılık direnci testi öncesi ve sonrası görünümü Şekil 6'da verilmiştir. Test sonuçları ise Çizelge 5'de verilmiştir.

Tabil and Sokhansanj (1996) ve Tabil and Sokhansanj (1997) pelet mekanik dayanıklılık direncinin %80 ve üzeri olması durumunda pelet kalitesinin iyi olduğunu belirtmiştir. Avrupa Pelet Konseyi ise ENplus-A1 sınıfı pelet standartlarında mekanik dayanıklılık direncinin ≥ 98 , ENplus-A2 ve ENplus-B sınıfı pelet standartlarında ise ≥ 97.5 olması gerektiği belirtilmiştir (EN 14961-2 2015). Mekanik dayanıklılık direnci açısından zeytin budama artıklarından üretilen peletlerin ilgili standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.



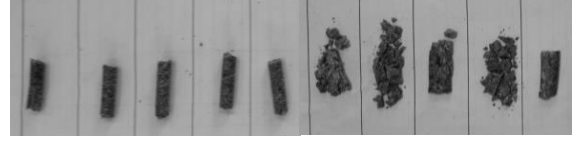
Şekil 6. Peletlerin Mekanik Dayanıklılık Direnci Testi Öncesi ve Sonrası Görünümleri

Çizelge 5. Peletlerin Dayanıklılık Direnci

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	Dayanıklılık direnci (%)
2	11	98.94
2	15	96.73
4	11	98.30
4	15	93.15
6	11	98.81
6	15	93.69

Üretilen peletlerin basınç direncinin belirlenmesi kalite açısından önemli bir parametredir. Sertlik değeri en yüksek olan pelet, yüksek kaliteli pelet olarak değerlendirilir (Celma et al. 2012).

Zeytin peletlerinin basınç direnci testi öncesi ve sonrası görünümü Şekil 7'de verilmiştir. Test sonuçları ise Çizelge 6'da verilmiştir.



Şekil 7. Peletlerin Basınç Test Öncesi ve Sonrası Görünümleri

Bergström et al. (2008), farklı biyokütle peletleri için belirlenen özgül basınç direnci değerlerinin 40.1-61.2 N/mm arasında olduğunu bildirmiştir. Gilbert et al. (2009) tarafından farklı biyokütle materyallerinden elde edilen peletlerin gerilme direnci değerleri 0.13-0.48 MPa arasında olduğu, Liu et al. (2014) tarafından farklı biyokütle ve karşım örneklerinden elde edilen peletlerin ise 0.96-7.50 MPa arasında olduğu belirtilmiştir. Zeytin budama artıklarından elde edilen peletlerin özgül basınç direnci ve gerilme direnci değerleri literatür verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 6. Peletlerin Basınç, Özgül Basınç ve Gerilme Direnci

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	Basınç direnci (N)	Özgül basınç direnci (N/mm)	Gerilme direnci (MPa)
2	11	503.76	23.96	2.52
2	15	646.50	34.23	3.51
4	11	637.01	33.07	3.45
4	15	597.55	32.05	3.28
6	11	548.72	26.35	2.77
6	15	631.27	34.89	3.57

Saklama ve depolama koşullarının belirlenmesinde pelet nem içeriği oldukça önemlidir. Nem alma durumlarına bakılarak özellikle düşük neme sahip peletlerin yüksek nem koşullarına maruz bırakılmaması gerekmektedir. Üretilen peletlerin nem alma direnci Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Peletlerin Nem Alma Direnci

Parçacık boyutu (mm)	Materyal nemi (%)	Nem alma direnci (%)
2	11	13.54
2	15	15.88
4	11	14.77
4	15	14.87
6	11	12.18
6	15	14.45

Peletlerin nem alma durumları genel olarak incelendiğinde saklama ve depolama koşullarındaki

sıcaklık ve nem değerleri ile pelet nem içeriğine bağlı olarak nem kaybetme veya nem alma durumu ortaya çıkmaktadır. Uzun süreli saklama ve depolama durumunda peletlerin su ile teması önlenerek yüksek nemli ortamlardan uzak tutulmalıdır. Nemin ve suyun oluşturacağı olumsuz etkilerin önüne geçmek için peletler uygun saklama ve depolama koşullarında tutulmalıdır. Ayrıca hava ve su geçirmez şekilde paketlenmelidir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Zeytin budama artıklarından %11 ve %15 materyal nem içeriğinde kaliteli peletler üretilmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Bergström, D., S. Israelson, M. Öhman, S. Dahlqvist, R. Gref, C. Boman, I. Wästerlund, 2008. Effects of Raw Material Particle Size Distribution on The Characteristics of Scots Pine Sawdust Fuel Pellets. *Fuel Processing Technology*, 89: 1324-1329.
- Celma, A.R., F. Cuadros, F.L. Rodriguez, 2012. Characterization of Pellets From Industrial Tomato Residues. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 700-706.
- Colley, Z.J. 2006. Compaction of Switchgrass for Value Added Utilization, (M. Sc), The Graduate Faculty of Auburn University.
- EN 14961-2. 2015. European Pellet Council. ENplus Handbook, Part 3: Pellet Quality Requirements (Version 3.0, August 2015)
- EN 15103. 2009. Solid biofuels. Determination of Bulk Density
- EN 15210-1. 2009. Solid Biofuels. Determination of Mechanical Durability of Pellets and Briquettes – Part 1: Pellets
- EN 16127. 2012. Solid biofuels. Determination of Length and Diameter of Pellets
- ETKB. 2017. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <http://www.eie.gov.tr>, Erişim: 30.01.2018.
- Garcia-Maraver, A., A.F. Ramos-Ridao, D.P. Ruiz, M. Zamorano, 2010. Quality of Pellets From Olive Grove Residual Biomass. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO'10), Granada-Spain.

Üretilen peletlerin yığın ve parça yoğunlukları ve mekanik dayanıklılık dirençleri oldukça yüksek olup Avrupa pelet konseyi tarafından hazırlanan standartlar ile uyumludur.

Peletler depolama süresince çevre şartlarından çok az etkilenmiştir. Depolama ortamının nem içeriğinin artması peletlerin nem alma hızını artırmıştır. Materyal nem içeriğinin artması pelet yoğunluklarını olumsuz etkilemiştir. Diğer taraftan materyal nem içeriğinin artışı üretim kapasitesini artırmıştır. Parçacık boyutu ve nem içeriğine bağlı olarak üretim kapasitesi 60 ile 83 kg/h arasında değişmiştir.

- Gilbert, P., C. Ryu, V. Sharifi, J. Swithenbank, 2009. Effect of Process Parameters on Pelletisation of Herbaceous Crops. *Fuel*, 88: 1491-1497.
- Kaliyan, N., R.V. Morey, 2009. Factor Affecting Strength and Durability of Densified Biomass Products. *Biomass and Bioenergy*, 33: 337-359.
- Larsson, S.H., M. Rudolfsson, 2012. Temperature Control in Energy Grass Pellet Production – Effects on Process Stability and Pellet Quality. *Applied Energy*, 97: 24-29.
- Lehtikangas, P. 2001. Quality Properties of Pelletised Sawdust, Logging Residues and Bark, *Biomass and Bioenergy*, 20, 351-60.
- Liu, X., Z. Liu, B. Fei, Z. Cai, Z. Jiang, X. Liu, 2013. Comparative Properties Bamboo, Rice Straw Pellets. *Bio Resource*, 8(1): 638-647.
- Liu, X., B. Fei, Z. Jiang, Z. Cai, Z. Liu, 2014. Important Properties of Bamboo Pellets to be Used as Commercial Solid Fuel in China. *Wood Sci Technol*, 48: 903-917.
- Öztürk, H.H. 2012. Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, ss. 272.
- Tabil, L.G., S. Sokhansanj, 1996. Pcess Conditions Affecting the Physical Quality of Alfalfa Pellets, *Applied Engineering in Agriculture*, 12, 345-50.
- Tabil, L.G., S. Sokhansanj, 1997. Bulk Properties of Alfalfa Grind in Relation oo Its Compaction Characteristics, *Applied Engineering in Agriculture*, 13, 499-05.
- Zamorano, M., V. Popov, M.L. Rodriguez, A. Garcia-Maraver 2011. A Comparative Study of Quality Properties of Pelletized Agricultural and Forestry Lopping Residues, *Renewable Energy*, 36, 3133-314.

Farklı Parçacık Boyutlarındaki Kivi Budama Artıklarından Elde Edilen Briketlerin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması

Mahmut DOK^{1*}, Mustafa ACAR, Ayşegül E. ÇELİK, Gülhan ATAGÜN,
Ufuk AKBAŞ

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Samsun

*Sorumlu yazar e-posta: mahmutdok@hotmail.com

Geliş Tarihi (Received): 14.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Günümüzde enerji ihtiyacının karşılanmasında genellikle fosil enerji kaynaklarından yararlanılmaktadır. Ancak, fosil enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması sebebiyle insan-öğlü alternatif enerji kaynakları arayışı içerisinde girmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından günümüzde en popüler olanı tükenmez ve çevre dostu olmaları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de biyokütle enerjisidir ve bu kaynak içerisinde tarımsal budama artıkları önemli bir yer tutmaktadır. Kivi Türkiye’de 25 ilde yaklaşık 22.200 da alanda üretimi yapılan bir meyvedir. Bu çalışma, 2017 yılı içerisinde Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Enerji Tarımı biriminde yürütülmüştür. Kivi budama artıkları 2, 4 ve 6 mm’lik eleklerden geçirilerek parçalanmış bunlardan briket elde edilmiştir. Bu briketlerde yakıt özellikleri incelenmiş ve parçacık boyutunun tüm fiziksel özellikler yönünden önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, kivi, budama artığı, briket.

Comparison of Fuel Properties of Briquettes Obtained from Different Particle Sizes Kiwi Pruning Residues

Abstract: Nowadays, fossil energy sources are generally used to meet the energy need. However, as fossil energy sources are reducing day by day, human beings have set off on a quest to find other kinds of energy supplies. Today, one of the most popular energy sources of this alternative energy is renewable energy resources which are on the grounds of being inexhaustible and environmental friendly. One of the renewable energy sources is also biomass energy and the agricultural pruning residues have an important place inside of this energy. Kiwi is a fruit of which production is about 22.200 decare area among 25 provinces in Turkey. This study was carried out in the Energy Agriculture Unit of the Black Sea Agricultural Research Institute in 2017. Kiwi pruning residues were broken up in sizes of 2, 4 and 6 mm and briquettes were obtained from them. Fuel properties of these briquettes were investigated and it was concluded that the particle size is important in terms of all physical properties.

Key words: Renewable energy, kiwi, pruning residues, briquette

GİRİŞ

Enerji kaynaklarının giderek azalması, fosil yakıtların çevre sağlığını tehdit etmesi, hava kirliliğine bağlı olarak iklim değişiklikleri ve kuraklık vb. küresel sorunlar nedeniyle alternatif enerji kaynakları bulunması zorunluluğu vardır. Bu koşullar altında Türkiye’de yaygın tarımı yapılan pamuk, ayçiçeği, tutun, haşhaş, vb. bitkilerinin yan ürünü olan sapları alternatif tarımsal artıklar arasındadır. Özellikle son dönemlerde, atıl durumda bulunan tarımsal artıkların evlerde ısınma amaçlı briket üretiminde hammadde olarak kullanılması hem laboratuvar ortamında hem de ticari olarak büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde önemli miktarlarda tarımsal artık (herhangi bir şekilde

değerlendirilmesi yapılamayan pamuk sapı, ayçiçeği sapı, vb tarımsal artıklar) yasak olmasına rağmen her yıl tarlada yakılmakta veya evlerde yakacak olarak değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu artıkların evlerde yakacak olarak değerlendirilmesini cazip hale getirmenin başlıca yolu ise bunların taşınmasını ve sobalarda yakılmasına imkân sağlayacak briketleme sistemleridir (Boztepe ve Karaca, 2009).

Kivi, 1900 yılında ilk defa Çin’in Yangtze vadisinde yaşayan yabancılar tarafından keşfedilmiştir. Bu bölgede doğal olarak yetişmektedir. 1910 yılında Yeni Zelanda’nın kuzey adaları ve California’da yetiştiriciliğine başlanmıştır. 1930’larda Yeni Zelandalılar bu kültürü

geliştirmişler, fakat California'da bu konu üzerine fazla bir ilerleme kaydedilememiştir. 1945 yılında Yeni Zelanda'nın kuzey adalarında 2. Dünya Savaşından sonra geniş ölçüde kivi üretimi yapılmaya başlanmıştır. 1960'lara kadar Yeni Zelanda bu konuda tekel olmuştur. Fakat bu tarihten sonra California'da geniş ölçüde kivi üretimi yapılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllardan sonra Akdeniz Ülkeleri, Avustralya, Japonya; Güney Afrika Cumhuriyeti, Şili, ABD gibi ülkeler kivi yetiştirmeye başlamışlardır. Ülkemizde kivi üretimi 1988 yılında başlatılan adaptasyon deneme çalışmaları sonucunda; Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde rahatlıkla kivi yetiştiriciliğinin yapılabileceği ortaya konmuştur. Bu bölgeler arasında Doğu Karadeniz Bölgesi'nin, bitkinin ekolojik istekleri bakımından diğer bölgelerden daha uygun olduğu görülmüştür. Bu sebepten dolayı, Karadeniz Bölgesinde kivi yetiştiriciliğinin daha ekonomik olarak yapılabileceği ortaya konmuştur. Kivi, sarılarak büyüyen, sarmaşık özellikli bir bitkidir. Sarmaşık özellikli olmasına karşılık, bunun için özel organları (sülükleri) yoktur.

FAO'nun 2014 yılı verilerine göre dünyada kivi üretimi 219.134 hektar alanda 3.447.604 ton olarak gerçekleşmiş olup; Türkiye, 2.219 hektar ile yaklaşık dünyanın %1 üretim alanı ve 31.795 ton üretim miktarı ile dünya üretiminden de yaklaşık %1 oranında pay alarak 8. Sıradadır. 2016 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye'de 1.540.471 kivi ağacı bulunmaktadır. Bu ağaçlardan da toplam 43.950 ton ürün elde edilmektedir. 2016 yılı itibarıyla Türkiye'de kivi dikili alan 24.870 dekar olarak ölçülmüştür. Dikim zamanına bağlı olmak üzere 3 yaşındaki bir fidan ilk meyvelerini vermeye başlayıp, 4-5 yaşında ticari amaçlı olarak verim alınabilen kivi 7-8 yaşında tam verim çağına ulaşır. (Anonymous, 2018a).

Kivide budama değişik zamanlarda farklı amaçlarla yapılır. Bunlar şekil budaması, kış ürün budaması ve yaz budamasıdır. Şekil budaması genç bitkilere şekil vermek için yapılır. Amaç dik ve sağlam büyüyen ve ana tele kadar tek gövdeli bir şekil elde etmektir. Bitkiler ana telden sağa ve sola olmak üzere iki sabit kordon oluşturarak taçlandırılır. Kış budaması düzenli verim almak için yapılır. Kivide meyveler bir yaşlı sürgünlerden çıkan o yılın sürgünlerinden alınır. Bu nedenle her yıl düzenli ve sert budama yapılmaktadır. Kış budamasında bir yaşlı sürgünlerin yaklaşık 1/3 -2/3 'ü çıkarılır. Geriye kalan yıllık ürün çubukları yeterli miktarda ürün verirler (Anonymous, 2018b). Kivinin budandıktan sonra atılan budama artıkları önemli bir katı yakıt kaynağıdır. Ağaç başına yaklaşık 8 kg budama atığı alındığı düşünüldüğünde (Dok, 2014) ise toplam artık miktarının 12.323 ton olduğu, bunun da yaklaşık 10.500 ton katı yakıtı dönüşebilen artık olacağı görülmektedir.

Tarımsal ve diğer biyokütle artıkları özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için önemli bir kaynak olup bu ülkelerin çoğunda her yıl çok miktarda artık çıkmaktadır. Tarımsal artıklar düşük yoğunluğa ve yüksek nem içeriğine sahip materyaller olduklarından evlerde ve endüstriyel alanlarda doğrudan yakılması çok etkin olmamakta ve bu artıkların doğrudan kullanılması taşıma, depolama ve işleme problemlerini meydana getirmekte ve en önemlisi kirliliğine neden olmaktadır. Tarımsal ve diğer biyokütle artıklarının etkin bir biçimde kullanılmasının yollarından birisi de onların briketlenmesidir. Briketleme, yeterli ölçüde parçalanmış materyalin 25 mm çap 'tan daha büyük şekillerde sıkıştırılması işlemidir. Biyokütlenin briketlenmesi ile yoğunluğu 100-200 kg/m³ 'den 1200 kg/m³ 'e kadar çıkarılmaktadır. Briketleme işlemi ile; biyokütle karakteristikleri iyileştirilmekte, hacimsel ısı değeri artmakta, taşıma maliyetleri düşmekte, depolama masrafları azalmakta, büyük sobalarda kolaylıkla yakılabilmekte, yanma karakteristikler düzelmekte, atmosfere salınan partikül emisyonları azalmakta ve aynı boyut ve şekilde iyi bir yakıt elde edilmektedir. (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Günümüzde biyokütlenin briketlenmesi amacı ile vidalı, piston ve hidrolik pres makinaları kullanılmakta olup ticari olarak helezon vidalı ve piston pres teknolojileri daha çok önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle helezon vidalı pres makinaları gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde ticari olarak biyokütlenin briketlenmesi amacı ile yoğun biçimde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, briket yoğunluğu artışı için en önemli faktörlerin basınç, partikül boyutu, sıcaklık ve nem içeriği, briket kalitesi için ise yoğunluk, nem içeriği, mukavemet, sıkıştırma basıncı, basınç uygulama zamanı ve yapıştırıcı materyal olduğunu göstermiştir. Ayrıca en uygun briketleme nemi, materyal çeşidine bağlı olarak %10-20 arasında bulunmuştur (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Hidrolik briketleme makinası Hidrolik briketleme makinalarında elektrik motorundan alınan hareket hidrolik sistem aracılığı ile yüksek basınçta pistonla iletildiğinden mekanik pistonlu makinalardan farklıdır. Makina kompakt yapıda olup hafiftir. Makina kapasitesi 45-135 kg/h arasındadır ve üretilen briketlerin yoğunluğu 1000 kg/m³'den daha azdır. Hidrolik briketleme makinaları kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmasına rağmen briket yoğunluğunun ve üretim kapasitesinin düşük olması ve üretilen briketlerin kırılgan yapıda olmaları nedeniyle dezavantajlıdır [2]. Bu tip makinalar, mekanik pistonlar için kabul edilen %15 nem içeriğinden daha

yüksek nem içeriklerinde çalışmaya izin vermektedirler (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Yapılan bir çalışmada artıkların briket haline dönüştürülmesinde hidrolik pres kullanılmıştır. Hurma lifi ve kabukları 5-13.5 MPa orta basınç altında 40, 50 ve 60 mm çapında briketler elde edilecek şekilde yoğunlaştırılmıştır. Briketlerin çap-uzunluk oranı 0.75'de sabit tutulmuştur. Denemeler briketlerin çarpma ve sıkıştırma kuvvetini, dayanıklılığını ve yoğunluğunu belirlemek için yürütülmüştür. Ayrıca briketlerin ısı değeri, yanma karakteristikleri, kül ve nem içeriklerinin belirlenmesi çalışmanın diğer amaçlarını oluşturmuştur. Çalışma sonunda elde edilen briketlerin yoğunluğu 1100-1200 kg/m³ arasında, ısı değeri brüt 16.4 MJ/kg, kül içeriği yaklaşık %6 ve denge nem içeriği yaklaşık %12 olarak bulunmuştur. Ayrıca briket yoğunluğunun sıkıştırma basıncı ile arttığı, briket özelliklerinin mekaniksel parçalanmaya karşı dirençlerinden dolayı oldukça iyi olduğu ve nem almaya karşı dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Husain ve ark.2002).

Tarımsal artıkların ve linyit kömürleri ile karışımlarının briketlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, briketlerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada briketleme makinası olarak laboratuvar tipi helezon vidalı briketleme makinası, briketlenecek materyal olarak da kanola (kolza-00), talaş, saf yonca, hayvan gübresi, ayçiçeği küspesi, C4 enerji bitkisi olan Miscanthus sinensis "Ginanteus", kömür ve yapıştırıcı olarak su, melas ve tutkal kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen briketlenmiş yakıtların fiziksel testleri ile ilgili olarak briket yoğunluğu, kırılma direnci, tumbler direnci, deformasyon kuvveti, su alma direnci, nem içeriği ve eşdeğer nem içerikleri ve bunlarla ilgili özellikler ortaya konmuştur. Çalışma sonunda, yapılan briketlemede boyutu 3.35 mm'den küçük materyallerin daha iyi briketlendiği gözlenmiştir. Briketlenen materyallerden kırılmaya karşı en büyük direnci Ayçiçeği+Melas karışımı göstermiştir. Tumbler direncinde ise en fazla dayanım gösteren briket yine Ayçiçeği+Melas karışımı olmuştur. Briketlerin su almaya karşı gösterdikleri dirençte en büyük değeri Ayçiçeği+Melas karışımı göstermiştir (Acaroğlu ve ark. 2002).

Bilgin ve ark., (2014), Ayçiçeği saplarını hasattan sonra tarladan toplamış ve dış ortamda yaklaşık % 10 nem içeriğine kadar kurutmuştur. Kurutma işleminden sonra ayçiçeği sapları 6 mm elek delik çapına sahip çekiçli değirmende öğütülerek briketleme işlemi için uygun boyutlara getirilmiştir. Daha sonra helezon tip briketleme makinesinde briketlenmesi sonucunda, ayçiçeği sapları herhangi bir yapıştırıcı madde kullanılmadan briketlenebileceğini, briketlerin dayanıklılık ve kırılma direnci değerleri oldukça yüksek

olduğunu, nem içeriği ve parçacık boyutu briketleme için oldukça uygun olduğunu, materyaller yaklaşık 8.5 kat daha yüksek yoğunluğa sıkıştırıldığını, briketlerin suya karşı dayanımları oldukça düşük olduğu ve ancak iyi bir ambalajlama ile uzun süre korunabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca elde edilen briketlerin ısıtma sistemlerinde, ısı ve güç santrallerinde katı yakıt olarak kullanılması mümkün olabileceğini, tarımsal artıkların yoğun olarak elde edildiği bölgelere briketleme tesisleri kurularak, bu tür artıkların ekonomiye kazandırılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Türkiye'nin başlıca biyokütle kaynakları tarımsal artıklar, orman artıkları, gıda işleme artıkları, endüstriyel artıklar ve kâğıt artıklarıdır. Türkiye geniş tarımsal üretim alanlarına sahip olduğundan tarımsal artıklar büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle artıklardan enerji elde etmede onların peletlenerek ya da briketlenerek katı yakacak olarak kullanılması en kolay ve etkin yöntemlerden birisidir. Biyokütlenin ısı değerinin belirlenmesi yakıldığında birim kütlesinden açığa çıkacak enerji miktarının bilinmesi açısından son derece önemlidir. Yakıtın ısı değerinin belirlenmesi ile biyokütle miktarına bağlı olarak toplam elde edilebilecek enerji miktarı ve ihtiyaç duyulan toplam yakıt miktarı da belirlenebilmektedir. Ayrıca ısı değeri, diğer yakıtların özellikleri ile ilgili karşılaştırmalarda ve yakma sistemlerinin tasarımı açısından da oldukça önem taşımaktadır. Isı değeri yakıtın kül içeriğine bağlı olarak değişmekte ve kül içeriği arttıkça yakıtın ısı değeri azalmaktadır. Ayrıca yakıtın nem içeriğinin artması yakıldığında elde edilebilecek enerji değerini düşürmektedir. Biyokütlenin ısı değerinin belirlenmesi konusunda değişik çalışmalar yürütülmüş ve bunlarla ilgili sonuçlar ortaya konmuştur. Biyokütlenin ısı değeri biyokütle çeşidine bağlı olarak 12.60-21.75 MJ kg⁻¹ arasında değişmektedir (Bilgin ve ark., 2013).

Karaca ve Başçetinçelik (2014), defne yaprağının briketleme ve yanma özelliklerini incelemişlerdir. Defne yaprağı artıklarının sıkışma oranında, özgül kütlesinin yaklaşık 19 kat arttığını ve briketlemenin başarılı olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen briketlerin gerek fiziksel ve gerekse kimyasal özelliklerinin literatürlerde belirtilen değerlerden iyi olduğu görülmüş, baca gazı emisyon değerlerinin de odunun emisyon değerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu tür artıkların briketlenerek daha iyi depolama şartlarında depolanabileceği ve kömür yerine kullanılacak yakıt olarak değerlendirilebileceği görüşüne varmışlardır.

Biyokütlenin briketlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı tip briketleme makinelerinde farklı özelliklere sahip biyokütle örnekleri kullanılmış ve bunlar ile ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur. Çalışmalar sonunda materyal yoğunluğunun, nem içeriğinin ve

parçacık boyutunun briket kalitesini ve makine kapasitesini etkilediği, elde edilen briketlerin oldukça sağlam olduğu, sıkıştırma basıncının artmasının briket kalitesini artırdığı, daha küçük boyutlu materyallerin daha iyi briketlendiği ve materyal ön ısıtma işleminin makinenin enerji tüketimini düşürdüğü bildirilmiştir (Bilgin ve ark. 2014).

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada materyal olarak kivi budama artığı kullanılmıştır. Ayrıca hidrolik tip briket makinesi, çekiçli değirmen, briket fiziksel test aletleri ve briket sobası gibi cihazlar bu çalışmada kullanılmışlardır. Çalışmada kullanılan kivi dalları Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bahçesinde bulunan kivilerin budanması sonucu elde edilmiştir. Elde edilen budama artıkları, açık havada 3 ay kurutulduktan sonra enstitüde mevcut biyokütle ünitesine getirilerek, önce dal parçalama makinesinden geçirilerek kabaca parçalanmış, daha sonra çekiçli değirmen ve öğütücüden geçirilerek istenilen boyutlara getirilmiştir. Ardından parçalanmış materyalin nem oranı % 14 seviyesine düşürülünceye kadar (% 10 ile 15 arası) kurutulmuştur. Briketleme işleminde üç farklı ebatta materyal hazırlanmıştır. Bu ebatlar aşağıda verilmiştir.

- Kalın öğütülmüş (6 mm)
- Orta incelikte öğütülmüş (4 mm)
- İnce öğütülmüş (2 mm)

Materyal bu şekilde hazırlandıktan sonra biyokütle ünitesinde mevcut olan hidrolik tip briket makinesinde 150 bar basınçta preslenerek briket haline getirilmişlerdir. Elde edilen briketler, en uygun briketleme parametrelerini tespit etmek amacıyla en az 2 şer kg. numuneler alınarak aşağıdaki yakıt özellikleri analizlerine tabi tutulmuşlardır:

Isıl değer, Nem, Kül, Yoğunluk, Kırılma direnci (Shatter), Dayanıklılık Direnci (Tumbler), Briketlerin deformasyon kuvveti direnci. Su alma direnci. Briketlerin nem içeriği, Baca gazı emisyon değerleri (O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x, NO₂). ADL lignin içerikleri ve elementel analizleri.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada kivi budama artıkları incelenmiş, ancak karşılaştırmak için de ağaç tozu ile mukayese edilerek incelenen tüm özellikler -t- testiyle karşılaştırılmış ve önemli bulunmuştur.

Isıl değer, ADL-lignin ve Elementel analiz değerleri:

Elde edilen briketlerin ısı değer, lignin ve elementel analizi değerleri çizelge 1'de verilmiştir. Bir briketin kabul edilebilir kalitede olabilmesi için, 3800 kcal/kg in üzerinde ısı değerine sahip olması gerekmektedir

(EN14961-3, 2011). Çalışılan materyal kivi budama artığının ısı değeri de çizelgede görüldüğü gibi 4425 kcal/kg olarak hesaplanmış ve kabul edilen değerlerin hayli üzerindedir. Ağaç tozunun kullanıldığı diğer alanlar -sunta, MDF vs- olduğu durumlarda meyve budama atıklarının yakacak olarak kullanılabilmesi beklenebilir. Materyalin % ADL lignin içerikleri çizelge 1'de görülmektedir. Lignin içeriği yüksek olan materyallerin briketlerinin daha sağlam olması beklenir. Zira lignin tabii bir yapıştırıcı özelliğe sahiptir. Ancak buradaki çalışmada her hangi bir ısıtma sistemi bulunmadığından ligninin bu özelliği görülmemiştir. Bunun nedeni de hidrolik tip briket makinesinde soğuk pres uygulanmaktadır. Kivi dalının lignin içeriği % 23,99 gibi yüksek bir değerdir ve ağaç tozundan fazladır. Kivi dalı ve ağaç tozunun elementel analiz sonuçları da çizelge 1 de görülmektedir. Materyalin azot yönünden düşük, karbon yönünden zengin olduğu görülmektedir. Isıl değerinin yüksek olmasının nedeni de karbon oranının yüksek olmasıdır.

Baca Gazı Emisyon Değerleri

Denemede elde edilen briketler, briket sobasında yakılmak suretiyle baca gazı emisyon değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler çizelge 2'de görülmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi kivi dalı, baca gazları yönünden ağaç tozuna göre daha temiz bir yakıttır. Özellikle SO₂ yönünden çok düşük olmasına rağmen, azot oksitler yönünden ağaç tozundan yüksek değerlere sahiptir. Ancak elde edilen değerlerin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür.

Hammadde ve Briketlerin Yoğunluğu, Materyalin Sıkışma Oranı ve Nemi ile Briketlerin Kül Oranları

Denemede kullanılan materyallerin briket yapmadan önce ve briket yapıldıktan sonra yoğunlukları belirlenerek çizelge 3'de verilmiştir. Kivi dalının briket yoğunluğu, ağaç tozundan yüksek bulunmuştur. Kabul edilebilir briket yoğunluğunun 900 kg/m³ ve üzerinde olması gerekmektedir (EN14961-3, 2011). Ancak hidrolik briket makinelerinde briketin yoğunluğunu makinenin gücü de belirlemektedir. Kullanılan briket makinesindeki baskı, istenilen yoğunlukta briket elde edilmesi için yeterli bulunmamıştır. Hidrolik tip briket makinelerinde materyalin nem miktarı, % 10-14 aralığında olması tavsiye edilmektedir. Materyaller herhangi bir ilave kurutma işlemine tabi tutulmadan tabii ortamda kurutulmuşlardır. Kullanılan kivi dalı ve ağaç tozu düşük nemde olduğu için suyla nemi yükseltilecek briketleme yapılmıştır. Kivi dalının kül içeriği de çizelgede görüldüğü gibi % 2,89 bulunmuş ve ağaç tozundan düşük olarak standartların altında yer almıştır. Materyalin sıkışma oranı, hammaddenin

muhafazası, saklanması ve nakliyesi için önemlidir. Sıkıştırma oranı arttıkça materyalin briketlenmesinin muhafaza ve nakliyesi için gerekli olduğu daha iyi anlaşılır. Kivi dalı bu yönüyle de ağaç tozundan avantajlı durumdadır. Materyallerin parça boyutları, sıkıştırma için önemlidir ancak çok küçük parçalanması da gerekmemektedir. Materyalin türüne göre parçacık boyutları da değişmektedir.

Dayanıklılık (Tumbler) ve Kırılma (shatter)

Testi, Deformasyon ve Su Alma Dirençleri

Briketlerin sağlamlığının, depolama ve nakliye sırasında ortaya çıkabilecek sarsıntıların sonucu meydana gelen kayıpların belirlenmesi amacıyla yapılan testlerdir. Bu testler özel cihazlarda yapılır ve % ile ifade edilir. Genel olarak kabul edilebilir değer,

% 95 ve üzeri olmalıdır (EN14961-3, 2011). Dayanıklılık testi sonuçlarına göre gerek kivi dalı ve gerekse ağaç tozu, % 95 in altında değerler vermişlerdir. Kırılma testinde ise kivi dalı % 95 in üzerinde, ağaç tozu % 71.28 ile aşağıda yer almıştır (çizelge:4). Briketlerin su alma dirençleri suya ve ıslanmaya karşı direnci olarak kabul edilir ve 30 saniyede % 50 den az olması arzu edilir. Gerek kivi dalı ve gerekse ağaç tozu bu yönüyle standardın altında kalmışlardır.

Briketin sağlamlığının bir ölçüsü de deformasyon direncinin iyi olmasıdır. Bu değer de ürünün üzerine özel cihazla yapılan basınçla hesaplanır. Değerin yüksek olması (en az 2000 N) istenir. Çizelge 4'de analiz sonucu elde edilen değerler görülmektedir.

Çizelge 1. Kivi Dalı ve Ağaç Tozunun Isıl Değer, ADL Lignin ve Elementel Analiz Değerleri

Materyal	Üst ısıl değer (kcal/kg)	ADL-(% lignin)	Azot (%)	Karbon (%)	Hidrojen (%)	Oksijen (%)
Kivi dalı	4425	23,99	0,82	48,65	5,72	44,83
Ağaç tozu	4522	16,24	0,10	50,93	6,38	42,59

Çizelge 2 Bazı Tarımsal Atıkların Baca Gazı Emisyon Değerleri

Materyal	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO (%)	NOx (ppm)	SO ₂ (ppm)
Kivi dalı	17,58	3,28	1371,6	84,22	88,44	0,22
Ağaç tozu	15,83	4,98	1331,1	40,78	42,89	14,67
Kabul Edilebilir Değerler	% 13	% 20,3	3200 ppm	300 ppm	300 ppm	70 ppm

Çizelge 3. Hammadde ve Briketlerin Yoğunluğu, Materyalin Sıkıştırma Oranı ve Nemi ile Briketlerin Kül Oranları

Materyal	Hammadde Yoğ. (kg/m ³)	Briket Yoğunluğu (kg/m ³)	Materyalin sıkıştırma oranı (%)	Hammadde nemi (%)	Briket Nemi (%)	Kül oranı (%)
Kivi dalı	298,94	826,88	2,78	8,27	14,37	2,89
Ağaç tozu	260,83	622,34	2,40	8,47	15,53	1,81

Çizelge 4. Briketlerin Deformasyon, % Su alma Dirençleri, Tumbler ve Shatter Verileri

Materyal	(%) Su alma- (30 saniyede)	Dayanıklılık-Tumbler (%)	Kırılma-Shatter (%)	Deformasyon direnci (Newton)
Kivi dalı	62,84	92,29	98,23	3572,6
Ağaç tozu	141,56	46,48	71,28	2223,6

Çizelge 5. Farklı Parçacık Boyutlarındaki Materyalden Elde Edilen Briketlerin Fiziksel Özellikleri

Materyal	Parça boyutu (mm)	Dayanıklılık (%)	Kırılma (%)	Briket yoğ (Kg/m ³)	(%) Su alma direnci (30 saniyede)	Sıkıştırma direnci(N)
Kivi dalı	2	93,43	98,47	828	61	2458
	4	91,97	98,43	860	69	3614
	6	91,47	97,80	792	58	4645
Ağaç tozu	2	10,23	30,67	567	172	703
	4	68,50	92,17	672	119	3834
	6	60,70	91,00	627	132	2133

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada kullanılan kivi budama artıklarından elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde genel olarak ağaç tozundan elde edilen briketlere eşdeğer, bazı özellikleri yönünden ise daha kaliteli olduğu görülmüştür. Ancak farklı parçacık boyutları yönünden incelendiğinde ise bazı fiziksel özellikleri değişebilmektedir. Çizelge 5 te ağaç tozu ve kivi budama artıklarının farklı parçacık boyutlarından elde edilen briketlerin fiziksel özellikleri görülmektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi kivi dalından elde edilen briketlerin dayanıklılık dirençleri, sırasıyla 2, 4 ve 6 mm şeklindedir. Yani parçacık küçüldükçe dayanıklılık artmaktadır. Ağaç tozunda ise aksi bir durum söz konusudur. Dolayısıyla briketlemede parçacık boyutu dayanıklılık için önemli bir kıstastır.

Materyallerin kırılma dirençleri, dayanıklılık dirençlerine paralel bir yol takip etmişlerdir. Kivi dalı parçası küçüldükçe kırılma direnci artmış, ağaç tozu ise küçüldükçe kırılma direnci azalmıştır. Kivi dalından elde edilen briketin yoğunluğu, parça boyutunun küçülmesiyle azalmış, ancak çok büyük parçalarla sağlam briket elde edilememiş, ideal olarak 4 mm yeterli olmuştur. Ağaç tozunun 4 mm boyutundan elde edilen briketlerin yoğunluğu en yüksek değerde bulunmuştur. Briketlerin su alma dirençleri, parçacık boyutuna göre farklılık göstermiştir. Genel olarak kivi budama artığından elde edilen briketler, ağaç tozundan elde edilen briketlere göre daha az su almışlardır. Parçacık boyutları yönünden ise kivi dalının kalın parçacıklı briketleri (6 mm) en az su çekerken, ağaç tozundan 4 mm lik parçacıklı briketleri en az suyu çeken materyaller olmuşlardır (çizelge:5). Sıkışma dirençleri yönünden parçacık boyutuna göre materyaller incelendiğinde ise, gerek kivi dalından ve gerekse ağaç tozundan elde edilen briketler, 2 mm parçacık boyutunda en zayıf ürünleri vermişlerdir. Yani

parçacık boyutunun küçülmesiyle elde edilen briketlerin sıkışma dirençleri de azalmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, briketlerin kalite kriterleri olarak bilinen yukarıdaki özellikler yönünden, kivi budama artıkları için 2 mm parçacık boyutunun daha uygun olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, tarımsal budama artıkları, yenilenebilir enerji kaynağı olarak, önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada görüldüğü gibi, kivi budama artıklarından elde edilen briketlerin yakıt özelliklerinin incelenmesi sonucunda, gerek AB briket standartları yönünden ve gerekse ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği yönünden her hangi bir sakıncanın olmadığı belirlenmiştir. Hali hazırda özellikle Avrupa'da yaygın olarak kullanılan katı yakıt pelet ve briket, ülkemizde istenilen seviyeye gelememiştir. Bunun nedenlerinden birisi, ürünün tanıtımının eksik olması yanında hammadde temininin güçlüğü de söylenebilir. Avrupa'da sadece ağaç talaşından elde edilen bu ürünler, ağaç talaşının sanayiinin değişik kollarında kullanılması nedeniyle yeterince temin edilememektedir. Yapılan bu çalışma, ağaç talaşı yerine meyve budama artıklarının da kullanılabilceğini göstermesi açısından da çok önemlidir. Ülkemizde her yıl ısınma amaçlı yaklaşık 7.000.000 ton linyit kömür ithal edilmektedir. Ülkemizin değişik yerlerinde artık olarak bilinen her türlü tarımsal artık ve meyve budama artıklarının briket halinde değerlendirilmesi durumunda, kömür ithalatının belirli bir kısmını karşılamak mümkün olacaktır. Böylece yeterli tesisler kurulduğu takdirde, ülkemizin tarımsal artıkları değerlendirilmiş olacak, yeni bir istihdam kapısı açılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmış olacak ve kömür ithalatının büyük ölçüde azalması söz konusu olacaktır. Köylerden büyük kentlere olan göç olayı da planlı bir organizasyon yapıldığı takdirde son bulacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Acaroğlu, M., H. Öğüt, M.N. Örnek, 2002. Biyokütlenin Briketlenmesi ve Biyokütle Briketlerinin Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. IV. Ulusal Temiz Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, s. 819- 831, 16-18 Ekim, İstanbul.
- Anonymous, 2018a. www.ordutb.org.tr. Kivi Raporu, Erişim:15.05.2018.
- Anonymous, 2018b. https://adana.tarim.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/meyve_yetistiriciligi_ve_mucadelesi/Kivi.pdf. Erişim:14,05,2018.
- Bilgin S., H.Yılmaz, A.Coşer, M.Acar, M.Dok, 2014. Ayçiçeği Saplarının Konik Helezon Tıp Briket Makinesinde Briketlenmesi. Akdeniz Univ. Ziraat Fak. Derg. (2014) 27(2): 91-97
- Bilgin, S., C.Ertekin, A.Kürklü, 2013. Alternatif Yakıt Olarak Sera Bitki Atığı Briketlerinin Yakılması ve Baca Gazı Emisyon Değerlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (2013) 26(1): 11-17.

- Boztepe E., A. Karaca, 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar. Enerji Kongresi. 21-23 Ekim.2009. İzmir. Son erişim:26.10.2015.
- Dok M. 2014. Karadeniz Bölgesinin Tarımsal Atık Potansiyeli ve Bunlardan Pelet Yakıt Olarak Yararlanılması, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, sayfa: 211-222, SAMSUN.
- EN 14961-3:2011. Solid Biofuel - Fuel Specification and cCases. Part 3:
- Husain, Z., Z. Zanac, Z. Abdullah, 2002. Briquetting of Palm Fibre and Shell From the Processing of Palm Nuts to Palm Oil. Biomass and Bioenergy, 22: 505-509.
- Karaca C., A. Başçetinçelik, 2014. Defne Yaprağının Briketleme ve Yanma Özellikleri. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Mayıs 2014, sayfa: 131-138, SAMSUN.
- Kürklü, A., S. Bilgin, 2005. Biyokütle Briketleme Makinaları ve Uygulamaları: Literatür Taraması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. 19-21.10.2005, Mersin.

Türkiye’de Traktör Parkı Yenilenme Oranları ve Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi

Seçil YILMAZ¹, Sarp Korkut SÜMER^{2*}

¹Yunak Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

*Sorumlu yazar e-posta: sarpsumer@comu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 14.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Bu çalışma, Türkiye’de traktör parkı yenilenme oranının ve tarımsal mekanizasyon düzeyinin, 1987-2017 yılları arasındaki değişimini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada tüm veriler, Türkiye İstatistik Kurumu ve Devlet İstatistik Enstitüsü istatistiklerinden alınmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde; işlenen tarım alanına düşen traktör gücü (kW/ha), 1000 ha işlenen tarım alanına düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha) ve traktöre başına düşen işlenen tarım alanı (ha/traktör) göstergeleri dikkate alınmıştır. Çalışmada, işlenen tarım alanı, traktör gücü ve sayısal yoğunluğu arasındaki ilişkiler incelenerek bölgenin tarımsal mekanizasyon düzeyi belirlenmiş ve yıllara bağlı parka giren ve çıkan traktör sayıları kullanılarak park yenilenme oranları hesaplanmıştır. Değerlendirmeler, traktör gücü ve sayısal verileri, yıllara göre yığılmalı istatistikler ve ekonomik ömür dikkate alınarak (20 yıl) yapılmıştır. Mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde en önemli ölçüt olan traktör parkı, yığılmalı ve ekonomik park olmak üzere iki farklı bakış açısıyla tartışılmıştır. Yığılmalı verilerin yıllara bağlı değişimleri, mekanizasyon düzeyinin sürekli bir artış eğiliminde olduğunu gösterirken, ekonomik park verilerinin kullanıldığı değerlendirme sonuçları yıllara bağlı azalma eğilimi göstermiştir. Türkiye’de mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde traktör ekonomik ömrü dikkate alınarak park yenilenme oranlarının belirlenmesi ile daha gerçekçi yaklaşımlar sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yenilenme Oranı, Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi, Traktör Ekonomik Parkı

Determining of the Tractor Renewing Rates and Agricultural Mechanization Level in Turkey

This research was carried out to determine the changing of tractor renewing rate and mechanization level among 1987-2017 years. In the study, Turkish Statistical Institute database was used. In the assessment of mechanization level in Turkey, tractor power per arable land (kW/ha), tractor number per arable land (tractor/1000ha), arable land per tractor (ha/tractor) indicators were considered. Mechanization levels were assessment, depending on years, by examining of relationship between the cumulative values of arable land, tractor power and number. Furthermore, tractor lifespan was also considered and, the tractor numbers added to and removed from the economic tractor park were calculated. It was assumed that the economic lifespan was 20 years by take into account international standards and Turkey’s tractor using conditions such as annual using time. Tractor park which is the one of the most important indicators was discussed by considering the two different perspectives as cumulative park and economic park. Consequently, it was found that there were significant differences between agricultural mechanization level indicators which depend on years by means of two perspectives. The mechanization level tended to increase steadily according to cumulative data, while the evaluation results of economic park data showed a declining trend due to years. Hereby the evaluation of the agricultural mechanization level of any region on the basis of economic tractor park data will provide more accurate approaches in directing the relevant persons and institutions.

Key words: Renewing Rates, Agricultural Mechanization Level, Tractor Economic Park

GİRİŞ

Türkiye’de tarım sektörü, beslenme ve iş gücüne etkisi, milli gelire katkısı ve sanayi sektörüne sağladığı hammadde ile ekonomik ve sosyal bir sektör durumundadır. Hızla çoğalan insan topluluklarının gereksinimlerinin karşılanabilmesi için, tarım alanlarında daha nitelikli ve nicelikli üretim, günümüz tarımsal üretimin temel amaçlarından biridir. Bu amaç, tarımsal faaliyetlerde teknolojik olanaklardan yararlanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır (Sümer ve ark., 2003; Sümer ve ark., 2004).

Son yıllarda üretim maliyetlerini doğrudan etkileyen iş gücünün azaltılma gerekliliği ve eğilimi, tarımsal faaliyetlerde mekanizasyonun önemini ve gelişimini artırmaktadır. Sahip olunan traktör nitelik ve niceliği, tarımsal faaliyetlerin mekanize edilmesinde en önemli unsurlardan birisi olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, ülkelerin ve bölgelerin tarımsal faaliyetlerinin değerlendirilmesinde traktör, tarımsal mekanizasyon düzeylerinin belirlenmesinde dikkate alınan en önemli göstergedir (Moens ve Wanders, 1984; Işık, 1988; Sümer ve ark., 2003).

Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi konusu, çok sayıda araştırmacının ilgisini çekmekte ve yürütülen çalışmalar güncel verilerle yenilenerek ilgili sektör ve bileşenlerine sunulmaktadır (Erkmen ve ark., 1990; Işık ve ark., 2003; Altuntaş ve Demirtola, 2004; Dartar, 2007; Evcim ve ark., 2005; Altuntaş ve Aslan, 2009; Özgüven ve ark., 2010; Sessiz ve ark., 2012; Vurarak ve Angin, 2012; Gürsoy, 2013; Yeşilyurt ve ark., 2013; Saral ve ark., 2015).

Yürütülen çalışmalarda genellikle yığılmalı traktör parkı istatistikleri kullanılmıştır. Ancak, tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri, ekonomik traktör ömrü esas alınarak belirlenen traktör parkına bağlı olarak değerlendirilmeli ve güncelleştirilmelidir. Bu yaklaşımı esas alan bazı araştırmacılar, mekanizasyon düzeyi göstergelerinin değerlendirilmesinde, 15 yıllık traktör ekonomik ömrünü dikkate almışlardır (Sabancı ve Akıncı, 1994; Sabancı ve ark., 1999; Sümer ve ark., 2003). Ekonomik kullanma ömrünün dikkate alındığı çalışmalarda, ilgili bölgenin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde daha gerçekçi değerlendirmeler yapılabilmektedir. Ancak ülkemiz koşullarında 15 yıllık ekonomik ömür tartışma konusudur.

Uluslararası standartlara göre (ASAE, 2000) bir traktörün ekonomik ömrünün maksimum 12000 saat olduğu kabul edilmektedir. Bu değer, Amerikan Tarım Mühendisleri Birliği (ASAE) tarafından, traktörlerin yıllık tamir-bakım masrafları ve yakıt tüketimi gibi işletme giderlerinin yıllara bağlı değişimleri incelenerek

belirlenmiştir (ASAE, 2000). Konu ile ilgili araştırmacıların traktör ekonomik ömrünü 15 yıl olarak kabul etmelerinin nedeni, ülkemiz tarımsal yapı ve faaliyetleri gereği traktörlerin yıllık ortalama kullanım süresinin 1000 saatin altında kalmasıdır. Ülkemizde traktör yıllık kullanım süresinin belirlenmesine yönelik az sayıda bölgesel çalışmalar yürütülmüştür. Işık ve Altun (1998) tarafından Şanlıurfa-Harran Ovasında yapılan çalışmada Harran İlçesi için ortalama traktör yıllık kullanım süresinin 365 h/yıl olduğu, Akıncı ve Çanakçı (2000) tarafından Antalya yöresinde en fazla sayıda işletmenin bulunduğu 5,1-10 ha arazi büyüklüğüne sahip işletmeler için belirlenen yıllık ortalama traktör kullanım süresinin 250 h/yıl olduğu, Sağlam ve Akdemir (2002) tarafından Türkiye’nin kuzey batısı için belirlenen ortalama yıllık kullanım süresinin 479,32 h/yıl olduğu, tüm koşullar için elde edilen yıllık kullanım sürelerinin, 107 h/yıl ile 1040 h/yıl arasında değiştiği, Sümer ve ark. (2008) tarafından Çanakkale’de kullanılmış traktörler için belirlenen ortalama yıllık kullanım süresinin 377 h/yıl olduğu rapor edilmiştir. Mutlu (2004) tarafından Harran Ovasında yürütülen bir çalışmada, traktörlerin işletme bazında yıllık ortalama kullanım süresinin 550,6 h olduğu, ikinci el piyasasındaki traktörlerin ise yıllık ortalama kullanım sürelerinin 432,8 h olduğu belirlenmiştir.

Demirci (1986), ekonomik bir kullanım için traktör kullanım saatinin en az 650 h/yıl olması gerektiğini ve 850-1000 h/yıl arasındaki kullanımların ise traktörün efektif kullanıldığı aralık olduğunu bildirmiştir. Görüldüğü gibi yürütülmüş çalışmalarda farklı bölgeler için belirlenen ortalama yıllık traktör kullanım süresi 500 saat ve altındaki değerlerdedir. Bu noktadan hareketle ülkemizde ortalama traktör yıllık kullanım süresinin 500 saat/yıl olduğu dikkate alınarak, uluslararası standartlara göre 1000 saat/yıl kullanım için 12 yıl ekonomik ömür ise, 500 saat/yıl kullanım koşullarında ekonomik ömrün 24 yıl olacağı öngörülebilir. Evcim ve ark. (2008) bu yaklaşımla Türkiye’de traktörlerin mekanik ömrünün en fazla 24 yaş olabileceğini bildirmiştir. Ancak, traktörlerin ekonomik kullanım ömürlerinin belirlenmesinde, değişken ve sabit masrafları, mekanik ömür ile yığılmalı kullanım saatinin yanı sıra, içerdiği teknolojik özellikler de değerlendirilmelidir. Örneğin 15 yıl önce traktörler üzerinde bulunmayan bazı özellikler günümüzde standart donanımlar olarak pazara sunulmaktadır (Ekonomik kuyruk mili, auto-lift, radyal lastik, suttle vb.). Son yıllarda traktör teknolojilerinde geçmişe kıyasla daha hızlı değişimler görülmekte ve

bu durum, traktörlerin ekonomik kullanımını kısıtlamaktadır. Bakht ve ark. (2008) yürütmüş oldukları bir çalışmada, traktörlerde 20 yaş sonrasında tamir-bakım masraflarının hızlı bir artış gösterdiğini ve bu noktadan sonra yıgılımalı kullanım saatine bağlı olmaksızın kullanımının ekonomik olmayacağı rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye’de traktör yıllık kullanımının ortalama 500 saat/yıl olduğu dikkate alınarak traktör ekonomik ömrü 20 yıl olarak değerlendirilmiş ve traktör parkı yenilenme oranları hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca, Türkiye’nin traktör esaslı bazı tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri, ekonomik ve yıgılımalı park değerlerine göre belirlenmiş ve yıllara bağlı değişimleri incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, 1964-2017 yılları arasındaki Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018) ve Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE, 2000) istatistiklerinden yararlanılmıştır. Traktör esaslı mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde, birim alan başına düşen traktör gücü (kW/ha), birim alana düşen traktör sayısı (traktör sayısı/1000 ha), traktör başına düşen tarım alanı (ha/traktör), ortalama traktör gücü (kW) göstergeleri belirlenmiştir. Traktöre bağlı kW/ha ölçütü, mevcut durumu açıklamada ve karşılaştırmalı sonuç çıkarmada en yaygın kullanılan göstergedir (Sümer ve ark., 2003). Çalışmada mevcut göstergeler, yıgılımalı traktör istatistiklerinin yanı sıra, 20 yıl ekonomik traktör ömrü de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ele alınan herhangi bir yıl için son 20 yıllık traktör sayısı, ekonomik traktör parkı olarak değerlendirilmiş ve örneğin 2000 yılında parka eklenen traktör sayısı parka giren, 1989 yılındaki parka girmiş olan değer ise 2000 yılı için parktan çıkan traktör sayısı olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım ile ele alınan her bir yıl için park yenilenme oranı (PYO) Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır (Sümer ve ark., 2003).

$$PYO = \frac{PGT - P\Ç T}{PT} \quad (1)$$

Eşitlikte;

PGT: parka giren traktör sayısı,

PÇT: parktan çıkan traktör sayısı,

PT: ise park toplamı

Çalışmada, 1964 ve 2017 yılları arasındaki istatistikler kullanılarak, 1987-2017 arasındaki her bir yıl için park yenilenme oranları ve mekanizasyon göstergesi değerleri belirlenmiştir.

Yıgılımalı traktör parkı için yapılan değerlendirmelerde, 53 yaşına kadar parkta bulunan tüm traktörler dikkate alınmıştır. Diğer yandan, ekonomik park için gösterge değerlerin hesabında sadece 20 ve altındaki yaşlardaki traktörler kullanılmıştır. Çalışmada, 1964-1995 yılları arasındaki tarım alanları değerlerine ulaşamaması nedeniyle, bu değerleri içeren göstergelerin hesaplanmasında 1995 yılından sonraki veriler dikkate alınmıştır.

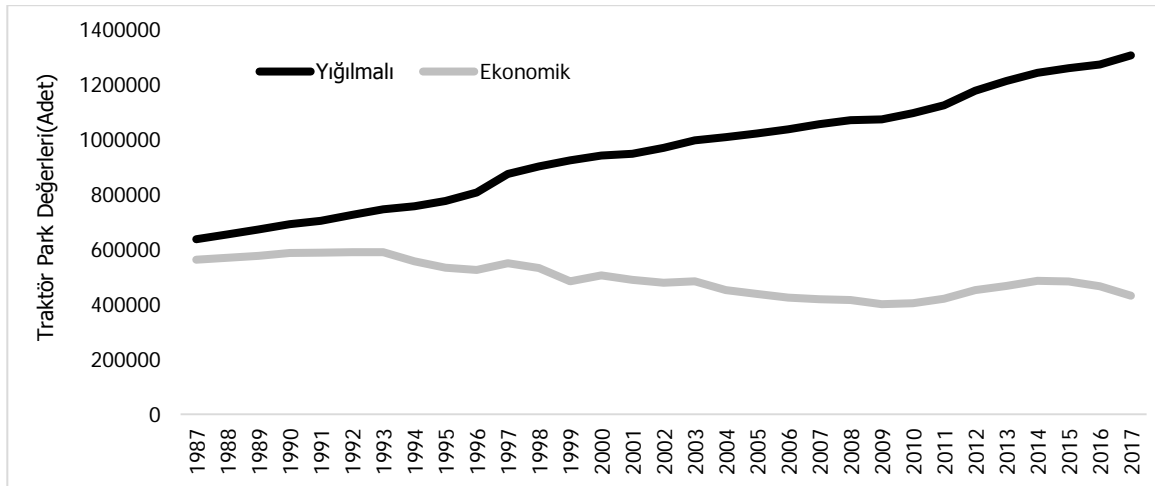
ARAŞTIRMA BULGULARI

Traktör sayıları incelendiğinde yıgılımalı traktör varlığının yıllara bağlı olarak sürekli artış eğiliminde olduğu, ekonomik traktör park değerlerinin ise dalgalı bir eğilim içerisinde olduğu saptanmıştır. 1985-1992 yılları arasında yıgılımalı ve ekonomik traktör park değerlerinde önemli sayısal farklılıkların olmadığı ve her iki park için de artış eğiliminin olduğu görülmektedir (Şekil 1). 1993 yılından itibaren ekonomik traktör park değeri, küçük dalgalanmalar göstererek 2010 yılına kadar azalma eğiliminde olmuştur. Sözü edilen değişiklikler, ekonomik parkta 1000 ha alana düşen traktör sayıları için de geçerlidir. 2010-2017 yılları arasında ise ekonomik traktör parkı artış göstermiştir (Çizelge 1, Şekil 1).

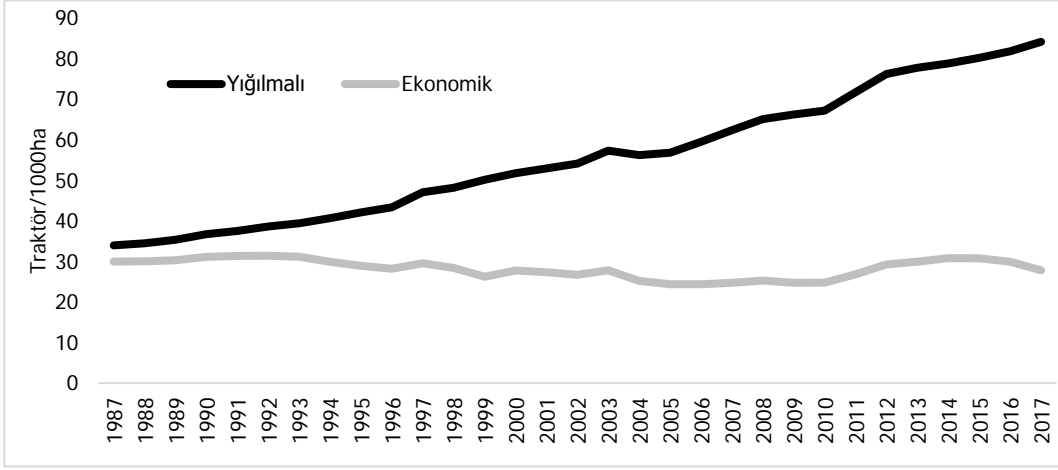
Türkiye’de tarım alanı varlığı incelendiğinde, ekilen tarım alanında azalmaların olduğu ve 31 yıllık süreç sonunda yaklaşık 2 milyon ha alanın kullanılmadığı görülmektedir. Parka giren traktör sayıları ve parktan çıkan traktör sayıları incelendiğinde, 1985-1992 yılları arasında park yenilenme oranlarında küçük dalgalanmalarla birlikte bir azalma eğilimi olduğu, bu azalmanın 1993 yılında daha belirgin düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle; bu yıllar arasında parka giren traktör miktarının bağıl olarak parktan çıkan traktör miktarından düşük olduğu söylenebilir. 1993 yılından sonra park yenilenme oranları 2016 yılına kadar dalgalanmalar şeklinde artış ve azalışlar göstermiştir (Çizelge 1, Şekil 4). Örneğin; 1999 yılında parka giren traktör sayısı 21 958 adet iken parktan çıkan traktör sayısı 70 243 adettir. Parka giren ve çıkan traktör sayıları arasındaki bu önemli fark, park yenilenme oranındaki ani azalmayı açıklamaktadır. 2009 yılından itibaren parka giren ve çıkan traktör sayıları arasındaki farkın azalması ile ilgili olarak, yenilenme oranında az da olsa bir artış görülmüş ancak, 2013 yılında parka giren traktör sayısındaki azalma nedeniyle yenilenme oranı tekrar düşüş göstermiştir (Şekil 3, Şekil 4).

Çizelge 1. Türkiye’de Traktör Parkı ve Tarım Alanlarına Bağlı Göstergeler

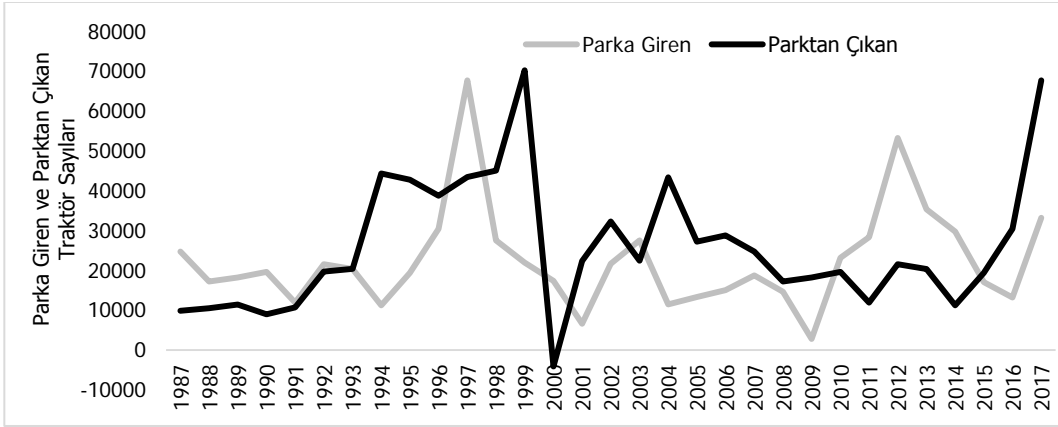
Yıl	Traktör Sayısı (Adet)		Tarım Alanı (1000 ha)			Traktör Sayısı/1000 ha		Park Yenilenme Oranı
	Yığılmalı	Ekonomik	Ekilen	Nadas	Toplam	Yığılmalı	Ekonomik	
1987	637449	563088	18781	5574	24355	34	30	0,03
1988	654636	569762	18995	5179	24174	34	30	0,01
1989	672845	576568	19036	5234	24270	35	30	0,01
1990	692454	587208	18868	5324	24192	37	31	0,02
1991	704373	588439	18776	5203	23979	38	31	0,00
1992	725933	590324	18811	5089	23900	39	31	0,00
1993	746283	590277	18940	4887	23827	39	31	0,00
1994	757505	557174	18641	5255	23896	41	30	-0,06
1995	776863	533797	18464	5124	23588	42	29	-0,04
1996	807303	525501	18635	5094	23729	43	28	-0,02
1997	874995	549770	18605	4917	23522	47	30	0,04
1998	902513	532254	18751	4905	23656	48	28	-0,03
1999	924471	483969	18450	5039	23489	50	26	-0,10
2000	941835	505465	18207	4826	23033	52	28	0,04
2001	948416	489702	17917	4914	22831	53	27	-0,03
2002	970083	479082	17935	5040	22975	54	27	-0,02
2003	997620	484204	17408	4991	22399	57	28	0,01
2004	1009065	452284	17962	4956	22918	56	25	-0,07
2005	1022365	438391	18005	4876	22881	57	24	-0,03
2006	1037383	424652	17440	4691	22131	59	24	-0,03
2007	1056128	418679	16945	4219	21164	62	25	-0,01
2008	1070746	416110	16460	4259	20719	65	25	-0,01
2009	1073538	400693	16217	4323	20540	66	25	-0,04
2010	1096683	404229	16333	4249	20582	67	25	0,01
2011	1125001	420628	15692	4017	19709	72	27	0,04
2012	1178253	452320	15463	4286	19749	76	29	0,07
2013	1213560	467277	15613	4148	19761	78	30	0,03
2014	1243300	485795	15782	4108	19890	79	31	0,04
2015	1260358	483495	15723	4113	19836	80	31	-0,00
2016	1273531	466228	15575	3998	19573	82	30	-0,04
2017	1306736	431741	15532	3697	19229	84	28	-0,08



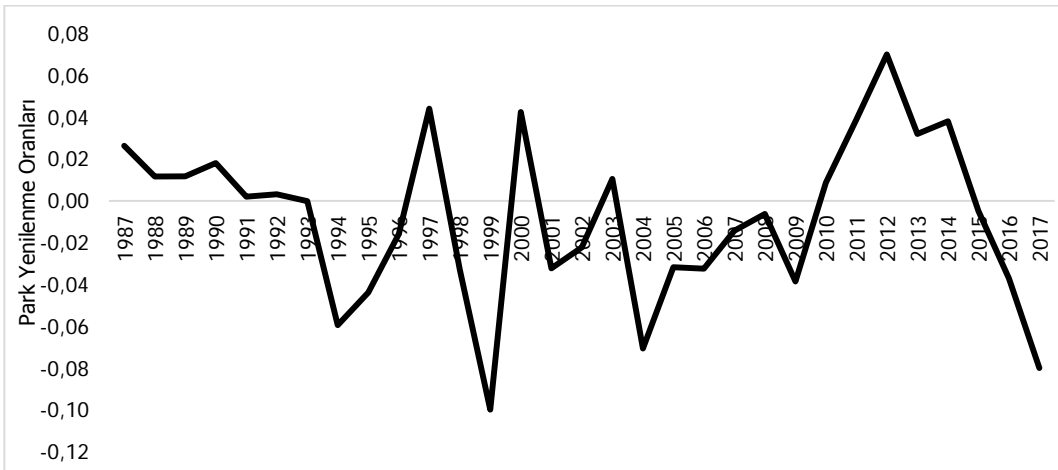
Şekil 1. Türkiye Traktör Parkının Yıllara Göre Dağılımı



Şekil 2. Ekilen Tarım Alanına Düşen Traktör Sayısının Yıllara Göre Dağılımı



Şekil 3. Parka Giren ve Parktan Çıkan Traktör Sayıları

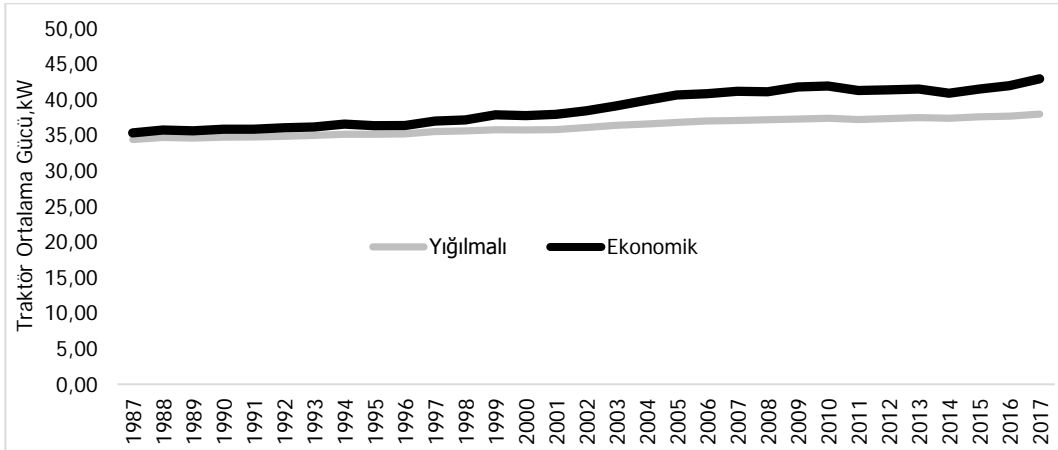


Şekil 4. Park Yenilenme Oranlarının Yıllara Bağlı Değişimi

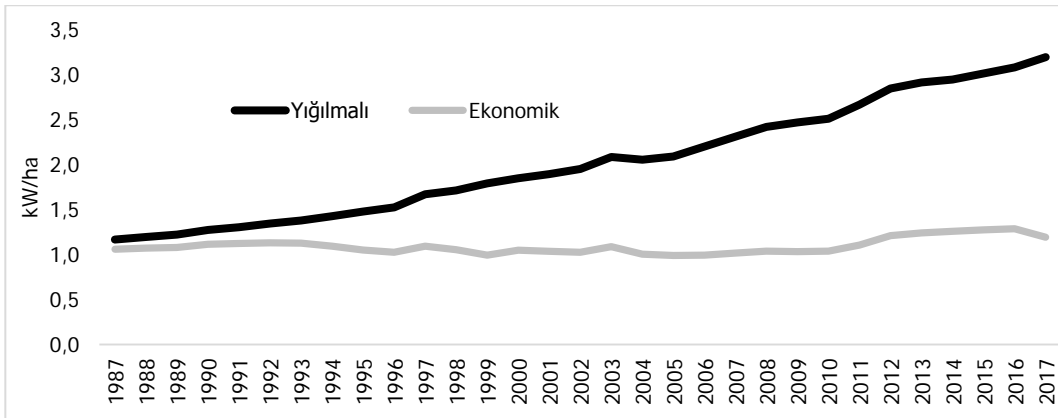
Ortalama traktör motor gücü değeri, 1987-2017 yıllarını kapsayan süreçte yığılmalı park için 34,4 kW ile 37,6 kW arasında değişirken, ekonomik park için 35,3 kW ile 43 kW arasında değişmektedir. 2017 yılı traktör parkı ortalama güç değeri, yığılmalı ve ekonomik park için sırasıyla 37,9 kW ve 42,9 kW olarak hesaplanmıştır. Çalışmada yararlanılan istatistik veriler 1964-2017 yılları arasındaki yığılmalı traktör sayılarını içermektedir. Yığılmalı traktör parkı ortalama gücü belirlenirken 53 yaşına kadar parkta bulunan tüm traktörler dikkate alınmıştır. Diğer yandan, ekonomik park için ortalama güç hesabında sadece 20 ve altındaki yaşlardaki traktörler kullanılmıştır. Ekonomik park ortalama traktör gücünün daha yüksek olması, son yıllarda parka daha yüksek güce sahip traktörlerin

sunulduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 5 incelendiğinde, özellikle son 15 yıllık süreçte ekonomik ve yığılmalı park ortalama traktör gücü değerleri arasındaki bu değişim, daha belirgin görülmektedir.

Mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde önemli göstergelerden biri olan tarım alanı başına düşen traktör gücü (kW/ha) değerleri incelendiğinde, yığılmalı traktör gücünün yıllara bağlı olarak sürekli bir artış gösterdiği, ekonomik traktör gücünün ise belirgin bir değişim göstermediği görülmektedir. 2010 yılından sonra ekilen alan başına düşen traktör gücünde artış eğilimi olmuştur. Son beş yıllık süreçte ekilen tarım alanındaki azalmalar ve parka daha yüksek güçteki traktör arzı, söz konusu eğilimin nedeni olarak gösterilebilir(Şekil 6).



Şekil 5. Türkiye Traktör Parkı Ortalama Güç Değerlerinin Yıllara Bağlı Değişimi



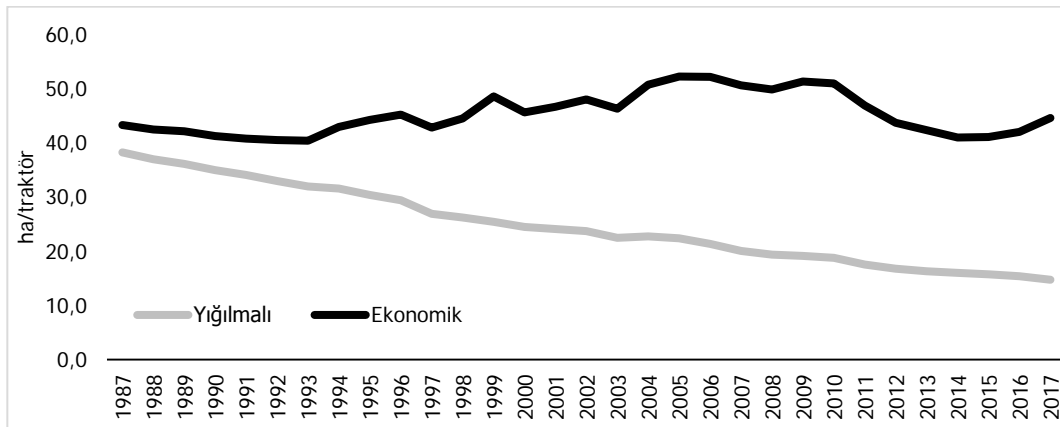
Şekil 6. Birim Alana Düşen Traktör Gücünün Yıllara Bağlı Değişimi

Traktör başına düşen ekili tarım alanı (ha/traktör) göstergesi incelendiğinde, 1987-2017 yılları arasında yığılmalı parka göre sürekli azalış eğilimi görülürken, ekonomik parka göre 2009 yılına kadar kararsız bir artış eğilimi bulunmaktadır. 2010 yılından itibaren

traktör başına düşen ekili tarım alanı değerlerinde sürekli bir düşüş olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). 2010 yılı ve sonrasında ekilen tarım alanındaki azalmalar ve parka giren traktör sayısındaki belirgin artışlar, bu eğilimin nedeni olarak gösterilebilir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Türkiye’de Traktör Gücü ve Tarım Alanlarına Bağlı Göstergeler

Yıl	Ort. Trak. Gücü, kW		kW/ha		Ha/traktör	
	Yığılmalı	Ekonomik	Yığılmalı	Ekonomik	Yığılmalı	Ekonomik
1987	34,4	35,3	0,9	0,8	38,2	43,3
1988	34,7	35,7	0,9	0,8	36,9	42,4
1989	34,6	35,6	1,0	0,8	36,1	42,1
1990	34,7	35,8	1,0	0,8	34,9	41,2
1991	34,7	35,8	1,0	0,9	34,0	40,8
1992	34,8	36,0	1,1	0,9	32,9	40,5
1993	35,0	36,1	1,1	0,9	31,9	40,4
1994	35,1	36,5	1,1	0,8	31,5	42,9
1995	35,1	36,3	1,2	0,8	30,4	44,2
1996	35,2	36,3	1,2	0,8	29,4	45,2
1997	35,5	37,0	1,3	0,8	26,9	42,8
1998	35,6	37,1	1,4	0,8	26,2	44,4
1999	35,7	37,9	1,4	0,7	25,4	48,5
2000	35,7	37,7	1,5	0,8	24,5	45,6
2001	35,8	37,9	1,5	0,8	24,1	46,6
2002	36,1	38,4	1,5	0,8	23,7	48,0
2003	36,4	39,1	1,6	0,8	22,5	46,3
2004	36,6	39,9	1,6	0,7	22,7	50,7
2005	36,8	40,6	1,6	0,7	22,4	52,2
2006	37,0	40,8	1,7	0,7	21,3	52,1
2007	37,1	41,1	1,8	0,7	20,0	50,5
2008	37,2	41,1	1,9	0,7	19,4	49,8
2009	37,3	41,8	1,9	0,7	19,1	51,3
2010	37,4	41,9	2,0	0,7	18,8	50,9
2011	37,2	41,3	2,1	0,8	17,5	46,9
2012	37,3	41,3	2,2	0,9	16,8	43,7
2013	37,5	41,5	2,3	0,9	16,3	42,3
2014	37,4	40,9	2,3	0,9	16,0	40,9
2015	37,6	41,5	3,0	1,3	15,7	41,0
2016	37,6	43,0	3,1	1,3	15,4	42,0
2017	37,9	42,9	3,2	1,2	14,7	44,5



Şekil 7. Traktör Başına Düşen Ekili Tarım Alanı Değerinin Yıllara Bağlı Değişimi

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada diğer araştırmacılardan farklı olarak öngörülen 20 yıllık traktör ekonomik ömrü, traktör teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, tamir-bakım masrafları ile yakıt tüketimi artışları, her yıl gelişen tarım makineleri kapasite ve daha fazla güç ve fonksiyon gereksinimleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Herhangi bir bölgenin tarımsal faaliyetlerinde teknolojik olanaklardan hangi düzeyde faydalandığının bir ölçütü kabul edilen mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde, ekonomik traktör kullanım oranı ayrı bir öneme sahiptir. Yiğilmalı traktör sayısına bağlı olarak belirlenen traktör esaslı mekanizasyon düzeyi göstergelerine göre yapılan değerlendirmeler, DİE ve TÜİK tarafından sunulan traktör istatistiklerinin kullanılabilir durumda olmayan hurda ve ekonomik ömrünü tamamlamış 20 yaş üstü traktörleri de içermesi nedeniyle, gerçekçi bir yaklaşım olmaktan uzaktır. Bu durumlar dikkate alınarak çalışmada, herhangi bir bölgenin tarımsal mekanizasyon düzeyinin ekonomik traktör parkı verileri temel alınarak değerlendirilmesinin, konu ile ilgili kişi ve kurumların yönlendirilmesinde daha doğru yaklaşımlar sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Özellikle, tarımsal faaliyetlerde makine kullanımında verimlilik ve karlılığın ön planda tutulduğu son yıllarda, ekonomik park ve yenilenme oranlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışmada, 2017 TÜİK istatistiklerine göre yiğilmalı ve ekonomik traktör park değerleri sırasıyla, 1306736 ve 431741 adettir. Yapılan değerlendirmeye göre, 2017 yılı itibarıyla parkta bulunan toplam traktörün yaklaşık %33’ünün, tarımsal faaliyetlerde ekonomik olarak kullanılmakta olduğu belirlenmiştir. Bu oran dışında kalan 874995 adet traktör de tarımsal faaliyetler için aktif olarak kullanılmakta, ancak 20 ve altındaki yaşlardaki traktörlere kıyasla, daha yüksek yakıt tüketimi, daha düşük teknolojiler, daha yüksek tamir bakım masrafları gibi nedenlerle, yapılan birim işlem

karşılığında daha yüksek maliyetler oluşturmaktadırlar. Ayrıca, 40 yaş ve üstü traktörler de söz konusu park içerisinde yer almakta ve bu traktörlerin bir bölümü hurdaya çıkarılmış ve kullanılmamaktadır. Kullanımda olanların da tarımsal faaliyetler ekonomik olarak kullanılamayacağı açıktır.

Türkiye traktör parkında son yıllarda parka giren traktör sayısındaki artış eğilimine rağmen, park yenilenme oranında düşüşler saptanmıştır. Ancak sayısal değişimi ifade eden yenilenme oranındaki bu azalmalara rağmen, ekonomik park ortalama güç değerlerinde artış eğilimi saptanmıştır. Özellikle son 5 yıllık süreçte park yenilenme oranındaki düşüşe rağmen ortalama güç değerindeki artışlar, son yıllarda yürütülen tarımsal faaliyetlerde daha büyük güçlü traktörlerin tercih edilmekte olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir.

Türkiye traktör parkı ortalama güç değerleri 2017 yılı yiğilmalı ve ekonomik park için sırasıyla 37,9 ve 42,9 kW değerlerindedir. Son 20 yıllık park ortalamasının 53 yıllık (yiğilmalı) park ortalamasından yüksek olması, son yıllarda Türkiye tarımında daha yüksek güçlü traktörlerin tercih edildiği saptamasını güçlendirmektedir.

Birim işlenen tarım alanı başına düşen traktör gücü hesaplandığında, 2017 yılı yiğilmalı ve ekonomik park değerleri sırasıyla 3,2 kW/ha ve 1,2 kW/ha olduğu belirlenmiştir. Ekonomik park değeri, daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır. Birim alan için 3,2 kW yiğilmalı traktör gücü, oldukça eski kullanımda olmayan traktör güçlerini ve kullanımı ekonomik olmayan çok sayıda traktör güçlerini de içermektedir.

Türkiye’nin traktör esaslı mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde, her yıl yiğilmalı olarak yayınlanan TÜİK istatistiklerinden yararlanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye’nin mekanizasyon düzeyi ve traktör park yenilenme oranlarının değerlendirilmesinde, TÜİK istatistikleri kullanılarak oldukça güvenilir yaklaşımlar sağlana bilinmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Akinci, İ., M. Çanakçı, 2000. Antalya İli Tarım İşletmelerinde Traktör ve Tarım Makinaları Kullanım Sürelerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, 43-50, Erzurum.
- Altuntaş, E., İ. Aslan, 2009. Sivas İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin 1997-2007 Yılları Arasındaki Değişiminin İncelenmesi. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(2): 87-95.
- Altuntaş, E., H. Demirtola, 2004. Ülkemiz Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafi Bölgeler Bazında Değerlendirilmesi. GOÜ. Ziraat Fak. Dergisi, 21(2), 63-70, ASAE 2000. ASAE Standards D497.4: Agricultural Machinery Management Data.
- Bakht, G.K., H. Ahmadi, A. Akram, M. Karimi, 2008. Determination of Optimum Life (Economic Life) for Mf285 Tractor: A Case Study in Center Region of Iran American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4 (1): 81-85.
- Dartar, İ., 2007. Türkiye’nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi İle Haritalanması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Demirci, K. 1986. Büyük Güçlü traktör ve Büyük İş Kapasiteli Makinaların Kullanılma Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi, 5-7 Mayıs. s 23-33, Adana.
- DİE 2000. Tarımsal Yapı ve Üretim, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü 2000 yılı Türkiye İstatistik Yıllığı, Ankara.
- Erkmen, Y., S. Bastaban, A. Çelik, İ. Öztürk, 1990. Türkiye’nin Coğrafi Bölgelere Göre Tarımsal Mekanizasyon Sorunları ve Çözüm Olanakları, 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 1- 4 Ekim 1990, Adana.
- Evcim, H.Ü. , E. Ulusoy, E. Gülsoylu, B. Tekin, 2008. Türkiye ‘de Bölgelere Ve İllere Göre Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi.

- Evcim, H.Ü., E. Ulusoy, E. Gülsoylu, K.O. Sındır, K.O., E. İçöz, 2005. Türkiye Tarımı Makinalaşma Durumu. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Tarım Haftası 2005 Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Gürsoy, S., 2013. Batman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İlçeler Bazında Değerlendirilmesi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi Cilt 3, Sayı 2.
- Işık, A., İ. Altun, 1998. Şanlıurfa-Harran Ovasında Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. Tr.J.of Agriculture and Forestry 22 151-160© TÜBITAK
- Işık, E., T. Güler, A. Ayhan, 2003. Bursa İline İlişkin Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma.Ulud.Üniv.Zir.Fak.Derg.,17 (2): 125-136.
- Işık, A., 1988. Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makina Ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Moens, A., A. A. Wanders, 1984. Planning Requirements of Agricultural Machinery. Xth Congress of CIGR, Budapest, 1-16.
- Mutlu, N. 2004. Harran Ovasında Sulu Tarım Yapan İşletmelerin Mekanizasyon Düzeyi ile Uygun Ortak Makina Kullanım Modellerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye
- Özguven, M.M.,U. Türker, A. Beyaz, 2010. Türkiye'nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu. GOÜ,Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2): 89-100.
- Sabancı, A., S. K. Sümer, Say S.M., 1999. Levels and Development of Agricultural Mechanisation in Turkey and the World, 7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Adana, Türkiye, 26-27 Mayıs 1999, pp.485-490
- Sabancı, A., İ. Akıncı, 1994. Dünyada ve Türkiye'de Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi ve Son Gelişmeler. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- Sağlam, C., B. Akdemir 2002. Annual Usage of Tractors in North-West Turkey. Biosystems Engineering, Vol 82(1): pp.39-44.
- Saral, A., M. Vatandaş, M. Güner, M. Ceylan, T. Yenice, 2015.Türkiye Tarımının Makinalaşma Durumu. From http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/2004314aa49d953_ek.pdf?tipi=14
- Sessiz, A., S. Gürsoy, A. K. Eliçin, S. Akın, R. Esgici, 2012. Diyarbakır İli Tarımsal Mekanizasyon Durum Analizi ve Planlaması Projesi. Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü.
- Sümer, S.K., M. Has, A. Sabancı, 2004."Türkiye'de Üretilen Tarım Traktörlerine Ait Teknik Özellikler", Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , cilt.19, ss.17-26.
- Sümer, S.K., S. M. Say, M. Has, A. Sabancı, 2003. Türkiye'de Ekonomik Traktör Parkı ve Gelişimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , cilt.18, ss.45-52.
- Sümer, S.K., Say S.M., Özpınar S., 2008. Çanakkale İlinde Kullanılmış Traktör Fiyatlarının Değerlendirilmesi, Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi cilt.5, ss.253-266.
- TÜİK 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu Resmi İnternet Sayfası From www.tuik.gov.tr
- Vurarak, Y., N. Angın, 2012. Adana İli Tarım Makinaları Varlığında 10 Yıl İçinde Meydana Gelen Değişimler. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi.
- Yeşilyurt, M.K., T. Eryılmaz, O. Gökdoğan, B. Yumak, 2013. Kırıkkale İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2013; 10(2):7-13

Hayvanların Sağlığını, Refahını ve Üretimini Değerlendirmek İçin Temassız ve Tahribatsız Bir Araç Olarak Kızılötesi Termografi

Arda AYDIN^{1*}, Cihan DEMİR²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Türkiye

²Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine Bölümü, Kırklareli

*Sorumlu yazar e-posta: araydin@comu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 17.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Kızılötesi termal görüntüleme teknolojisi, çevresel ve fizyolojik koşullara bağlı olarak hayvan metabolizmasındaki termal değişimleri belirlemek için kullanılan temassız ve tahribatsız bir test aracıdır. Bu teknoloji, hastalıkların tespit edilmesinde giderek artan bir kullanıma sahiptir ve kanatlı hayvanlar ile büyükbaş hayvancılıkta genel stres ve ağrıyı belirlemek için yararlı bir araç olarak kullanılabilir. Bu çalışma, hayvancılıkta termal görüntüleme teknolojisinin kullanım alanlarına değinmektedir. Örneğin, stres izleme, erken hastalık tespiti, sağlık ve refah değerlendirmesi, korku ve / veya ağrı tespiti gibi. Bu çalışmada ayrıca, kızılötesi teknolojinin hayvancılıkta kullanımı ile birlikte, hayvancılık endüstrisindeki hayvan sağlığı ve refahına ilişkin neden ve sonuçların tartışılmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Termal görüntüleme, cilt sıcaklıklarındaki değişiklikleri hızlı ve uzaktan ölçerek hayvanlardaki bazı anormallikleri belirlemek için kullanılabilir. Bilindiği gibi, anormal vücut ısısı hastalığın önemli bir göstergesidir. Ayrıca hamilelik ve yem verimliliği gibi çiftlik hayvanlarının fizyolojik durumları da bu yöntem ile tespit edilebilir. Son yıllarda, sığırlarda topallamayı belirlemek ve kontrol etmek için termografinin değerlendirilmesini tartışan birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, inflamasyon veya yaralanma ile ilişkili olarak ineklerin ayak lezyonlarının tespit edilmesi amacıyla kullanılmış ve bu araştırma sonuçlarına göre, termal görüntüleme teknolojisinin, hedef alandaki sıcaklık değişimlerini ve maksimum ayak sıcaklığını tespit etme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Termal görüntüleme son zamanlarda, hayvanlarda korku ve / veya ağrıya bağlı tepkileri tespit etmek için göz ısısındaki değişimlerin kullanılabilceğini de göstermiştir. Örneğin, göz ısıları ölçülerek, siğir, bizon ve geyik gibi hayvanların stres durumları bu teknoloji ile tespit edilmiştir. Aynı yöntem başka bir çalışmada ise atlardaki stresin belirlenmesi amacıyla kullanılmış olup bu yöntem koyunlar ve keçilerde dahil olmak üzere bir çok çiftlik hayvanının sahip olduğu farklı problemlerin tespiti amacıyla kullanılabilir. Örneğin, yeni doğan civcivlerin sağlık durumlarının tespiti ve büyükbaş hayvanların sahip olduğu mastitit probleminin tespiti amacıyla termal görüntüleme teknikleri kullanılmıştır. Son çalışmalar, buzağılardaki orbital bölgenin termal görüntülerinin, hayvan hastalıklarının erken evrelerde, klinik bulguların ortaya çıkmasından neredeyse bir hafta önce etkili bir şekilde belirlenebildiğini göstermiştir. Termal görüntüleme tekniği, çok yönlü özellikleri, temassız ve tahribatsız çalışabilme özelliği ve sahip olduğu yüksek hassasiyet nedeniyle hayvancılıkta sayısız uygulamaya sahiptir. Bu avantajlar, çiftlik hayvanlarının sağlık ve refah durumunu belirlemek için termal görüntülemenin yararlı bir yöntem olduğunu göstermektedir. Termal görüntüleme teknolojisi sadece bir teşhis yöntemi olarak değil, aynı zamanda rutin hayvancılık yönetimini değerlendirmek için de kullanılmıştır. Ancak, her ne kadar hayvanların ısısal paternlerindeki değişikliklerin tespit edilmesinde hassas olsa da, bu metodoloji ısısal değişimlerin nedenlerini tanımlamak için yeterli olmayabilir ve ekstra analiz yöntemleri ile desteklenmesi gerekebilir.

Anahtar kelimeler: Hayvancılık, termal görüntüleme, hastalık tespiti, refah durumu

A Novel Technique to Assess the Animal Health, Welfare and Production; Infrared Thermography as a Non-Invasive and Non-Intrusive Tool

Abstract: Infrared thermal imaging technology is a non-invasive and non-instructive testing tool used to determine thermal changes in animal metabolism depending on environmental and physiological conditions. This technology has an increasing use in detecting diseases and can be used as a useful tool to determine general stress and pain in poultry and cattle livestock. This study addresses the areas of application of thermal imaging technology in livestock. For example, stress

monitoring, early disease detection, health and welfare assessment, fear and / or pain detection. The study also aims to provide a discussion of the causes and consequences of animal health and well-being in the livestock industry, as well as the use of infrared technology in livestock production. Thermal imaging can be used to quickly and remotely measure changes in skin temperatures to detect certain abnormalities in animals. As is known, abnormal body temperature is an important indicator of disease. In addition, the physiological status of livestock such as pregnancy and feed efficiency can be determined by this method. In recent years, a number of studies have been conducted on cattle to discuss the evaluation of thermography to identify and control laxification. For example, it has been used for detecting foot lesions of cows in relation to inflammation or injury and according to the results of this research, it has been determined that thermal imaging technology has the ability to detect the target temperature changes and maximum foot temperature. Thermal imaging has recently shown that changes in eye temperature can be used to detect fear and / or pain-related reactions in animals. For example, by measuring eye temperatures, the stress states of animals such as cattle, bison and deer have been identified with this technology. In another study, the same method was used to determine the stress in the horse, which can be used to identify different problems that many farm animals have, including sheep and goats. For example, thermal imaging techniques have been used to detect the health status of newborn chicks and to detect the mastitis probelbine that bovine animals have. Recent studies have shown that the thermal images of the orbital region in the ice provide an effective way of identifying animal diseases in the early stages, almost a week before clinical manifestations. Thermal imaging techniques have numerous applications in livestock due to their versatility, non-invasive and non-intrusive ways, vitality and high sensitivity. These advantages indicate that thermal imaging is a useful method for determining the health and well-being of livestock. Thermal imaging technology has been used not only as a diagnostic method, but also to evaluate routine livestock management. However, although it is sensitive for detecting changes in the thermal patterns of animals, this methodology may not be sufficient to identify the causes of thermal changes and may need to be supplemented by additional analysis methods.

Key words: Livestock farming, thermal imaging, disease detection, welfare situation

GİRİŞ

Vücut ısısındaki değişim, yaklaşık olarak M.Ö. 400'den beri hastalığın önemli bir göstergesi olarak kabul edilmiş ve termometrenin 17. yüzyılda icat edilmesinden bu yana, vücut ısısının niceliksel olarak ölçülmesi tıbbi uygulamalarda bir standart olmuştur. Her ne kadar termografi, birçok mimarlık ve mühendislik mesleğine dahil edilmiş ve endüstri çapında standardizasyona yol açmış olsa da, tıpta kullanımı hala keşfedilmektedir. Tıbbi alanda termografinin çeşitli potansiyel kullanımları göz önüne alındığında, kullanımı için birkaç standart oluşturulmuştur. Ateşli hastaların termografi ile erken teşhisi avantajlıdır çünkü bu hastalar izole edilebilir ve tedavi edilebilir. Bu da duyarlı bir popülasyonda hastalık bulaşmasını kontrol eder. 2000'li yılların başında insanlarda şiddetli akut solunum sendromu ve kuş gribi salgınları sırasında termografi, havalimanlarında ateşli bireyleri tanımlamak için kullanılmış ve böylece hastalığın seyahat yoluyla bulaşması engellenmiştir. Kızılötesi termografi veteriner hekimlikte de uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Çünkü, yıllar boyunca yaşam koşulları ve yönetimi esaret altında tutulan hayvanların "adaptasyonu" ve "refahı" ile ilgili çeşitli yasalar getirilmiştir. Ayrıntılı olarak, bilimsel amaçlar için kullanılan hayvanların korunması ve barındırılması

konusunda Avrupa Direktifi (2010/63 / UE), Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (OIE) ile birlikte son olarak Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA) tarafından yayımlanan AB Yıllık Refah Stratejisine göre hareket edilmesi gerekmektedir. Hayvan refahı koşullarının objektif ve bilimsel olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan araştırma yöntemleri içerisinde termografi yöntemi de yer almaktadır. Invaziv olmayan yöntemlerin kullanılmasının başlıca avantajı, gözlem ve hayvanın davranışı arasındaki herhangi bir müdahalenin önüne geçmektir. Kızılötesi termografi veya termo görüş, nesnelerin sıcaklığını uzaktan ölçmek ve görüntülerle göstermek için kullanılan bir tekniktir. Bunlar genellikle farklı renklerin, nesnenin "gerçek" rengine değil, belirli bir sıcaklığa karşılık geldiği farklı renk ölçeklerinde temsil edilir. Kızılötesi termografi, termal fizyolojinin birçok farklı yönünü inceleyebilir, yaralanma ve hastalığı teşhis edebilir ve hayvan popülasyonlarını saymak için yararlı bir teknik olarak kullanılabilir. Hayvan araştırmalarında bu tekniğin en büyük avantajı, hayvanlara dokunmadan ölçümlerin yakın mesafeden (<1 m) ya da uzak mesafelerden (> 1000 m) yapılabilmesidir. Hayvancılıkta termografinin belki de en ümit verici uygulaması, ateş veya lokal iltihaplanmanın gelişimine işaret eden vücut ısısındaki artışın erken tanımlanmasıdır. Anormal derecede

artmış vücut ısısı tespit edilen hayvanlar izole edilebilir, test edilebilir ve tedavi edilebilir. Kullanım kolaylığı, yüksek termal çözünürlük (kullanılan dedektöre bağlı) ve son derece invaziv olmayan kullanım olanaklarından dolayı, son zamanlarda termografinin bir teşhis aracı olarak yaygın biçimde kullanılan bir teknik haline geldiği görülmüştür. Örneğin Knizkova ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir derleme çalışmasında başta büyükbaş hayvanlar ve koyunlar olmak üzere bir çok hayvan türünde termal kamera uygulamalarının kullanıldığı belirtilmiştir.

Termografiyi etkileyen koşullar

Kullanım amacına bakılmaksızın, herhangi bir termogramın kalitesini ve kullanılabilirliğini bir dizi faktör etkilemektedir. Bu faktörler üç kategoriye ayrılabilir: test materyali, çevre ve görüntünün elde edilmesi ve işlenmesi. Bu kategorilerin her birinde bulunan değişkenler, termografik görüntü yorumunu etkileyebilir. Bu nedenle bunları tanımlamak ve kontrol etmek önemlidir. Bir termogramı etkileyebilecek çevresel faktörler arasında ortam sıcaklığı ve stabilitesi, rüzgar veya hava akımı, güneş ışığı, yağmur ve diğer hava koşulları gibi hava hareketleri yer alır. Wtermografihen ve ark. (2011) termogram üretiminde potansiyel belirsizlikleri tanımlamışlar ve termografik görüntülerden en doğru ölçümleri elde etmek için bir dizi algoritma tasarlamışlardır. Termogramlar ve teknik olarak yetenekli profesyoneller birleştiğinde görüntü işleme iyileşir. Ayrıca, kontrol edilen şartlar altında sağlıklı hayvanların termografik görüntülerinin bir kataloğunu oluşturmak, her bir türdeki termal paternlerin normal varyasyonlarını hesaba katmak için geliştirmek ve sürdürmek de önemlidir. Sağlıklı hayvanlarda tek tek hayvan faktörlerinin termografi sonuçlarını nasıl etkileyebileceğini araştırmak için bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Hellebrand ve ark., 2003; Loughin ve Marino, 2007). Köpeklerde sıcaklığın tüylerin kırılmış ve kırılmamış bölgeleri arasında farklılık gösterse de, termografi okumalarının her alan içinde sabit olduğunu göstermektedir (Loughin ve Marino 2007). Ten rengi termografi okumalarını da etkileyebilir, örneğin siyah ve beyaz sığırlarda siyah alanlar genellikle beyaz alanlardan daha sıcaktır (Hellebrand ve ark. 2003). Benzer şekilde, zebraalarda siyah ve beyaz şeritler arasında bir sıcaklık farkı vardır (Hellebrand ve ark. 2003). Siyah şeritler gün boyunca beyaz şeritlerden daha sıcaktır ve muhtemelen siyah çizgiler daha fazla miktarda güneş enerjisi emer. Bununla birlikte, siyah şeritler gece boyunca beyaz şeritlerden daha soğuktur. Bu da emisivitede farklılıkların bir sonucu olabilir veya bir yüzey siyah ve

beyaz şeritler arasında bir termal enerjiyi serbest bırakır (Benesch ve Hilsberg, 2003).

Çevresel faktörler termografi okumalarını etkiler ve termografi okumalarını etkileyen en yaygın çevresel faktörlerden bazıları konuyla ilgili nem ve döküntüdür. Hayvancılıkta, termografi, hayvanların nadiren temiz ve kuru olduğu saha ortamlarında bir tarama aleti olarak kullanılmak üzere sıklıkla uygulanmaktadır. Bir hayvanın kılındaki veya cildindeki su veya kir, emisivitesini etkiler (Campbell ve Norman, 1998). Islak ortam koşulları, termografinin yararlılığını sınırlar ve termografi okumalarını etkileyebilir. Church ve ark. (2014) rüzgârın sığırların gözünden elde edilen termografi okumaları üzerindeki etkisini araştırmak için fanlar kullanmışlardır. Termografi sıcaklık okuması, 7 km/h'lik rüzgar hızında düşük ve 12 km/h'lik rüzgâr hızında ise daha da düşük çıkmıştır. Başka bir çalışmada, araştırmacılar termografi sıcaklık okumaları üzerine rüzgâr hızının etkisini belirlemek için atların sağ ön ayaklarının distal kısmına bir fan yönlendirmiştir. Sağ ön ayakların sıcaklığı 1.8 km/h kadar düşük rüzgar hızları ile azalmış ve rüzgâr hızı arttıkça azalmaya devam etmiştir (Westermann ve ark., 2013a). Yine diğer araştırmacılar termografinin gece testleri için en yararlı teknik olabileceğini öne sürmektedir. Çünkü teknoloji sıcaklık farklılıklarının tanımlanmasına dayanmakta ve güneş battıktan sonra nesne ve çevresi arasındaki sıcaklık farkı en yüksek seviyede olacaktır (McCafferty ve ark., 2011). Bu öneri, açık havada barındırılan hayvanlarda gerçekleştirilen termografi için en uygun olanı olacaktır. Dolaşım ve termoregülasyonu etkileyen iç faktörler de termografi sıcaklık okumalarını etkiler. Çeşitli sedasyon protokollerinin köpeklerde yüzeysel sıcaklık düzenlemesi üzerindeki etkisini belirlemek için termografinin kullanıldığı bir çalışmanın sonuçları, tek başına medetomidin uygulamasının periferik deri sıcaklıklarında azalmaya neden olduğunu göstermektedir (Vainionpää ve ark., 2013). Termografik görüntülerin yorumlanması sırasında dikkate alınması gereken diğer bir önemli faktör, termografi kamerasının konuyla ilgili pozisyonudur. Bu çalışmada, kamera açısında 20° lik değişim ya da kamera mesafesindeki 0.5 m'lik artış termografi sıcaklık okumaları üzerinde bir etki yaratmamıştır. Dik açıya göre <30° kamera açılarındaki değişikliklerin, genellikle, termografik görüntü yorumlaması üzerinde bir etkisi olmadığı düşünülmektedir; bununla birlikte, Watmough ve ark. (1970), kamera açısında nesneye göre değişikliklerin emisiviteyi ve termografi ile ölçülen sıcaklığı tespit etmeyi önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir. Church ve ark.'nın (2014), termografi kamera mesafesinin 0.2 m'lik artışlarla 0.2 m'den 2.0 m'ye çıkarılmasıyla yapılan çalışmada, ısı geçişi ve araya giren

atmosfer tarafından emilimin etkisi daha belirgin hale gelmiştir. Uygun algoritma ve mesafe, nem ve çevre sıcaklığı gibi girdiler verildiğinde, ortamın termografi sıcaklık okumaları üzerindeki etkisi kontrol edilebilir. Gelişmiş kameraların ve yazılımların kullanılabilirliği ile, termografik görüntülerin elde edilmesi ve yorumlanması daha kolaydır. Kızılötesi kameralar, mobil ve kompakttır ve yeni modellerin çoğu, görüntüleri hemen işlemek üzere kablosuz olarak uzaktaki bir bilgisayara aktarabilir. Bazı kamera modelleri, kullanıcının dikkatini değerlendirilmekte olan konuyla ilgili belirli bir bölgeye çekebilen sesli ve görsel uyarılar ile donatılmakta ve doğru teşhise yardımcı olmak için en yararlı görüntülerin elde edilmesini sağlamak amacıyla daha fazla görüntüleme ve değerlendirme gerçekleştirilebilmektedir.

Erken hastalık tespitinde termografi

Kızıl ötesi termografinin, piroksi veya lokalize iltihaplanmaya yol açan herhangi bir hastalıktan etkilenen hayvanların saptanması için yararlı bir tarama yöntemi olma potansiyeli vardır. Kızılötesi termografi, her canlının vücut sıcaklığının geleneksel yollarla elde edilmesinin zaman alıcı olmasından dolayı, kolayca kısıtlanamayan vahşi hayvanlar için kullanılması veya büyük hayvan grupları için için kullanılması oldukça yararlı olabilir. Bir türdeki bir hastalık için patognomonik bir termal profilin saptanması zor olmakla birlikte, ateşi veya enflamasyonun varlığının hızlı bir şekilde belirlenmesi, hasta olma riskinin yüksek olduğu canlıların belirlenmesine yardımcı olabilir. Bu canlılar daha sonra ek tanı testi ve gerektiğinde tedavi için izole edilebilir. Aşağıdaki paragraflar, çeşitli hastalıkları ve fizyolojik koşulları tespit etmek için termografi kullanımını tarif etmektedir.

Siğirilerin ishal durumlarının tespitinde, termografi kullanılarak ölçülen göz ısı, burun, kulak, vücut ve toynak gibi diğer alanlara göre daha etkilidir. Benzer şekilde, siğir solunum yolu hastalıkları ile yapılan araştırmalarda, kızıl ötesi değerlerin, klinik görünümünden önce hasta hayvanların belirlenmesinde klinik skorlara, iç sıcaklıklarına veya hematolojiye göre çok daha etkili olduğunu açıkça göstermiştir (Schaefter ve ark., 2007). Araştırmadan elde edilen veriler, buzağılardaki orbital bölgenin (göz çevresi) kızılötesi termografi taramalarının siğir solunum yolu hastalığının erken tanımlayıcısı olarak etkili olduğunu göstermiştir. Bu tür bilgiler, etkilenen hayvanların daha erken ve daha hedefe yönelik bir şekilde tedavi edilmesini, böylelikle hayvan acılarını azaltarak hayvan endüstrisinin ekonomisinin iyileştirilmesini ve antibiyotik dirençli mikropların teşvik edilme ihtimalinin azaltılmasını sağlayacaktır. Bu gibi durumlarda, canlı hayvanlarda hastalığın erken evrelerinin temassız ve

tahribatsız tespiti için termografi kullanımı mümkündür. Bir hayvanın hastalığın erken beltermografilerini göstermesi ve bu nedenle tıbbi müdahale gerektirmesi durumunda bir feedlot operatörü veya çiftlik yöneticisine tavsiyede bulunabilir.

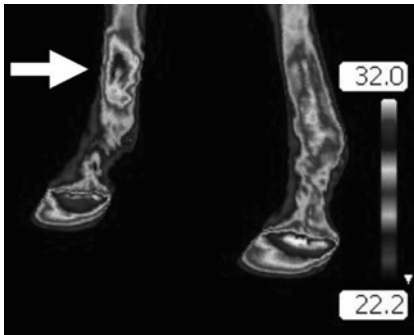
Hamilelik ve üremede termografi

Hamilelik tespiti için termografi kullanımı çeşitli türlerde araştırılmış ve farklı derecelerde başarı göstermiştir. İnfrared termografik görüntüler hem gebe hem de gebe olmayan kısırakların sol ve sağ yanlarından elde edilmiş ve bu görüntülerin değerlendirilmesi, önemli bir sıcaklık farkı olduğunu göstermiştir. Bu sıcaklık farkının nedeni, fetüsün sağ ya da sol uterin boynuzun implantasyonundan kaynaklandığına inanılır. Bu da lokal metabolik gereklilikleri artırır ve termografi tarafından tespit edilen kan akışı ve sıcaklığındaki bir artışa yol açar (Bowers ve ark., 2009). Kızılötesi termografi zürafalar, zebralar ve siyah gergedanlarda gebeliğin tespit edilmesi için kullanılmış ve pandalarda gebelik ile yalancı gebelik arasında farkın tespiti için kullanılmıştır (Hilsberg ve ark., 1997). Bunun tersine, köpekler ve siğirileri içeren çalışmaların sonuçları, termografinin gebelik tespiti için yararlı olmadığını göstermiştir (Durrant ve ark., 2006). Bu durum, muhtemelen bu türlere özgü fizyolojik özelliklerin sonucudur. İnekler, sol göğsün çoğunu kaplayan ve muhtemelen gebeliğin neden olduğu sıcaklık değişikliklerini engelleyen büyük, fizyolojik olarak aktif bir ruma sahiptir. Genel olarak, termografinin hamileliğin sadece uniparous türlerde ve bazı geviş getiren hayvanlarda saptanmasında yararlı olduğu görülmektedir. Üreme verimliliği hayvancılık endüstrisi için hayati önem taşır (Stelletta ve ark., 2012). Kısıraklarda, östrusu izlemek ve yumurtlamayı tanımlamak için termografi kullanılmıştır.

Hayvan refahı değerlendirilmesinde termografi

Hayvan refahının değerlendirilmesi için özellikle ısı değişimlerin tespiti ile ilgili konularda termografinin kullanıldığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Cook ve ark., 2006; Bouzida ve ark., 2009; Ferreira ve ark., 2011). Hayvan refahı tanımı genel olarak hayvan ve çevresi arasındaki denge olarak kabul edilir. Pratikte bu, onlara yeterli sağlık ve rahatlık sağlamanın yanı sıra herhangi bir olayın stresinden kaçınmak anlamına gelir. Bu, sağlık, refah ve verimliliğin yakından bağlantılı olduğu anlamına gelir (Moura ve ark., 2006). Dawkins (1990) refahın esas olarak hayvanın tepkisinden daha fazla hissettiği şeye bağlı olduğunu fikrini desteklemektedir; bununla birlikte, diğer yazarlar refah belirleyicilerini sıkıntı ve ıstırap derecesine bağlı olarak tanımlamıştır (Zhou ve Yamamoto, 1997; Yahav ve ark., 2004; Nääs ve ark.,

2010). Aynı zamanda, hayvan refahının etkili bir şekilde değerlendirilmemesi, refah düzenlemeleri ve hayvan refahı bilgilerinin evrimi için büyük bir zorluğu temsil etmektedir. Termografi, kümes hayvancılığı araştırmalarında, buzağılarda normal yönetim prosedürleri veya sağlık durum kontrolü altındaki çiftlik hayvanlarının refahını değerlendirmek için kullanılmıştır (Schaefer ve ark., 2004; Stewart ve ark., 2008) (Yahav ve ark., 2001; Yahav ve ark., 2004). Aynı zamanda vahşi hayvanlardaki refahı değerlendirmek için de yararlı olmuştur (McCafferty ve ark., 1998; Dawson ve ark., 1999; Ward ve ark., 1999). Kas sıcaklık artışı ve erken postmortem pH düşüş oranı arasındaki bağlantıya dayanarak (Nicol ve Scott, 1990) termografi, et kalitesinde varyasyonun tahmin edilmesi amacıyla kesim öncesi işlemeye yanıt olarak domuzlarda sıcaklık artışını tanımlamak için uygulanmıştır (Weschenfelder, 2013). Stresle başlayan hipertermi veya psikojenik ateş fenomeni, birçok türde meydana gelir ve bir duygusal stres etkeni başlangıcının 10 ila 15 dakika içinde vücut sıcaklığındaki bir artış ile karakterize edilir. Broiler tavuklarda ele alınma stresi incelendiğinde, Edgar ve ark. (2013), kullanım sırasında göz sıcaklığının önemli ölçüde değiştiğini tespit etmişlerdir. Yazarlar, termografi kullanılarak değerlendirilen yüzey sıcaklık değişikliklerinin, ele alınma gibi rutin tedaviye duyarlı olduklarını ve tavuklarda stres kaynaklı hiperterminin değerlendirilmesinde potansiyel olarak yararlı bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Atlarda, termografinin belirlediği göz ısı, hem tükürük ve hem de plazma kortizol konsantrasyonları ile anlamlı ve pozitif korelasyon gösterir. Koyunlarda, termografinin belirlediği göz sıcaklığı strese tepki olarak doğru bir şekilde ölçeklenebilir. Bununla birlikte, türler arasında strese verilen sıcaklık tepkisinde önemli farklılıklar vardır. Başka bir çalışmada, çeşitli atlarda enjeksiyon ve ameliyat yerleri termografi ile değerlendirilmiştir (Van Hoogmoed ve Snyder, 2002). Termografiden alınan yüzey sıcaklık ölçümleri ile ilgili veriler de atlarda ortopedik yaralanmaları tanımlamak için başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Eddy ve ark., 2001).



Şekil 1. Atlardaki yaralanmaların tespitinde termografi kullanımı (John ve ark., 2009)

1975 yılında Nelson ve Osheim, atlarda kızarma ile ilintili iltihaplanma için spesifik bir termografik model tarif etmişlerdir. Yüzey sıcaklık değerlendirmesi ile ilgili önemli bir konu, malzeme emisyon katsayısıdır (ϵ). Hayvancılıkla ilgili bir araştırmada, cilt sıcaklık emisyon katsayısının oluşturulması için çeşitli varsayımlar yapılmıştır. Örneğin, kullanılan emisivite katsayısı, tüylü bölgeler için 0.94, tüysüz bölgeler için 0.95, biyolojik materyal için emisyon değerleri aralığındadır (Ferreira ve ark., 2011). Bu konuda literatürde birçok öneri vardır. McCafferty ve ark. (1998), tüylü bir baykuşun radyan ısı kaybını hesaplarken, 0.98'lik tüyler için emisivite değerini belirlemişlerdir. Dawson ve ark. (1999), penguen paltosundan bir radyant ısı transferi modeli oluştururken keratinin 0.8'e eşit olan emisyon değerini kabul etmişlerdir. Ward ve ark. (1999) ve Cangar ve ark. (2008) tüm kanatlılar için 0.95'lik emissivite değerini önermişlerdir. Malheiros ve ark. (2000), ambar kapakçıklarında yüzey sıcaklığının değişimini tanımlamak için $\epsilon=0.94$ kullanmıştır. Yumurtlayan tavuklarda tüy kayıpları, çoğunlukla çevresel, sosyal ve genetik faktörlerin karmaşık bir etkileşiminden kaynaklanan bir davranış olan yaş, yıpranma ve tüy atmalarından kaynaklanır. Tüy örtüsünün değerlendirilmesi, kuş refahının ve ek olarak refah dostu üretim uygulamalarının değerlendirilmesi için önemli bir faktördür. Kızılötesi termografi gelecekte hayvan refahının değerlendirilmesi ve değerlendirilmesi için nesnel bir sonuç temelli bir önlem olarak kullanılabilir. Günümüzde en sık kullanılan yöntem, tüy anatomisinin birkaç anatomik lokalizasyonda görsel olarak değerlendirilmesi ve ardından subjektif skorun tahsis edilmesi olan tüy skorlamasıdır. Tüy puanlamasının özneliği, yayılan sıcaklık gibi sürekli bir değişken üzerindeki objektif değerlendirmeden daha yüksek varyasyon ve daha düşük tekrarlanabilirlikle sonuçlanır. Ayrıca, tüy puanlaması gerçek tüy kapağının ölçüsünü sağlamaz. Araştırmalar, son zamanlarda kızılötesi termografinin, mevcut subjektif değerlendirmelere göre belirgin avantajlar ile tüy örtüsünü değerlendirmek için objektif, doğru ve tekrarlanabilir bir yöntem olduğunu göstermiştir (Cook ve ark., 2006). Kızılötesi bir görüntüdeki her piksel, ilişkili bir sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) sahiptir; Böylece, bir termografi görüntüsü etkin bir şekilde nesnenin bir sıcaklık haritasıdır. Yayılan sıcaklık, çekirdek vücut sıcaklığından daha fazla değişime cevap verir ve hastalık ve strese tepki olarak ortaya çıkan ısı düzenleyici dalgalanmaların hassas bir ölçümünü sağlar. Kızıl ötesi termografiden elde edilen verilerin,

gerçek tüy kapağını ya da çıplak deri alanlarını daha doğru yansıtan sürekli bir değişken olduğu gösterilmiştir. Yakın zamanda Alberta Üniversitesi'nden Dr. Gaylene Fasenko, broiler embriyolarının, civcivlerin ve hindilerin sağlığını ve yaşayabilirliğini değerlendirmek için kızılötesi termografiyi kullanmıştır (Kaynak). Araştırmanın genel amacı, sıcaklığın kritik olduğu üretim durumlarında erken teşhis ve teşhis için bir araç olarak kızılötesi termografiyi değerlendirmektir. Yavruların sağlığı şu anda öznel bir görsel inceleme ile belirlenir. Dr. Fasenko, teknolojinin civcivlerin sağlıklı ve sağlıklı göbelerle arasındaki göbek sıcaklığı farklılıklarını tespit edebildiğini belirlemiştir (Kaynak).

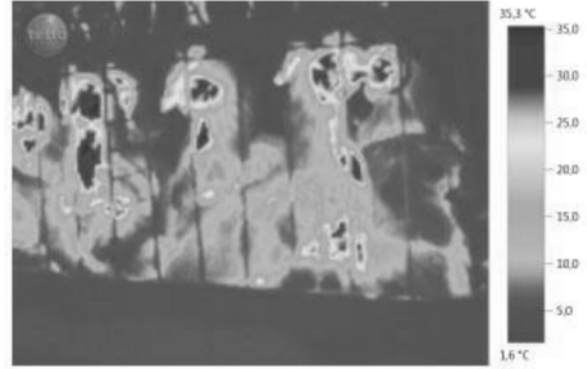
Üretimde termografi

Hayvancılıkta, refah genellikle üretim ile iç içe geçmektedir. Termografi, hastalıkların tespiti ve aynı zamanda hayvanların maruz kaldığı muamelelerin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Termografi sonuçları, çeşitli süt sağım makinesi meme başı astarlarının, süt ineklerinin meme sıcaklığındaki bir artış ile ilişkili olduklarını ortaya koymuştur (Paulrud ve ark., 2005). Başka bir çalışmanın sonuçları uygun sağım tekniğinin meme sıcaklığındaki saptanabilir bir değişiklik ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Poikalainen ve ark., 2016). Kızılötesi termografi kesim öncesi ve sonrası et kalitesinin değerlendirilmesi için de kullanılabilir (Schaefer ve ark., 1989; Nanni ve ark., 2007; Weschenfelder ve ark., 2013). Ancak, et kalitesinin termografiyi nasıl etkilediğini daha iyi tanımlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Yem dönüşüm verimliliği, canlı hayvan üretiminde önemli bir parametredir. Tipik olarak, yem birimi başına üretilen ağırlık miktarı ve ekonomik getiri arasında pozitif bir korelasyon vardır. Otomatik, uzak termografi zamanla yem alımının seri olarak izlenmesi için kullanışlıdır.

Kanatlı üretiminde termografi

Kümes hayvanları üretimi üzerine yapılan birçok çalışma, kuş ve çevre arasındaki ısı alışverişini tahmin etmek için termografiyi kullanmıştır (Malheiros ve ark., 2000; Yahav ve ark., 2001; Tessier ve ark., 2003; Cook ve ark., 2006; Zhou ve Yamamoto., 1997; Cooper ve Washburn., 1998). Termal kamera görüntüleri, Ferreira ve ark. (2011), farklı diyet enerji seviyeleri ile beslenen hayvanlarda ısı kaybının değerlendirilmesinde kızılötesi termografi görüntülerinin kullanılmasının etkinliğini tahmin etmek için kullanmışlardır. Sonuçlar, termografinin yüksek enerji diyeti nedeniyle metabolik ısı kaybı fazlalığını

tahmin etmede etkili olduğunu göstermiştir. Vücut alanı ve sürünün ortalama yüzey sıcaklığı, görüntü içindeki 100 noktaya kaydedilen yüzey sıcaklığı kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam radyan ısı kaybı ortalama yüzey sıcaklık verilerine göre hesaplanmış ve sonuçlar yüksek enerjili diyetle beslenen hayvanların diğerlerinden daha yüksek metabolik enerji kaybı gösterdiğini tespit etmiştir. Malheiros ve ark. (2000), 20°C'de yetiştirilen civcivlerde vücut ağırlığının azaldığını ve 7 gün boyunca 35°C'de tutulan kuşlar için radyant ısı kaybının 9 kat daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ticari yumurta tavuklarının soğuk algınlığına maruz kalma etkilerini değerlendirmek için termografi görüntülerini kullanan Alves ve ark. (2012), soğuk stres koşullarındaki kuşların vücut ısısını korumaya çalışırken yaklaşık 4 kat daha fazla enerji harcadıklarını bulmuşlardır.

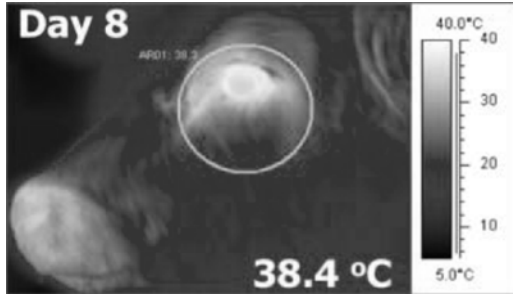


Şekil 2. Tavukçulukta termografi kullanımı (Alves ve ark. 2012)

Gıdaları tüketme konusundaki sınırlı kapasitesi nedeniyle, bu kayıpları dengelemek ve vücut ısısını korumak için yeterli metabolik ısı üretememişlerdir. Bu da yumurta üretiminde bir azalmaya neden olmuştur.

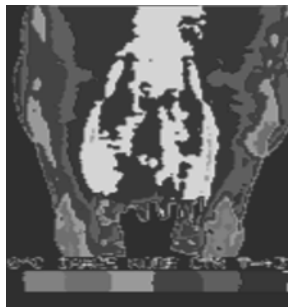
Süt üretiminde termografi

Hayvancılıkta termografi öncelikle teşhis amaçlı kullanılmış olup, aynı zamanda hayvan refahı ve hatta yem kullanım verimliliğinin değerlendirilmesi için de kullanılmıştır. Süt endüstrisinde termografinin kullanımı, östrusun, mastitin ve yapraklığın erken saptanmasını içerir. Önceki çalışmalar, daha önce mümkün olandan çok daha önce mastiti tespit etmek için kızılötesi termografinin kullanımına odaklanmıştır (Stewart ve ark., 2005). Schaefer ve ark. (2012), siğir viral diyare virüsü ile enfekte olmuş hayvanların ya da yüz taramalarını kullanan büyükbaş hayvan solunum hastalıklarının erken saptanması için termografi analizini kullanmışlardır.



Şekil 3. Solunum yolu enfeksiyonu tespitinde termografi kullanımı (Stewart ve ark., 2005)

Termografi, emziren süt sığırlarında laminit için olası bir tespit yöntemi olarak da tanımlanmıştır (Nikkhah ve ark., 2005). Bu çalışmalar, termografinin hastalık ve yaralanma üzerine ek bir bakış açısı sağlarken, geleneksel teşhis yöntemlerini tamamlaması gerektiğini belirtmiştir (Schaeffer ve ark., 2004; Alsaad ve ark., 2014). Schaeffer ve ark. (2012), termografi kullanılarak ölçülen göz sıcaklığındaki değişikliklerin süt sığırlarında stresi tespit edebilme olasılığını incelemiştir. Süt endüstrisinde termografi kullanımı şu ana kadar östrus, mastitis ve lamivitenin erken saptanmasını içerir (Stewart ve ark. 2005). Son çalışmalar, daha önce mümkün olandan çok daha önce mastiti tespit etmek için kızılötesi termografinin kullanımına odaklanmıştır. Mastitis süt endüstrisi için büyük bir refah ve ekonomik endişe olduğu için bu önemli bir değerdir. Somatik hücre sayımlarının (SCC) kullanımı şu anda süt ineklerinde mastiti saptamak için endüstri standardı uygulamasıdır. Enflamatuar bir yanıtın güvenilir bir işareti, enfekte bölgenin sıcaklığındaki artışıdır. Mastitisin erken tanımlanması için alternatif bir yöntem, meme enfeksiyonunun yayılan enfeksiyöz sıcaklığı olduğundan, meme bezinin yayılan infrared sıcaklığını ölçmek olabilir. Şekil 4'te, memenin arka kısmı ve bacakları daha serin ve daha koyu, meme daha sıcak ve daha hafiftir. Bu görüntüler emziren ineklerdeki meme enfeksiyonlarının erken termografi ile ortaya çıkarılabilir.



Şekil 4. Mastitis tespitinde termografi kullanımı (Scott ve ark., 2000)

Veterinerlik uygulamalarında termografi

Veteriner hekimlikte infrared termografinin biyomedikal uygulaması nispeten yenidir. Termografi, tahribatsız bir görüntüleme yöntemi olarak kabul edilir. Çünkü hasta veya operatörde herhangi bir hasara neden olmaz, ayrıca, vücut herhangi bir radyoaktif madde, ultrason veya radyasyon kullanmaz, ya da herhangi bir cerrahi girişime ihtiyaç duymaz. Termografi, patolojik ve fizyolojik sıcaklık değişimlerinin yeri hakkında bilgi verir ve zaman içinde termik değişimlerin dinamik, gerçek zamanlı görüntüsünü sağlayabilir (Schaeffer ve ark., 2003). Termografinin özellikle yararlı olduğu hastalıklar, mikrodolaşım, iltihaplanma, travma, metabolizma ve termoregülatuar sistemlerin verimliliği gibi vücut sıcaklığının normal kontrolünün değişmesine yol açan hastalıklardır. Termografi hayvansal üretimde de çok yararlıdır. Bugüne kadar ki, çalışmalar öncelikle çiftlik ve laboratuvar hayvanları (Vianna ve ark., 2005) ve atlar (Eddy ve ark., 2001; Turner, 1991) alanında gerçekleştirilmiştir. Perianal bölgede sıcaklık artışı göz önüne alındığında, ineklerde östrusun saptanması için termografiyi nasıl kullanabileceklerini araştırmışlardır (Hurnik ve ark., 1984). Refah üzerinde güçlü bir etkisi olan bu teknolojinin önemli bir yönü önleyici doğasıdır. Görünüşe göre sağlıklı deneklerde, klinik beltermografi ile neden olmayan değişiklikleri daha erken keşfedebilir. Örneğin, termografik muayene, klinik olarak belirgin hale gelmeden önce, subklinik inflamasyonda veya atrofi varlığında (dolaşımın büyük ölçüde azaldığı bölgelerde) daha büyük bir kan akışının varlığını tespit edebilir (Spire ve ark., 1999). Bu özellik, sığırlarda ve atlarda ayakların iltihaplanması durumunda çok yararlıdır. Süt inekleri ile ilgili olarak, termografik teknik, erken müdahaleye ve daha iyi hayvan refahı sağlamaya ek olarak, ayak hastalıklarının (Redaelli ve ark., 2009) ve mastitin (Scott ve ark., 2000; Berry ve ark., 2003) erken teşhisinde özellikle yararlı olduğunu kanıtlamıştır. Termografi, yarış atlarının düşük performans durumlarında yararlı olabilir. Egzersiz sırasında kaydedilen termografik videolar, klinisyenin farklı kas alanlarının ısınmasını görselleştirmesine ve dokuların uygun vaskülarizasyonunu izlemesine ve ayrıca hastalıklara bağlı anormal tepkileri belirlemesine izin verir.

Termografi ile hayvanlarda korku ölçümü

Hayvanlarda korku yaratabilecek tarımsal uygulamaları anlamak ve tanımlamak hem hayvan refahı hem de hayvansal endüstri ekonomisi açısından önemlidir. Daha önce tartışıldığı gibi, kızılötesi termografi temassız ve tahribatsız özelliği ile, hayvanlarda ağrı, stres ve hastalığın araştırılmasında

kullanılmıştır. Yakın zamanda yapılan çalışmalar, termografi yönteminin sadece fiziksel aktiviteye değil korkuya da tepki olarak yüzey sıcaklık değişikliklerini tespit edebildiğini göstermiştir. Özellikle Nakayama ve ark. (2005), Rhesus maymunları Macaca melezlerinin yüz yüzey sıcaklıklarındaki değişikliklerin yakalanma tehdidine tepki olarak ortaya çıktığını göstermiştir. Termografi ile ölçülen göz sıcaklığının, çeşitli muamele prosedürlerinde sığırların tepkilerini temassız ve tahribatsız bir şekilde tespit edip edemeyeceğini belirlemek için bir araştırma yapılmıştır (Stewart ve ark., 2008). Bu araştırma, termografi kullanılarak ölçülen göz sıcaklığının, büyükbaş hayvanların ilgili korku ve/veya ağrıya bağlı olabilecek akut tepkilerini tespit edebildiğini göstermiştir. Olumlu durumlara verilen termografi tepkileri, hayvanlardaki duygusal durumları değerlendirmek için daha fazla araştırmayı gerektirmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kızılötesi termografi, nesnelerin yüzeysel sıcaklığını belirlemek için kullanılacak temassız ve tahribatsız bir test teknolojisidir. Termal kameralar, yüzey tarafından yayılan kızılötesi radyasyonu toplar, elektrik sinyallerine dönüştürür ve vücudun yüzeysel sıcaklık dağılımını gösteren termal bir görüntü oluşturur. Bu işlemde, her bir renk, tanımlanan ölçekle ilgili belirli bir sıcaklık aralığını ifade eder. Kızılötesi termografi, birçok tanı ve tarama uygulamasına sahip veterinerlik tıbbında yüzey sıcaklığını değerlendirmek için kullanılan hızlı, temassız ve tahribatsız bir yöntemdir. Bu özellikleri, termografinin hastalığı teşhis etmek, refahı değerlendirmek veya diğer koşulları veya özellikleri değerlendirmek için mevcut yöntemleri tamamlamasına izin verir. Termal değişimler söz konusu olduğunda, fizyolojik mekanizmalar ve enerji harcaması oranları artmaktadır. Termografi, sıcaklık dağılımının görselleştirilmesine izin verir ve ısı kaybında ortaya çıkan değişikliklerden periferik kan akışındaki değişiklikleri tespit edebilir. Bu nedenle, hayvanlarda hastalık, ödem ve stres varlığını

değerlendirmek için yararlı bir araç olmuştur. Bu makalede, hayvansal üretimde hastalık ve refah formlarının değerlendirilmesinde termografi teknolojisinin kullanımı gözden geçirilmiş ve bu teknolojinin, büyükbaş ve kümes hayvanlarında stresin değerlendirilmesi için deneysel prosedürlerde kullanımı ile ilgili vaka raporları sunulmuştur. Yüzey sıcaklığı hayvanların hastalıklarının ve fizyolojik durumlarının tahmin edilmesinin önemli bir göstergesidir. Bu nedenle, yüzey sıcaklığı tahmini hızlı ve doğru olmalıdır. Pratikte, cilt sıcaklığını kaydetmek için farklı yöntemler kullanılabilir; bununla birlikte, hayvanların vücut sıcaklığını tahmin etmek için termografi görüntü analizi ve bunun etkilerini tahmin etmek daha popüler hale gelmektedir. Çünkü kızılötesi termografi, yüzey sıcaklığının ve bunun farklı sonuçlarının değerlendirilmesi için temassız ve tahribatsız olarak çalışabilen güvenli bir yöntemdir. Termografi kullanılarak yapılan göz ısı ölçümleri özellikle umut verici olup, hayvanlarda ağrı ve stresi ölçmek için kullanılan tamamlayıcı bir endeksin geliştirilmesinde önemli bir bileşen haline gelmiştir. Hem veteriner hem de hayvan biliminde kızılötesi termografinin kullanımı son beş yılda hızla ilerlemiştir ve şu anda akut ağrı gibi önemli değişkenlerin daha hassas, ayrıntılı ve anında objektif ölçümünü sağlamaktadır. Termografinin farklı analizlerin etkinliğini test etme ve yakın gelecekte korku gibi hayvansal duyguları ölçme gibi daha geniş uygulamalara sahip olacağı tahmin edilmektedir. Hayvan yüzey sıcaklığının değerlendirilmesi, stres, doğurganlık, refah, metabolizma, şiddet durumlarında ve hastalık tespitinde bir hayvanın fizyolojik durumunu doğru olarak tahmin etmek için bir gösterge özelliği olarak kullanılabilir. Hayvansal üretimde kızılötesi termografinin kullanımı yenilikçi, düşük maliyetli, hızlı, verimli ve hayvanlarla fiziksel temasa gerek duymadan önemli bilgiler sağlar. Her ne kadar hayvanların ısısal paternlerindeki değişikliklerin tespit edilmesinde hassas olsa da, bu metodoloji nedenlerini tanımlamak için yeterli olmayabilir ve ekstra analiz yöntemleri ile desteklenmesi gerekebilir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alves, F. M., S. Felix, G. A. Almeida, I. C. L. Paz, 2012. Impact Of Exposure To Cold On Layer Production. Brazilian Journal of Poultry Science 14:223-226.
- Alsaad, C., J. Syring, M. G. Dietrich, 2014. A Field Trial Of Infrared Thermography As A Non-Invasive Diagnostic Tool For Early Detection Of Digital Dermatitis In Dairy Cows. The Veterinary Journal 199:281-285.
- Benesch, A., S. Hilsberg, 2003. Infrarot-Thermographische Untersuchungen Der Oberflächentemperatur Bei Zebras. Zool Gart 73:74-82.
- Berry, R. J., A. D. Kennedy, S. L. Scott, 2003. Daily Variation In The Udder Surface Temperature Of Dairy Cows Measured By Infrared Thermography: Potential For Mastitis Detection. Can Vet J 83:687-693.
- Bouzida, N., A. Bendada, X.P. Maldague, 2009. Visualization Of Body Thermoregulation By Infrared Imaging. Journal of Thermal Biology 34:120-126.
- Bowers, S., S. Gandy, B. Anderson, 2009. Assessment Of Pregnancy In The Late-Gestation Mare Using Digital Infrared Thermography. Theriogenology 72:372-377.

- Campbell, G. S., J. M. Norman, 1998. An Introduction To Environmental Biophysics. 2nd ed. New York: Springer Verlag 172–174.
- Cangar, Ö., J. M. Aerts, J. Buyse, 2008. Quantification Of The Spatial Distribution Of Surface Temperatures Of Broilers. *Poultry Science* 87: 2493-2499.
- Cook, N. J., A. B. Smykot, D. E. Holm, 2006. Assessing Feather Cover Of Laying Hens By Infrared Thermography. *Journal of Applied Poultry Research* 15: 274-279.
- Cooper, M. A., K.W. Washburn, 1998. The Relationships Of Body Temperature To Weight Gain, Feed Consumption, And Feed Utilization In Broilers Under Heat Stress. *Poultry Science* 77: 237-242.
- Church, J. S., P. R. Hegadoren, M. J. Paetkau, 2014. Influence Of Environmental Factors On Infrared Eye Temperature Measurements In Cattle. *Res Vet Sci* 96:220–226.
- Dawkins, M. S., 1990. From An Animal's Point Of View: Motivation, Fitness And Animal Welfare. *Behavioral and Brain Sciences* 13:1-9.
- Dawson, C., J. F. V. Vincent, G. Jeronimidis, 1999. Heat Transfer Through Penguin Feathers. *Journal of Theoretical Biology* 199: 291-295.
- Direttiva 2010/63/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 22 settembre 2010 sulla protezione degli animali utilizzati a fini scientifici (Testo rilevante ai fini del SEE). *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea*, L 276/33
- Durrant, B. S., N. Ravidá, T. Spady, 2006. New Technologies For The Study Of Carnivore Reproduction. *Theriogenology* 66:1729–1736.
- Eddy, A. L., L. M. Van Hoogmoed, J. R. Snyder, 2001. The Role Of Thermography In The Management Of Equine Lameness. *The Veterinary Journal* 162: 172–181.
- Edgar, J. L., C. J. Nicol, C. A. Pugh, 2013. Surface Temperature Changes In Response To Handling In Domestic Chickens. *Physiology & Behavior* 119:195-200.
- Ferreira, V. M. O. S., N. S. I. Francisco, M. I. Belloni, 2011. Infrared Thermography Applied To The Evaluation Of Metabolic Heat Loss Of Chicks Fed With Different Energy Densities. *Brazilian Journal of Poultry Science* 13:113-118.
- Hellebrand, H., U. Brehme, H. Beuche, 2003. Application Of Thermal Imaging For Cattle Management, in *Proceedings. 1st Eur Conf Precision Livestock Farming* 761–763.
- Hilsberg, S., R. Göltenboth, K. Eulenberger, 1997. Infrared Thermography Of Zoo Animals, First Experience In Its Use For Pregnancy Diagnosis. *Verh Ber Erkrz Zootiere* 38:187–190.
- Hurnik, J. F., S. De Boer, A. B. Webster, 1984. Detection Of Health Disorders In Dairy Cattle Utilizing A Thermal Infrared Scanning Technique. *Can J Anim Sci* 64:1071-3.
- Knizkova, I., P. Kunc, G. A. K. Gürdil, Y. Pinar, K. Ç. Selvi, 2007. Applications Of Infrared Thermography In Animal Production. *J. of Fac. of Agric., Omu*, 22(3):329-336.
- Loughin, C. A., D. J. Marino, 2007. Evaluation Of Thermographic Imaging Of The Limbs Of Healthy Dogs. *Am J Vet Res* 68:1064–1069.
- Malheiros, R. D., V. M. B. Moraes, L. D. G. Bruno, 2000. Environmental Temperature And Cloacal And Surface Temperatures Of Broilers Chicks In First Week Post Hatch. *Journal of Applied Poultry Research* 9: 111-117.
- McCafferty, D. J., C. Gilbert, W. Paterson, 2011. Estimating Metabolic Heat Loss In Birds And Mammals By Combining Infrared Thermography With Biophysical Modelling. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 158:337–345.
- McCafferty, D. J., J. B. Moncrieff, R. Taylor, 1998. The Use Of Ir Thermography To Measure The Radiative Temperature And Heat Loss Of A Barn Owl (*Tyto Alba*). *Journal of Thermal Biology* 23: 311-318.
- Moura, D.J., I. A. Nääs, D. F. Pereira, 2006. Animal Welfare Concepts And Strategy For Poultry Production: A Review. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 8: 137-147.
- Nääs, I. A., C. E. B. Romanini, D.P. Neves, 2010. Broiler Surface Temperature Distribution Of 42 Day Old Chickens. *Scientia Agricola*, 67(5), 497-502.
- Nanni Costa, L., C. Stelletta, C. Cannizzo, 2007. The Use Of Thermography On The Slaughter-Line For The Assessment Of Pork And Raw Ham Quality. *Ital J Anim Sci* 6(1):704–706.
- Nelson, H., D. Osheim, 1975. Soring In Tennessee Walking Horses: Detection By Thermography. Fort Collins, Colo: USDA APHIS Veterinary Services Laboratories. 104–108.
- Nicol, C. J., G. B. Scott, 1990. Pre-Slaughter Handling And Transport Of Broiler Chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 57-73.
- Nikkhah, A., J. C. Plaizier, M. S. Einarson, 2005. Infrared Thermography And Visual Examination Of Hooves Of Dairy Cows In Two Stages Of Lactation. *Journal of Dairy Science* 88: 2749–2753.
- Paulrud, C. O., S. Clausen, P. E. Andersen, 2005. Infrared Thermography And Ultrasonography To Indirectly Monitor The Influence Of Liner Type And Overmilking On Teat Tissue Recovery. *Acta Vet Scand* 46:137–147.
- Poikalainen, V., J. Praks, I. Veermae, 2016. Infrared Temperature Pat-Ajvr 77(1):107.
- Redaelli, V., S. Tarantino, C. Ricci, F. Luzi, A. Zecconi, M. Verga, 2009. A Non Invasive Method To Measure Lameness In Dairy Cow. *Ital J Anim Sci* 8(2):671.
- Schaefer, A., S. Jones, A. Murray, 1989. Infrared Thermography Of Pigs With Known Genotypes For Stress Susceptibility In Relation To Pork Quality. *Can J Anim Sci* 69:491–495.
- Schaefer, A.L., N. Cook, S. V. Tessaro, D. Dereg, G. Desroches, D. L. Godsson, 2003. Early Detection And Prediction Of Infection Using Infrared Thermography. *Can J Anim Sci* 84:73-80.
- Schaefer, A.L., N. Cook, S.V. Tessaro, 2004a. Early Detection And Prediction Of Infection Using Infrared Thermography. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 73–80.
- Schaefer, A. L., 2004b. Early Detection And Prediction Of Infection Using Infrared Thermography. *Can J Anim Sci* 84:73–80.
- Schaefer, A. L., 2007. The Use Of Infrared Thermography As An Early Indicator Of Bovine Respiratory Disease Complex In Calves. *Res Vet Sci* 83:376–384.
- Schaefer, A. L., N. J. Cook, C. Bench, 2012. The Non-Invasive And Automated Detection Of Bovine Respiratory Disease Onset On Receiver Calves Using Infrared Thermography. *Research in Veterinary Science* 93: 928–935.

Hayvanların Sağlığını, Refahını ve Üretimini Değerlendirmek İçin Temassız ve Tahribatsız Bir Araç Olarak Kızılötesi Termografi

- Schaefer, A. L., 2012. The Non-Invasive And Automated Detection Of Bovine Respiratory Disease Onset In Receiver Calves Using Infrared Thermography. *Res Vet Sci* 93:928–935.
- Scott, S. L., A. L. Schaefer, A. K. W. Tong, P. Lacasse, 2000. Use Of Infrared Thermography Or Early Detection Of Mastitis In Dairy Cows. *Can J Anim Sci* 70:764-5.
- Spire, M. F., J. S. Drouillard, J. C. Galland, 1999. Use Of Infrared Thermography To Detect Inflammation Caused By Contaminated Growth Promotant Ear Implants In Cattle. *J Am Vet Med Assoc* 215:1320–1324.
- Stelletta, C., M. Ganesella., J. Vencato, 2012. Thermographic Applications In Veterinary Medicine. In: prakash drv, ed. *Infrared thermography Rijeka, Croatia: InTech*, 117–140.
- Stewart, M., J. R. Webster, A. L. Schaefer, 2005. Infrared Thermography As A Non-Invasive Tool To Study Animal Welfare. *Animal Welfare* 14: 319-325.
- Stewart, M., K. J. Stafford, S. K. Dowling, 2008. Eye Temperature And Heart Rate Variability Of Calves Disbudded With Or Without Local Anaesthetic. *Physiology & Behavior* 93:789–797.
- Tessier, M., D. Du Tremblay, C. Klopfenstein, 2003. Abdominal Skin Temperature Variation In Healthy Broiler Chickens As Determined By Thermography. *Poultry Science* 82: 846-849.
- Turner, T. A., 1991. Thermography As An Aid To The Clinical Lameness Evaluation. *Vet Clin North Am Equine Pract* 7:311–338.
- Vainionpää, M., K. Salla, F. Restitutti, 2013. Thermographic Imaging Of Superficial Temperature In Dogs Sedated With Medetomidine And Butorphanol With And Without Mk-467 (L-659'066). *Vet Anaesth Analg* 40:142–148.
- Van hoogmoed, L. M., J.R. Snyder, 2002. Use Of Infrared Thermography To Detect Injections And Palmar Digital Neurectomy In Horses. *Vet J* 164:129–141.
- Vianna, D. M. L., P. Carrive, 2005. Changes In Cutaneous And Body Temperature During And After Conditioned Fear To Context In The Rat. *Proc Aust Neuroscience Soc* 21:2505-12.
- Ward, S., J. M. V. Rayner, U. Möller, 1999. Heat Transfer From Starling *Sturnus Vulgaris* During Flight. *Journal of Experimental Biology* 202: 1589-1602.
- Watmough, D. J., P. W. Fowler, R. Oliver, 1970. The Thermal Scanning Of A Curved Isothermal Surface: Implications For Clinical Thermography. *Phys Med Biol* 15:1–8.
- Weschenfelder, A. V., L. Saucier, X. Maldague, 2013. Use Of Infrared Ocular Thermography To Assess Physiological Conditions Of Pigs Prior To Slaughter And Predict Pork Quality Variation. *Meat Science* 95: 616-620.
- Westermann, S., C. Stanek, J. P. Schramel, 2013a. The Effect Of Airflow On Thermographically Determined Temperature Of The Distal Forelimb Of The Horse. *Equine Vet J*, 45:637–641.
- Westermann, S., H. H. Buchner, J. P. Schramel, 2013b. Effects Of Infrared Camera Angle And Distance On Measurement And Reproducibility Of Thermographically Determined Temperatures Of The Distolateral Aspects Of The Forelimbs In Horses. *J Am Vet Med Assoc* 242:388–395.
- Wtermografihgen, T., S. Zipser S. Geidel, 2011. Precise IR-Based Temperature Measuring—A Case Study For The Automatic Health Monitoring Of Dairy Cows, in *Proceedings. SENSOR+TEST Conf IRS2*; 51–56.
- Yahav, S., A. Straschnow, E. Vax, 2001. Air Velocity Alters Broiler Performance Under Harsh Environmental Conditions. *Poultry Science* 80: 724-726.
- Yahav, S., A. Straschnow, D. Luger, 2004. Ventilation, Sensible Heat Loss, Broiler Energy, And Water Balance Under Harsh Environmental Conditions. *Poultry Science* 83:253-258.
- Zhou, W. T., S. Yamamoto, 1997. Effects Of Environmental Temperature And Heat Production Due To Food Intake On Abdominal Temperature, Shank Skin Temperature And Respiration Rate Of Broilers. *British Poultry Science* 38.

Farklı Gömücü Ayak ve Tohum Borusu Tasarımları ile Tahıl Ekim Makinalarının Tohum Dağılımının İyileştirilmesi

Davut KARAYEL^{1*}, Ali AKTAŞ¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
Antalya

*Sorumlu yazar e-posta: dkarayel@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 18.05.2018 Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Tahıl ekim makinalarında ekici düzenden çıkan tohumlar, tohum borusu içerisinde tamamen tesadüfi olarak hareket ederler. Tohumların tohum borusu içerisindeki yörüngeleri, tohum borusu iç çeperine çarpma sayıları ve şiddetleri farklı olduğu için düşme süreleri ve hızları da farklıdır. Dolayısıyla tohumların akış düzgünlüğü, ekici düzenden itibaren ne kadar düzenli olarak başlarsa başlasın tohum borusunda bozulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, tohum borusu içerisinde bozulan tohum akışının tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli hale getirilebilmesi için gömücü ayaklar ve tohum borularında yapılan değişiklikler ve bunların nihai tohum dağılımına etkisi üzerinde durulacaktır. Bu amaçla kademeli (V kanallı) gömücü ayak ile deneme aşamasında olan helezonlu tip tohum borusunun tanıtımı yapılarak, kademeli tip gömücü ayağın tohum dağılımına etkisi ortaya konulmuştur. Deneme sonuçlarına göre kademeli gömücü ayağın, tahıl ekim makinalarında sıra üzeri tohum dağılımı varyasyon katsayısını ve tohumların düşme hızını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ekim, tahıl ekim makinası, buğday, kademeli gömücü ayak, helezonlu tohum borusu

Furrow Opener and Seed Tube Designs to Improve Seed Distribution Uniformity of Seed Drills

Abstract: Seeds drop from seed tubes with the effect of gravity for seed drills. Because trajectory of seeds in seed tube is different (because impact number and falling speed is different) dropping period of seeds is different. Whatever the regular seed flow starts from seed metering unit it becomes irregular flow while dropping in seed tube.

This research is prepared to arrange the seed flow in seed tube just before dropping to furrow with the designing the new furrow opener and seed tube. For this reason, a furrow opener including V channels (cascade) and a seed tube including helicoids are introduced and the effect of cascade furrow opener on seed distribution was presented. According to results of laboratory experiment the cascade (V channel) furrow opener decreased the coefficient of variation of seed spacing and falling speed of seeds.

Key words: Seeding, seed drill, wheat, cascade furrow opener, helicoid seed tube

GİRİŞ

Ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada insanlığın ana beslenme maddesi olan tahıllar, on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar büyük oranda elle serpilerek ekilmiştir. Tarla yüzeyine serpilten tohumların üzerleri daha sonra dişli tırmık, diskli tırmık gibi aletlerle kapatılmıştır. Günümüzde halen, ülkemizin bazı bölgelerinde santrifüj gübre dağıtma makinaları kullanılarak serpme ekim uygulamaları görülse de sıraya ekimin büyük oranda serpme ekimin yerini aldığı söylenebilir.

Sıraya ekim yöntemi;

- Kesintisiz sıraya ekim,
- Banda ekim,
- Şeritsel ekim,
- Dar sıra ekim,
- Çapraz ekim,
- Hassas ekim ve
- Ocaklara ekim

şeklinde uygulanabilir. Bitkinin yaşam alanı ihtiyacı ekim yönteminin seçiminde önemli bir kriterdir. Kesintisiz ekim yönteminde tohumlar 15-20 cm aralıklı

paralel sıralar üzerine bırakılır. Tohumlar sıra üzerine kesintisiz akış şeklinde yerleştirilir ve aralarındaki uzaklıklar geliş güzel bir dağılım gösterir. Tohumların kapatılması doğal toprak akışı ve çizileri açan ayakların arkasına bağlanmış olan zincir ya da tırmıklarla yapılır.

Tahıl ekim makinalarında olduğu gibi ekim makinalarının tipi ve yapısı ne olursa olsun makine esas itibarıyla tohum deposu, ekici düzen, tohum borusu, gömücü ayak, hareket iletim düzeni, kaldırma düzeni, şase, tekerlekler ve kapatma düzeninden oluşur (Erol ve Göknur Dursun, 1998). Ülger ve ark. (1996)' ya göre sıraya ekim yapan makinaların, bölge ve tarla koşullarına uygun ekim yapabilmesi için tarım tekniği, işletmecilik ve yapım özellikleri bakımından bir takım özellikleri içermesi istenir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Oluşturulan ekim sıraları birbirine paralel ve eşit uzaklıkta olmalıdır,
- Ekici düzenler tarafından atılan tohum miktarı ayarı tüm ekim süresince değişmemeli,
- Tohumlar sıra üzerinde düzgün dağılmalı ve atılan tohum miktarı ekim normuna uygun olmalı,
- Her sıraya eşit miktarda tohum ekilmeli,
- Ekim sırasında, tohumlarda mekanik zedelenme oluşmamalı,
- Tohumlar ekim süresince istenilen derinliğe ekilmeli ve ekim derinlikleri eşit olmalı,
- Makine istenilen ekim normları ve ekim derinliklerine göre kolayca ayarlanabilmeli ve
- Tohum deposu ve ekici düzenler ekimden sonra kolaylıkla boşaltılabilir ve temizlenebilir olmalıdır.

Bir ekim makinasının ekim düzgünlüğü bitkilerin tarla filiz çıkışını, gelişimini ve sonuç olarak verimini etkileyen önemli bir faktördür. Toprak işleme, gübreleme, bitki koruma gibi üretimi arttırıcı etmenlerin yanında düzgün bir yaşam alanı sağlamak suretiyle verimde artış sağlanabilmektedir (Önal, 2006). Ekim işleminde, tohumların toprak içerisindeki dağılımı yatay ve düşey dağılım şeklinde ifade edilir. Ekimde düzgün bir yatay düzlem tohum dağılımının sağlanmasında ekici düzenler birinci derecede etkilidir. Ancak; ekici düzen tarafından hareketlendirilen tohumların toprak içine yerleştirilene kadar oluşacak aksaklıkların da ekimin kalitesi ve başarısı üzerine etkili olduğu dikkate alınmalıdır. Bir ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi, bitkiler arasındaki rekabeti azaltarak verimi arttıracaktır. Ekim işleminde yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğüne; tohumların sıra üzeri uzaklık

dağılımı ile tohumların sıçrama ve sürüklenme etkisi ile çizgi ekseninden sağa ve sola sapma miktarları etkilidir. Yaşam alanı bir bitkinin sıra üzeri ve sıra arası uzaklığı ile belirtilmektedir. Ekim sırasında hedeflenen sıra arası ve sıra üzeri uzaklıklardan sapmalar ise yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğünü oluşturmaktadır.

Tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi, her bir tohuma düşen yaşam alanının birbirine daha yakın olmasına ve böylece verimin artmasına katkı sağlar. Bunun yanında, komşu tohumlar arası boşlukların azalmasıyla yabancı otların bastırılmasına yardımcı olur. Buna rağmen geleneksel tahıl ekim makinalarında tohum dağılım düzgünlüğü oldukça kötüdür. Müller ve Köller (1996)' e göre geleneksel tahıl ekim makinalarında ekim sonrası tohumlar üstel bir dağılım gösterir. Yani istenen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı çok düşüktür. Araştırmacılar tarafından mekanik tahıl ekim makinaları ile buğday ekimi sonrası sıra üzeri tohum uzaklıklarını ölçülmüş ve bu uzaklıkların varyasyon katsayısının %100-110 arasında olduğunu yani tohumların sıra üzeri uzaklıklarındaki sapmanın ortalama sıra üzeri uzaklıktan fazla olduğu belirlenmiştir. Buğday tohumu ile 300 kg/ha ekim normu ile yapılan ekim işleminde ortalama sıra üzeri mesafe 20 mm iken, sıra üzeri uzaklığın standart sapması 22 mm olarak gerçekleştiği bunun temel nedeninin de tohumların tohum borusu içerisindeki akışının olduğu vurgulanmıştır.

Daha iyi bir dağılım sağlanabilmesi için istenilen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı arttırılmalıdır. Kesintisiz sınavari ekim yapan tahıl ekim makinalarında tohum dağılımının kötü olmasının temel nedeni yukarıda da belirtildiği gibi tohumların tohum borusu içerisindeki hareketidir. Mekanik tahıl ekim makinalarında ekici üniteler tarafından hareketlendirilip tohum borusuna bırakılan tohumlar, tohum borusu içerisinde tamamen yerçekimi etkisiyle tesadüfi olarak hareket ederler. Tohumların tohum borusu çeperine çarpma sayıları ve izledikleri yörünge farklı olduğu için düşme süreleri de farklıdır ve dolayısıyla tohum akışı bozulmaktadır. Bunun sonucunda da tohum borusunu terk ederek toprağa yerleştirilen tohumların sıra üzerindeki dağılımları oldukça kötüdür. Dolayısıyla ne kadar iyi bir ekici ünite ile çalışılırsa çalışılırsa tohumların tohum borusu içerisindeki tesadüfi hareketleri tohum akışını bozmaktadır.

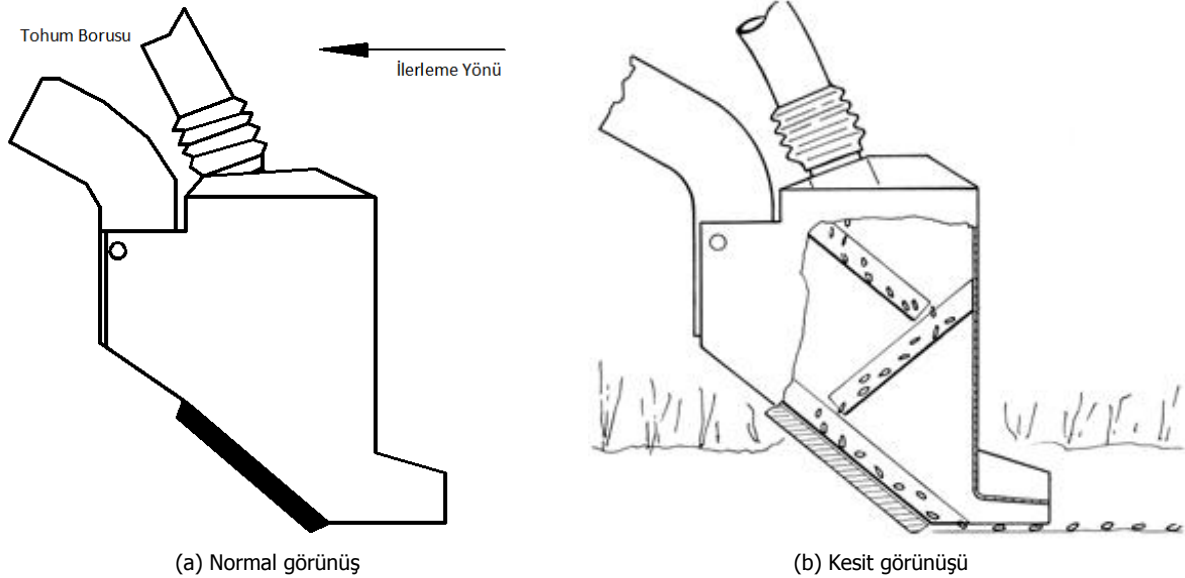
Bu araştırmanın amacı, tohum borusu içerisinde bozulan tohum akışının tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli hale getirilebilmesi için Müller ve Köller (1996) tarafından geliştirilen kademeli (V kanallı) gömücü ayağın tohum dağılımına ve tohumların çiziye düşü hızına etkisinin belirlenmesi ve Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde tasarlanan helezonlu tip tohum borusunun tanıtılmasıdır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde Almanya Hohenheim Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Enstitüsü'nde geliştirilen kademeli (V kanallı) gömücü ayak kullanılmıştır. Bu gömücü ayak tohumların çiziye yerleştirilmeden önce akışını düzenlemek için geliştirilmiştir (Şekil 1).

Aynı zamanda tohum borusu içine yerleştirilen bir helezon ile bu sorunun çözümü hedeflenmektedir. Böylece her tip gömücü ayak ile kullanılabilecek, gömücü ayaktan bağımsız ve daha basit bir konstrüksiyon ile sorunun çözümüne katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Şekil 1'de görülen gömücü ayağın (Almanya Hohenheim Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Enstitüsünde geliştirilen gömücü ayak) tohum dağılımına etkisini belirlemek için laboratuvar koşullarında makine askıya alınarak ekim makinası deneme düzeni ile tekerlekler istenilen hızda hareket ettirilerek tohum borusu çıkışındaki tohum akışı yüksek hızlı video kamera ile kayıt altına alınmıştır. Denemelerde boyutları Çizelge 1'de verilen buğday tohumları kullanılmıştır. Denemeler aynı tohumlar kullanılarak üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Tohum akışını düzenlemek için geliştirilen kademeli (V kanallı) gömücü ayak (Müller ve Köller, 1996)

Denemeler 1.0 ve 1.5 m/s ilerleme hızlarında, 25 kg/da ekim normunda gerçekleştirilmiş ve peş peşe düşen tohumlar arası uzaklıklar ve tohumların çiziye düşme hızları Karayel ve ark. (2006) ve Çakır ve ark. (2016) tarafından kullanılan yöntem uygulanarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler geleneksel gömücü ayak ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca herhangi bir tıkanma oluşup oluşmadığı da gözlemlenmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan buğday tohumlarının ortalama boyutları

Uzunluk (mm)	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)
6.9 ± 0.18	2.3 ± 0.04	3.3 ± 0.07

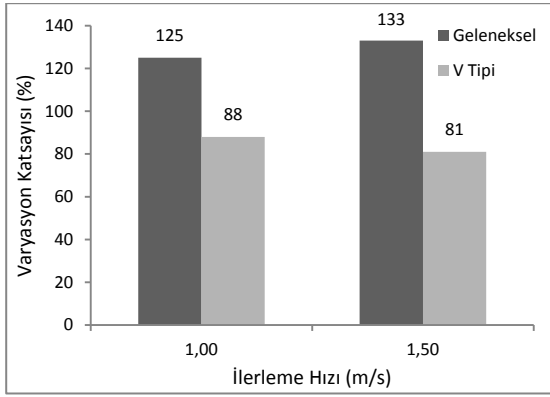
Denemelerde dişli makaralı ekici düzene sahip, kesintisiz sınavari ekim yapan bir tahıl ekim makinası kullanılmıştır. Ekim makinası asılır tip bir makina olup ekici düzen hareketini kendi tekerleğinden almaktadır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Laboratuvar denemeleri sonucu ölçülen ortalama sıra üzeri uzaklıklar Çizelge 2' de, sıra üzeri uzaklıkların varyasyon katsayısı Şekil 2' de, tohumların çiziye düşme hızları ve düşme hızlarının varyasyon katsayıları ise Çizelge 3' de sunulmuştur.

Çizelge 2. Ortalama sıra üzeri uzaklık değerleri

İlerleme Hızı (m/s)	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (mm)
Geleneksel Gömücü Ayak	
1.0	13.3
1.5	13.4
Kademeli (V kanallı) gömücü ayak	
1.0	12.8
1.5	12.7



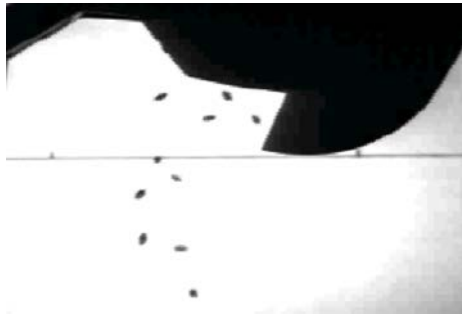
Şekil 2. Sıra Üzeri Uzaklık Varyasyon Katsayıları

Çizelge 3. Tohumların çiziye düşme hızları ve varyasyon katsayıları

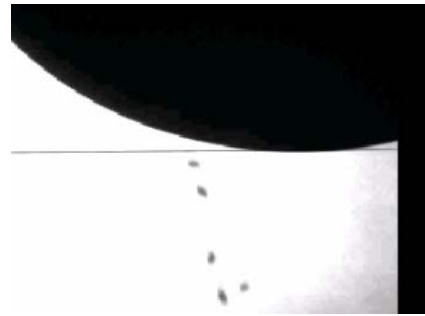
İlerleme Hızı (m/s)	Tohumların Çiziye Düşme Hızı (m/s)	Varyasyon Katsayısı (%)
Geleneksel Gömücü Ayak		
1.0	1.73	29
1.5	1.66	28
Kademeli (V kanallı) Gömücü Ayak		
1.0	1.21	12
1.5	1.25	11

Gerek tohumların sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı gerekse tohumların çiziye düşme hızları incelendiğinde V kanallı gömücü ayağın tohumların gömücü ayak çıkışında daha düzgün bir akış gösterdiğini ve tohumların düşme hızlarını azaltarak çizi içerisindeki sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirme olasılığını azalttığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 3 incelendiğinde tohumların geleneksel gömücü ayağın çıkışında daha dağınık olarak geniş bir alana yayıldığı, kademeli (V kanallı) gömücü ayak çıkışında ise daha düzgün bir akış olduğu anlaşılmaktadır.

Kademeli gömücü ayağın özel bir konstrüksiyon gerektirmesi ve her türlü gömücü ayağa uygulanamaması, uygulamaya aktarılmasını kısıtlayan en önemli faktördür. Bu nedenle alternatif bir çözüm olarak Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde helezonlu tip tohum borusu geliştirilmiştir (Şekil 4).

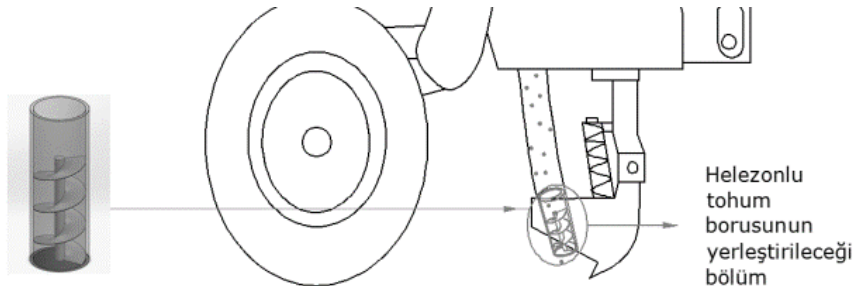


(a) Geleneksel gömücü ayak



(b) Kademeli (V kanallı) gömücü ayak

Şekil 3. Geleneksel ve Kademeli (V Kanallı) Gömücü Ayaklarda Tohum Akışı



Şekil 4. Helezonlu tohum borusu ve ekim makinasında kullanım

Geliştirilen tohum borusu ile geleneksel tohum borusu içine yerleştirilen bir helezon ile tohum akışının düzenlenmesi hedeflenmektedir. Geliştirilen tohum borusunun tahl ekim makinalarındaki tohum borusuna etkisinin belirlenmesine yönelik olarak laboratuvar ve tarla denemeleri devam etmektedir.

SONUÇ

Tahl ekim makinalarında tohum akışının düzenlenmesi için geliştirilen V kanallı gömücü ayağın tohum dağılımına ve tohumların çiziye düşü hızına

etkisi araştırılmıştır. Yapılan laboratuvar denemeleri sonrası bu gömücü ayakların gerek sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısını, gerekse tohumların düşü hızını azalttığı ve böylece tohum dağılımını olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Ancak geliştirilen gömücü ayağın özel bir konstrüksiyon gerektirmesi ve diskli gömücü ayaklar gibi farklı gömücü ayaklara uygulanmasının zor olması nedeniyle alternatif bir çözüm olarak helezonlu tip tohum borusu geliştirilmiştir.

LİTERATÜR LSİTESİ

- Çakır, E., İ. Aygün, A. Yazgı, Y. Karabulut, 2016. "Determination of in-row Seed Distribution Uniformity Using Image Processing". Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 40, 874-881
- Erol, M.A., İ. Göknur Dursun, 1998. Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Yayın No: 1499, Ders Kitabı: 580, Ankara.
- Karayel, D., M. Wiesehoff, A. Özmerzi, J. Müller, 2006. "Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system". Computers and Electronics in Agriculture, 50 (2), 89-96

- Müller, J., K. Köller, 1996. "Improvement of seed spacing for seed drills". AgEng '96 International Conference on Agricultural Engineering', Madrid, 23-26 September, pp.323-324, Paper 96A-030.
- Önal, İ., 2006. Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 490, Bornova, İzmir.
- Ülger, P., E. Güzel, B. Kayışoğlu, B. Eker, B. Akdemir, Y. Pınar, Y. Bayhan, 1996. Tarım Makineleri İlkeleri. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, Tekirdağ.

Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Nuri ÇAĞLAYAN^{1*}, Can ERTEKİN²

¹Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

*Sorumlu yazar e-posta: nuricaglayan@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 23.05.2018 Kabul

Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Işık yayan diyot (*LED: Light Emitting Diode*) teknolojisinin yeni tip yarı iletken malzemelerin ortaya çıkmasıyla sürekli şekilde gelişmesi, aydınlatmanın bitki büyümesi ve gelişimi de dahil olmak üzere giderek artan sayıda yeni alanlarda uygulanmasını mümkün kılmıştır. Son yıllarda, geleneksel aydınlatma sistemlerine alternatif olarak, LED'in bitki morfogenezi için mükemmel bir yapay akıllı aydınlatma kaynağı olduğu kanıtlanmıştır. LED aydınlatma çiçekler, sebzeler, meyveler, aşılansız fideler, mikro yeşillikler, algler, tıbbi ve aromatik vb. bitkilerin üretilmesinde kullanılmakta ve önemli faydalar sunmaktadır. LED aydınlatma teknolojisi, bitkisel üretimde verimliliği artırabilecek farklı dalga boylu ışık kontrollü bir büyüme ortamı sağlayabilir. Ayrıca, yeni LED teknolojileri sadece bitki üretimindeki verim ve kaliteyi arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bitkinin fizyolojik tepkilerini anlamaya yönelik yeni araştırmalara da olanak tanır. Bu nedenle, çeşitli bitki büyüme ve geliştirme uygulamaları için LED ışığının yeni kontrol seviyeleri araştırılmakta, ışığın değeri artırılmakta, diğer yandan LED aydınlatma ürünlerinin maliyeti azalmaya devam etmektedir. Yapılandırılabilir LED aydınlatma artık nispeten ucuzdur ve dünyanın dört bir yanındaki araştırmacıların kayda değer deneyler yapmasına ve bu önemli konu için bilgi literatürüne katkıda bulunmasına olanak tanır. Bu çalışmada farklı dalga boylu LED ışıklarının spektral özellikleri açıklanmış, marul ve bazı mikro yeşillikler üzerindeki bazı araştırma sonuçlarına yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yapay aydınlatma, LED ışık kontrolü, marul, mikro yeşillikler

The Effects of Different Wavelength LED Lights on the Development of Green Leafy Plants

Abstract: The steady development of the light-emitting diode (LED) technology with the emergence of new types of semiconductor materials has made it possible to lighting applies it in an increasing number of new areas including plant growth and development. In recent years, as an alternative to conventional lighting systems, LED has been demonstrated to be an excellent artificial smart lighting source for plant morphogenesis. LED lighting, flowers, vegetables, grapes, grafted seedlings, micro greens, algae, medical and aromatic etc. are used in the production of plants and offer significant benefits. LED lighting technology can provide a light controlled growth environment with different wavelengths that can increase productivity in crop production. In addition, new LED technologies not only improve yield and quality in plant production, but also enable new research to understand the plant's physiological responses to light. Thus, the levels of control are being explored for various plant growth and development applications, increasing the value of the light, the cost of LED lighting products continues to decrease. Configurable LED lighting is now relatively inexpensive, allowing for researchers across the globe to conduct meaningful experiments and add to the literature of knowledge for this important topic. In this study, the spectral characteristics of different wavelength LED lights are explained and the results of the some research on lettuce and some micro greens are given.

Key words: Artificial lighting, LED light control, lettuce, micro greens

GİRİŞ

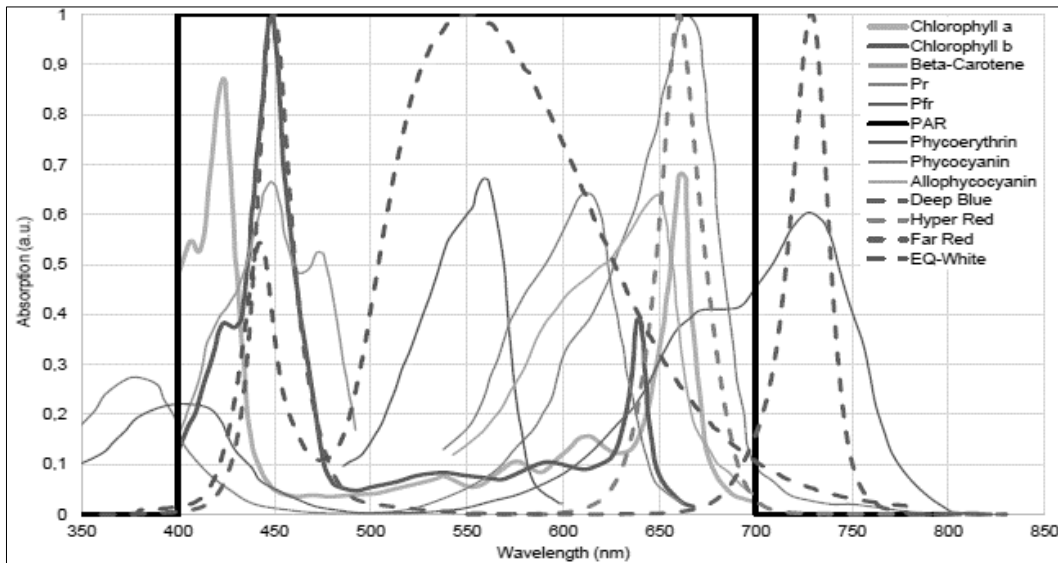
İlk LED bitki yetiştirme lambaları, ışığın klorofil tarafından emildiği dalga boylarını eşleştirecek şekilde kırmızı ve mavi LED'lerin farklı oranlardaki kombinasyonlarında tasarlanmışlardır. Gerçek anlamda klorofil ve fotoreseptör gibi birçok pigment, bitkilerdeki çiçeklenme, kök uzaması, kütle ağırlığı, çimlenme, vb. önemli özellikleri etkiler. Fakat bu etkiler sadece mavi ve kırmızı dalga boyları kullanılarak istenilen düzeyde sağlanamaz. Bununla birlikte, bitkilerde kırmızı ve mavi dışındaki dalga boylarını da soğuran pigmentlerin olması ve ayrıca PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) alanının ötesindeki dalga boylarının da bitkilerin morfolojisini ve metabolizmasını önemli ölçüde etkileyebileceği anlaşılmıştır. Özellikle UV dalga boyundan başlayarak kırmızı ötesine kadar tüm dalga boylarını kapsayan sürekli bir spektruma sahip olmak, yetiştiricilerin ürünleri ihtiyaçlarına ve isteklerine göre yönetmeleri için daha fazla imkan sunmaktadır.

Mükemmel bir büyüme spektrumunu sağlayacak LED lambaların geliştirilmesi ve sonuçların deneysel araştırmalarla desteklenme süreci uzun zaman almaktadır. Günümüzde üretilen LED bitki yetiştirme lambaları farklı LED kombinasyonu ile bir araya getirilmiş dar band UV, mavi, yeşil, beyaz, sarı, turuncu, kırmızı, kırmızı ötesi ve kızıl ötesi LED'lerin dalga boyu tepe değerleri dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

Spektrum ve foton akı yoğunluğu (*PPFD: Photon Flux Density*), bitki gelişimini yöneten iki ana faktördür. Bitkiler esas olarak fotosentez yapmak için gelen spektrumun kızılötesi, kırmızı ve mavi kısımlarını kullanır ve çok sayıda gelişimsel ve uyum süreçlerini

düzenler. En yaygın fotosentetik ve fotomorfojenik soğurma spektrumları ve fotoreseptörler Şekil 1'de gösterilmiştir (Anderson ve ark., 1995). Soğurma işlemi en çok olan klorofilin en üst seviyesi, kırmızı (625-675 nm) ve mavi (425-475 nm) bölgelerde gerçekleşmektedir. Öte yandan Karotenoidler de klorofilin yardımcı fotoreseptörleridir ve ışığı esas olarak mavi bölgede soğurmaktadırlar. Çimlenme dahil olmak üzere fotomorfojenik tepkiler, fototropizm, yaprak genişlemesi, çiçeklenme, stomatal gelişme, kloroplast göçü ve gölgeden kaçınma gibi tepkilerden oluşmaktadır. Bu tepkiler, fitokromlar, kriptomromlar ve fototropinler olmak üzere üç tip fotoreseptör tarafından düzenlenmektedir (Smith, 1995; Sancar, 2003; Briggs ve Christie, 2002).

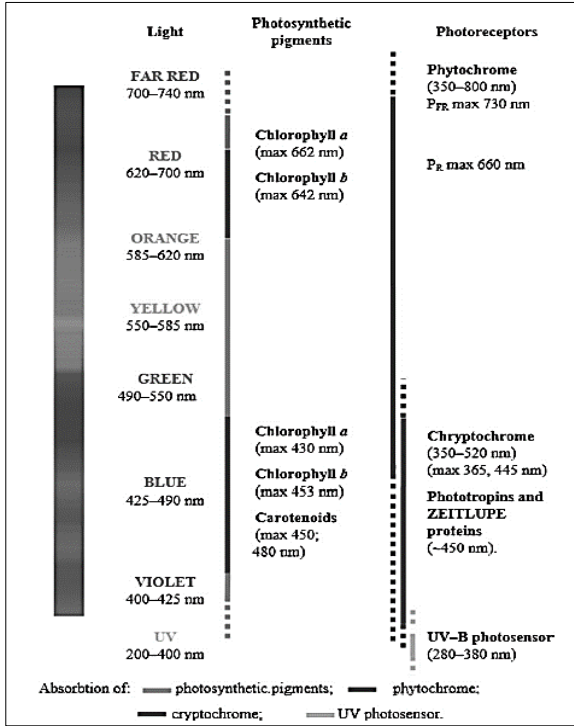
Bitkiler, karanlık sürenin uzunluğunu fitokrom adı verilen, yalnızca 660 nm ve 735 nm dalga boylarına duyarlı pigmentler aracılığıyla ölçer. Fitokromun 660 nm'ye duyarlı formuna fitokrom kırmızı (P_r), 735 nm'ye duyarlı formuna ise fitokrom kırmızı ötesi (P_{fr}) adı verilir (Yağcıoğlu, 2005). Fitokrom aracılı fotomorfojenik yanıtlar, R/FR oranının algılanmasıyla düzenlenir. (Shinomura ve ark., 2000). Mavi ışığı absorbe eden pigmentler hem kriptomromları hem de fototropinleri içerir. Kriptomrom sistemi, çimlenme, yaprak genişlemesi, kök uzaması ve stoma açılması gibi morfolojik tepkilerin çeşitli yönlerini kontrol eder, ayrıca çiçekli bitkilerde sirkadiyen ritmini düzenler (Cashmore ve ark., 1999). Fototropinler, ışığın toplanmasını optimize etmek ve fotoinhibisyonu önlemek için pigment içeriğinin düzenlenmesinde ve fotosentetik organellerin konumlandırılmasında da rol oynamaktadır (Spalding ve Folta, 2005).



Şekil 1. Fotosentez için klorofiller tarafından, fotomorfojenik için fitokrom, kriptomrom ve fototropin tarafından ışığın çeşitli dalga boylarının kullanılması (Osram Opto S., 2016).

İşığın Spektral Verimliliği

Fotosentez için genel olarak bilinen aydınlatma spektrumunda McCree (1971) kırmızı ve turuncu ışık fotonları en yüksek verime sahip olurken, yeşil fotonlar, kırmızı ve maviye göre daha düşük verimliliğe sahiptir (Bugbee, 2016). Işık verimi tek yaprak tepkisi ile değil, bitki örtüsünün farklı katmanları içindeki ışık dağılımı, bu katmanların tepkisi, bitki büyümesi ve gelişimi de dikkate alınarak belirlenmektedir (Bugbee, 2016; Snowden ve ark., 2016). Birincil fotosentetik klorofil pigmentlerine ek olarak, karotenoidler ve antosiyaninler gibi diğer bitki pigmentleri de ışık hasadı yapabilirler. Bütün bu pigmentler, bitkilerin geniş kompozit ışık spektrumunu soğurmasına izin veren farklı spektrumlara sahiplerdir (Ouzounis ve ark., 2015a). Bununla birlikte, fotosentez için ana enerji kaynağı olan ışığın karakteristik özellikleri bitkilerin gen ifadesini, fizyolojisini, morfolojisini ve metabolizmasını harekete geçiren süreçlerde de sinyal işlevi görmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Bitki büyümesi ve gelişmesinde yer alan ışık spektrumları ve fotoreseptörler (Viršilė ve ark., 2017)

Bir bitkinin ışık ortamına verdiği tepki, farklı fotoreseptörlerin eylemleriyle belirlenir. Fitokrom, kriptokrom, fototropin ve UVR8 proteinlerinin ışık algılama kanalları, bitkinin gelişimsel ve fotosentetik durumunu daha hassas ayarlayabilmek için bütünleşmiştir (Ouzounis ve ark., 2015a).

Fotoreseptörler ve fotosentetik sinyal ağları arasındaki uyumun yanı sıra ışığın her bitkiye özgü farklı tepkilerinin iyi anlaşılması, LED bitki büyütme lambasının vereceği ışığın dalga boyu seçiminin, uygulama zamanının, süresinin ve şiddetinin ne olması gerektiği hakkında önemli bilgiler verecektir (Pocock, 2015). Özellikle ışığın bitkide belirli ışık algılama yollarının etkinleştirecek LED aydınlatma sistemlerinin geliştirilmesi, üreticilerin bitki verimliliğini, kalitesini ve üretim zamanlamasını kontrol etmelerini sağlayabilecektir.

LED Aydınlatmanın Marul ve Diğer Yeşil Yapraklı Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Marul ve diğer yapraklı sebzeler, insan beslenmesinde önemli bir rol oynar. Bu bitkilerin verimlilik ve kaliteleri, çevresel faktörlerle birlikte bitki gelişiminde başlıca rol oynayan ışığa da bağlıdır (Mou, 2012). Sonbahar / kış aylarında doğal ışık seviyesinin düşük olduğu kuzey enlemlerindeki seralarda ve yapay aydınlatmanın tek ışık kaynağı olduğu kapalı bitki üretim alanlarında kaliteli bitki üretimi için uygun ışık kalitesine sahip aydınlatma sisteminin kurulması gerekmektedir. Düşük ışık şiddeti, marul büyümesi ve kalitesindeki sınırlayıcı faktördür (Colonna ve ark., 2016); bununla birlikte, ışık spektral bileşimi de belirgin bir etkiye sahiptir.

Bitki boyu, renk, doku ve aromadaki çeşitliliğin (Carvalho ve Folta, 2014) yanı sıra, klorofiller, karotenoidler, antosiyaninler, askorbik asit ve şekerler gibi pigment ve metabolit konsantrasyonları da ek ışık kaynaklarından etkilenir (Li ve Kubota, 2009). Işık yayan diyetler, yeşil sebze üretiminde potansiyel ışık kaynağı olabilmemesinin yanında ürünün kalitesinin kontrolü için de pek çok araştırmaya konu olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Kırmızı ışık genellikle ışıklandırma spektrumunun temelini oluşturur ve tek kırmızı LED ışığı bitki büyümesi ve fotosentez için yeterli olabilir. Önceki çalışmalara göre, ~640 nm (Lefsrud ve ark., 2008; Samuolienė ve ark., 2012a; Žukauskas ve ark., 2011; Samuolienė ve ark., 2012c) veya ~660 nm (Brazaitytė ve ark., 2006; Mizuno ve ark., 2011; Tarakanov ve ark., 2012; Wojciechowska ve ark., 2015; Chen ve ark., 2016) kırmızı LED dalga boyları marul ve diğer yeşil sebzelerin yetiştirilmesinde en yaygın kullanılan ışıklardır. Seralarda ve kapalı ortam bitki yetiştirme odalarında verimli bitki yetiştirmek için kırmızı LED ışığı genellikle mavi ışığın belli oranları ile birleştirilir; bununla birlikte, hasattan birkaç gün önce, kısa sürelerde kırmızı ışık uygulandığında, kırmızı ışığın spesifik davranışlarının önemli avantajları olduğu görülmüştür (Carvalho ve Folta, 2014). Örneğin, bir serada doğal ışıklandırmaya

ek olarak üç gün süren ~640 nm kırmızı LED ışık, marulda karbonhidrat içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırabilmekte ve istenmeyen nitrat içeriğini baskılayabilmektedir (Samuolien ve ark., 2009, 2013; Žukauskas ve ark., 2011). Kırmızı ışık altında yetişen yeşil yapraklı marul türlerinde antioksidan aktivitesindeki artış, ışık dahil çevresel etkilere karşı koruma sağlayan ve doğal olarak daha yüksek seviyelerde antioksidanlar içeren kırmızı yapraklı türlere göre daha belirgin ortaya çıktığı görülmüştür (Carvalho ve Folta, 2014). Hasat öncesi kırmızı 640 nm LED ışığa maruz bırakılmış farklı yapraklı sebzelerde değişken sonuçlar vermiştir. Örneğin, sera içinde maydanoz ve dereotunda üç günlük ek kırmızı ışık uygulamasından sonra, fenolik bileşiklerin, C vitamininin, karbonhidratların daha yüksek birikiminin yanı sıra toplam antioksidan aktivitesinin ve birikmiş nitrat içeriğinin hızlıca azaldığı, buna karşılık hardal, ıspanak, roka ve yeşil soğanda nitrat azalmasının olmadığını gözlemlenmiştir (Bliznikas ve ark., 2012). Wanlai ve ark. (2013) yaptıkları araştırmada, kırmızı ve mavi ışık birleşiminin tek kırmızı ışığa kıyasla, hasattan 48 saat önce ve sürekli uygulandığında nitrat azalmasında daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Hasat öncesi yapılan bu tür kısa dönem yapay ışık uygulamaları sebze üretiminde ekonomik kalite yönetimi sağlayabilmektedir. Ayrıca, fotosentetik aktif bölge aralığının hemen dışındaki kırmızı ötesi LED ışığının marulda fotosentez hızını artırdığı ve büyümeyi desteklediği görülmüştür (Goins ve ark., 2001). Bununla birlikte, kırmızı veya kırmızı ötesi ışınımdaki değişiklikler ve bunların oranları fitokromlar tarafından algılanmaktadır (Demotes - Mainard ve ark., 2016) ve bu durum bitkilerdeki fotomorfolojik süreçleri etkileyebilmektedir. Kırmızı ötesi LED ışığı, kırmızı (Stutte ve ark., 2009; Lee ve ark., 2015) veya kırmızı + mavi LED birleşimiyle (Lee ve ark., 2016) veya soğuk beyaz floresan (Li ve Kubota, 2009) ile birlikte uygulandığında, marulun büyüme özellikleri üzerinde biyokütle ve yaprak uzunluğunu artırıcı yönde etkileri olurken, klorofil, antosiyenin ve karotenoid konsantrasyonlarını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. İlave yapılan kırmızı ötesi ışık uygulaması, ışığı daha iyi yakalamanın bir sonucu olarak maruldaki gelişimin ve yaprak alanının artmasını sağlamaktadır (Kubota ve ark., 2012). Ayrıca, kırmızı ötesi ışığın, kırmızı ve mavi LED'ler ile birlikte kullanılması, hidroponik olarak yetiştirilen marulda gelişmiş mineral (potasyum, kalsiyum ve magnezyum) alımını artırdığı görülmüştür (Pinho ve ark., 2016). Bu etkilerle ilgili olarak, kapalı tip yetiştirme ortamları için yapay aydınlatma sistemleri

tasarlanırken, özellikle kırmızı ötesi LED'lerin diğer dalga boylu LED'lere oranı dikkate alınmalıdır (Lee ve ark., 2015). Kırmızı ışık, fotosentezi etkin bir şekilde yönlendirmesine rağmen, düzenli büyümeyi sağlamak, aşırı uzamış gövde ve gölgeden kaçınma tepkilerini en aza indirmek için genellikle biraz mavi ışıkla birlikte kullanılması gereklidir (Snowden ve ark., 2016). Mavi ışık kriptokrom sistemini harekete geçirir böylece, klorofil ile karotenoid uygun ışıkla karşılaşmış olur. Yapılan çalışmalarda mavi ışığın bu etkisinin yeşil sebzelerde büyüme, fotosentez ve antioksidan sistemi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir (Olle ve Viršilė, 2013). Mavi LED'ler (440-476 nm) tek veya kırmızı LED'ler ile birlikte kullanıldığında marul (Johkan ve ark., 2010; Lin ve ark., 2013), ıspanak (Matsuda ve ark., 2007; Ohashi - Kaneko ve ark., 2007), kişniş (Naznin ve ark., 2016) ve Çin lahanası (Li ve ark., 2012) bitkilerinde yaprak alanının genişlemesini ve biyokütle birikimini artırıcı yönde etkileri oluşmaktadır. Mavi ışığın artmasının, büyüme üzerinde, klorofil miktarında ve fotosentezde artışı teşvik eden etkileri olmaktadır (Yorio ve ark., 2001; Carvalho ve Folta, 2014). Tüm bitki çalışmaları, genellikle mavi fotonların artmasıyla fotosentezin de arttığını ortaya koymuştur (Hogewoning ve ark., 2010). Ancak, mavi ışığın fotosentez üretkenliği üzerindeki etkisi, esas olarak, ışınım enerjisini yakalamadaki değişimlerle belirlenir ve fotosentez üzerinde doğrudan etkilere yol açmaz (Snowden ve ark., 2016).

Bitki büyümesi, genel olarak mavi fotonların oranı %5-10'unu aştığında azalma eğilimindedir. Tayftaki mavi ışık seviyesinin aşırı yükselmesi hücre bölünmesini, hücre genişlemesini ve yaprak alanı büyümesini engeller, bu durum foton yakalanmasının ve büyümenin de azalmasına neden olur. Türlerin mavi ışığa duyarlılığı geniş bir yelpazede bulunur ve bitkinin gelişim aşaması ile tepkiler değişebilir (Bugbee, 2016). Bitki büyümesi ve fotosentez için en uygun kırmızı/mavi oranı üzerine yapılan araştırmalarda sayısız ve farklı sonuçlar elde edilmesine rağmen bu konuda daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır. Mavi LED ışığı aynı zamanda yeşil sebzelerin besin kalitesini artırmak için de faydalıdır. Bununla birlikte, mavi ışığın nitrat içeriğini azalttığı (Xin ve ark., 2015; Bian ve ark., 2016), antioksidan durumunu teşvik ettiği, fenolik bileşiklerin (Johkan ve ark., 2010; Son ve Oh, 2013; Bian ve ark., 2016; Taulavuori ve ark., 2016), askorbik asitin (Li ve ark., 2012), karotenoidlerin (Lefsrud ve ark., 2008), antosiyenin içeriklerinin artmasını teşvik ettiği ve yaprak rengini (Stutte ve ark., 2009; Li ve Kubota, 2009; Mizuno ve ark., 2011) etkilediği görülmüştür. Çalışmalar, kırmızı marul

çeşitlerinde pigmentasyonu artırmak için tamamlayıcı mavi ışık ile birkaç gün süren üretim sonu uygulamalarının yeterli olduğunu göstermektedir (Owen ve Lopez, 2015; Nicole ve ark., 2016). Çalışmalar ayrıca, mavi LED aydınlatmanın etkilerinin türe ve kültüre bağlı olduğu ve kırmızı renkli çeşitlerin yeşil çeşitlere göre mavi ışık koşullarına daha iyi uyum sağladığını doğrulamaktadır (Ouzounis ve ark., 2015b; Taulavuori ve ark., 2016).

Marulun tadı ışık şartlarından etkilenebilmektedir (Carvalho ve Folta, 2014). Bir çalışmada, *Grand Rapids* marul çeşidinde, sadece kırmızı LED altında veya kırmızı ötesi ve kırmızı LED birleşimli ışık altında yetiştirilenler ile karşılaştırıldığında mavi LED ışığı altında yetiştirilenlerin tadının daha acı olduğu görülmüştür (Carvalho ve Folta, 2014). Lin ve ark. (2013), kırmızı ve mavi veya kırmızı, mavi ve beyaz LED'ler altında yetiştirilen *Boston* marulunun duyuşal özelliklerini karşılaştırmış, bu amaçla kırmızı ve mavi ışığa tabi tutulmuş bitkilerin şekli, canlılığı ve tatlılığı incelenmiş ve pazar için kabul edilemez olduğunu bulmuşlardır. Fakat buna karşılık, ilave gün ışığı beyaz LED'ler kullanıldığında, bitkilerin daha canlı ve şeker birikmesi nedeniyle daha tatlı olduğu görülmüştür.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre, çoğu kaynağın aksine yeşil ışığın da bitkiler üzerinde önemli fizyolojik etkilere sahip olduğu anlaşılmıştır (Olle ve Viršilė, 2013). Çeşitli çalışmalarda, yeşil floresan lambalara kıyasla, 510–530 nm yeşil LED ışık (Johkan ve ark., 2012; Son ve Oh, 2015) mavi ve kırmızı LED ışıklarla birlikte kullanıldığında marul gelişimini desteklediği sonucuna varılmıştır. Son ve Oh (2015), yeşil LED ışığına maruz bırakılan bitkilerde yaprak morfolojisi, geçirgenlik, hücre bölünme oranı ve yaprak anatomisini incelemişler ve test edilen iki marul çeşidinde büyümenin arttığını gözlemlemişlerdir. Snowden ve ark. (2016) ve Bugbee (2016), yeşil ışığın yaprakların ve kanopilerin daha derinlerine nüfuz ettiğini, dolayısıyla bitki büyümesini ve gelişimini değiştirdiğini; bununla birlikte, artan fotosentetik akışlar nedeniyle bu etkilerin azalabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Folta ve Maruhnich (2007) yeşil ışığın bitki büyümesini yavaşlatmak veya durdurmak için bir uyarıcı olduğunu öne sürmüşlerdir, ancak yeşil ışığın rolünün, tipik olarak bitki örtüsü altında meydana gelen düşük ışık koşullarında özellikle önemli olduğu düşünülmektedir. Yeşil ışık, kırmızı veya mavi ışık dalga boylarına kıyasla yaprak dokusu ile daha iyi iletim sağlayarak bitkiyi canlandırmakta ve farklılıklar oluşturmaktadır (Massa ve ark., 2015). Çok az

sayıdaki araştırma sonuçlarında, yeşil ışığın yapraklı sebzelerin besin değeri üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. İlave yapılan 530 nm yeşil ışık, kırmızı ve mavi LED'lerin kombinasyonu altında kapalı ortam odalarında yetiştirilen Romaine bebek yapraklı marulda α -karoten ve antosiyaninlerin birikmesini teşvik ettiği gözlenmiştir (Samuolien ve ark., 2013). Aynı araştırmacılar, bir serada yüksek basınçlı sodyum lamba aydınlatmasına ilave olarak 505, 530 ve 535 nm yeşil LED kullandıkları araştırmalarında, bebek yapraklı farklı marul çeşitlerinde nitrat azalmasına, askorbik asit, tokoferol ve antosiyanin konsantrasyonlarının artışı yönünde bulgular elde etmişlerdir (Samuolien ve ark., 2012b, d). Kırmızı ve mavi LED'lere ilave olarak yeşil ve sarı LED'lerin kullanılması, fesleğen bitkilerinde monoterpenoid uçucuların emisyon düzeylerini artırmıştır (Carvalho ve ark., 2016). Ancak, UV ışınları yapraklı sebzelerde ikincil metabolitler üzerinde en yüksek etkiye sahiptir. Sınırlı UV LED kullanılabilirliği ve nispeten yüksek maliyetler nedeniyle (Wargent, 2016), şimdiye kadar sadece birkaç araştırma sonucu yayınlanmıştır. Chang ve Chang (2014), UV-A ışığına maruz kalan yaprak marulunun taze ağırlığında bir artış bildirmişlerdir. UV-A LED ışınının küçük bir akışı da bebek yapraklı marulda antosiyanin (Li ve Kubota, 2009), fenolik bileşikler ve α -karoten (Samuolien ve ark., 2013) içeriğini artırdığı görülmüştür. Goto ve ark. (2016), hasattan 1–3 gün önce UV ışığının eklenmesinin, kırmızı yapraklı marulda antosiyanin konsantrasyonunu ve antioksidan kapasitesini etkili bir şekilde artırdığını göstermiştir.

Farklı dalga boylu LED ışıklarının bazı marul çeşitleri üzerindeki etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Bununla birlikte, farklı yeşil sebzeler ve marul çeşitleri için LED aydınlatma modellerinin geliştirilmesine önemli çaba sarf edilmesi gerekecektir. Buna ek olarak, araştırma raporları karşılaştırılırken sebze çeşitliliği, gelişim evresi, aydınlatmanın zamanı, ışık kaynaklarının spektral dağılımı, fotosentetik foton akışı, fotoperiyod uzunluğu, sıcaklık ve ekim ortamının diğer koşulları (Carvalho ve Folta, 2014) gibi dikkate alınması gereken birçok değişken vardır. Dahası, sera ortamında mevsimsel etkiler ortadan kaldırılamaz. Kuzey enlemlerinde yapılan birçok araştırma, farklı ışık spektrum özelliklerinin, aynı mevsimde ve farklı ekim yıllarında olduğu gibi, yılın farklı mevsimlerinde de (Samuolien ve ark., 2012a, b; Wojciechowska ve ark., 2016) verimli olduğunu doğrulamaktadır. (Wojciechowska ve ark., 2015).

Çizelge 1. Farklı dalga boylu LED ışıklarının marul çeşitleri üzerindeki etkileri

Işık Rengi	LED aydınlatma	Bitki	Etkileri
Kırmızı ötesi (700–850 nm)	850 nm ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ile birlikte Beyaz LED (449, 548 nm, %30 Mavi); Toplam PPFD= $135 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 16 saat	(<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crisp</i>) 'Green Oak Leaf'	• Sadece beyaz LED kullanımına göre taze ağırlıkta %36 azalma, bitkilerde seyrelme ve kıvrılma (Chen ve ark., 2016).
	660 ve 455 nm ile 740 nm LED birleşimi; R/B oranı= 4.5; R/FR oranı= 7; Toplam PPFD= $150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 20 saat	(<i>Lactuca sativa</i> L.) 'Frillice Crisp'	• Kırmızı ötesi ışığın eklenmesiyle yaprak alan indeksinde %17, taze ağırlıkta %29, sürgün yüksekliğinde %121 ve boğumlar arası mesafede %117 artış, • Hızlı büyümenin, SPAD ve kuru ağırlık içeriğinde sırasıyla %27 ve %7 oranında azalma, • Kırmızı ötesi ışığın Azot alımını teşvik etmesi, • Kırmızı, kırmızı +mavi ışık altındaki bitkilere göre kırmızı ötesi ışık altındaki bitkilerde K, Ca ve Mg alımlarında sırasıyla 27, 25 ve %28 artış (Pinho ve ark., 2016).
	735 nm ile birlikte 440, 660 nm; B + R/FR oranı= 0.7, 1.2, 4.1, 8.6; B:R oranı= 2:8; Toplam PPFD= $130 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 12 saat	(<i>Lactuca sativa</i> L.) 'Sunmang' (16 günlük fideler)	• Sürgün ve kök büyümesinde gelişme; • Bitki taze ağırlığındaki en yüksek artış B+R/FR'nin 1.2 oranında görülmüştür (Lee ve ark., 2016).
	734 nm ($160 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ile soğuk beyaz floresan lamba; Toplam PPFD= $300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 16 saat	'Red Cross' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• Floresanın tek başına kullanılmasıyla karşılaştırıldığında, taze ağırlık, kuru ağırlık, gövde uzunluğu, yaprak uzunluğu ve yaprak genişliğinde sırasıyla 28, 15, 14, 44 ve 15 oranında artış, • Floresana kıyasla klorofil konsantrasyonunda %14 ve karotenoid konsantrasyonunda %11 azalma (Li ve Kubota, 2009).
Kırmızı ötesi (700–850 nm)	660 nm kırmızı (R) ile 732 nm (FR) LED birleşimi; R/FR oranları= 0.7, 1.2, 4.1, 8.6, ve 100% kırmızı; Toplam PPFD= $132 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$;	Kırmızı yapraklı marul 'Sunmang' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• R/FR oranı 1,2 olduğunda taze ve kuru ağırlıkta artış, • R / FR oranı azaldığında yaprak sayısında artış, • Floresan lamba aydınlatması altındaki bitkilere kıyasla yapraklarda uzunluk artışı ve SPAD değerlerinde azalma (Lee ve ark., 2015).
	640 nm kırmızı ile 730 nm kırmızı ötesi ($20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) LED birleşimi; Toplam PPFD= $320 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 18 saat	Kırmızı yapraklı marul 'Outredgeous' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• Toplam biyokütlerde ve yaprak uzamasında artış (Stutte ve ark., 2009).
	Beyaz LED (449, 548 nm, %30 Mavi) ile 660 nm ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) birleşimi; Toplam PPFD= $135 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 16 saat	'Green Oak Leaf' (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>crisp</i>)	• Klorofil ve karotenoid içeriğinde artış (Chen ve ark., 2016).
	Kışın serada doğal ışığa ilave olarak 100:0, 90:10, 70:30 ve 50:50 oranlarında 660 ve 430 nm LED uygulaması; PPFD= $200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 16 saat	'Noordhollandse' (<i>V. locusta</i> L.)	• Askorbik asit içeriğinde azalma (Wojciechowska ve ark., 2015).
	Beyaz floresanla birlikte 658 nm ($130 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) LED uygulaması; Toplam= PPFD $300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 16 saat	'Red Cross' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• Beyaz floresan ile karşılaştırıldığında fenolik bileşik konsantrasyonunda artış (Li ve Kubota, 2009).
	Serada doğal ışık ve HPS ($130 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) lambaya ilave 638 nm LED ($\sim 500 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) uygulaması Uygulama= Hasat öncesi 3 gün	'Grand rapids' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• Nitrat içeriğinde azalma (Samuolien ve ark., 2009).
	Serada doğal ışık ve HPS ($300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) lambaya ilave 638 nm LED ($210 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) Uygulama= Hasat öncesi 3 gün (18 saat/gün)	Yeşil yapraklı marul 'Thumper' ve 'Multibaby' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	• Multibaby marulunda artan antioksidan özellikler: toplam fenoliklerin (% 28.5) daha yüksek konsantrasyonu, tokoferol (% 33.5), antioksidan kapasite (% 14.5) ve şeker (% 52.0) (Samuolien ve ark., 2012a).

Çizelge 1'in devamı

Işık Rengi	LED aydınlatma	Bitki	Etkileri
Yeşil (490–550 nm)	510, 520 veya 530 nm LED; PPFD= 100, 200 ve 300 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	Kırmızı yapraklı marul 'Banchu Ref Fire' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Yüksek yoğunluklu ($300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) yeşil LED ışığının floresana kıyasla marul gelişimini desteklemiştir. 510 nm ışık bitki büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Johkan ve ark., 2012).
	Serada doğal ışık ve HPS ($170 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) lambaya ilave olarak 530 nm LED ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$); Uygulama= 16 saat	Kırmızı yapraklı 'Multired 4,' Yeşil yapraklı 'Multigreen 3' Açık yeşil yapraklı 'Multiblond 2	<ul style="list-style-type: none"> Tüm marul çeşitlerinde nitrat konsantrasyonunda azalma ve sakarit içeriğinde artış. (Samuoliené ve ark., 2012d).
Yeşil (490–550 nm)	Serada doğal ışığa ilave HPS ($170 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ve 505, 530 nm LED ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$); Uygulama= 16 saat	Kırmızı yapraklı 'Multired 4,' yeşil yapraklı 'Multigreen 3', açık yeşil yapraklı 'Multiblond 2'	<ul style="list-style-type: none"> 535 nm yeşil LED'lerin, askorbik asit, tokoferol içeriği ve DPPH serbest radikal aktivitesi üzerinde büyük pozitif etkiye sahip olduğu, 505 nm LED'lerin toplam fenol ve antosiyanin içerikleri üzerinde daha fazla etkisi olduğu görülmüştür. (Samuoliené ve ark., 2012b).
	Kırmızı 655 nm, mavi 456 nm ile yeşil 518 nm LED birleşimi (R:G:B = 9:1:0, 8:1:1, 7:1:2); Toplam PPFD= 173 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 12 saat	Kırmızı yapraklı 'Sunmang' ve yeşil yapraklı 'Grand Rapid TBR' (18 günlük fideler üzerinde 4 haftalık deneme)	<ul style="list-style-type: none"> Mavi ve yeşil LED'lerin kırmızı LED'lerle birlikte belli oranlarda bulunması marulda büyümeyi artırmıştır. 8R+1G+1B dizilim oranında kırmızı yapraklı marul sürgünlerinin taze ağırlıkları 8R+2B altındakilere göre yaklaşık% 61 daha yüksek çıkmıştır (Son ve Oh, 2015).
Mavi (425–490 nm)	Soğuk beyaz floresana ilave Mavi LED (476 nm, $130 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	'Red Cross' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Antosiyanin konsantrasyonunda %31 artış, Karotenoid konsantrasyonunda %12 artış. (Li ve Kubota, 2009).
	Blue (468 nm) LEDs alone or in combination with red (655 nm) LEDs. Total PPFD *100 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	Kırmızı yapraklı (<i>Lactuca sativa</i> L. cv. Banchu Red Fire)	<ul style="list-style-type: none"> Köklerde biyokütle birikiminin teşvik edilmesi, Güçlü marul fidelerinin gelişmesi, Ekimden sonra marul büyümesini teşvik etmesi, Daha fazla polifenol ve toplam antioksidan içeriği (Johkan ve ark., 2010).
	630 nm kırmızı ve 460 nm LED birleşimi (R:B oranları= 2:1, 4:1, 8:1, 1:0) Toplam PPFD= $150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= Hasat öncesi 48 saat sürekli aydınlatma	Marul (<i>Lactuca sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Azaltılmış nitrat içerikleri ve önemli ölçüde artan çözünebilir şeker içerikleri, en çok R:B= 4:1 olarak bulunmuştur (Wanlai ve ark., 2013).
	Mavi (440 nm, $30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ve kırmızı (640 nm, $270 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) LED	Kırmızı yapraklı (<i>Lactuca sativa</i> L. cv. Outredgeous))	<ul style="list-style-type: none"> Antosiyaninlerde konsantrasyon artışı, daha yüksek antioksidan potansiyeli, Yaprak genişliğinde artış (Stutte ve ark., 2009).
UV(200–400 nm)	UV-A 383–426 nm, kırmızı 623–673 nm ve mavi 427–478 nm LED birleşimi (R:B:UV-A= %52.9:%7:%10.1); Toplam PPFD= $300 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; Uygulama= 12 saat	(<i>Lactuca sativa</i> var. <i>Crispa</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Taze kütlede artış (Chang ve Chang, 2014).
	Soğuk beyaz floresana ilave UV-A LED (373 nm, $18 \pm 2 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	'Red Cross' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Antosiyanin konsantrasyonunda % 11 artış (Li ve Kubota, 2009).
	Floresan lambayla birlikte 310, 325 veya 340 nm UV-B LED (0.5 W.m^{-2}) Uygulama= Hasat öncesi 3 gün	'Red fire' (<i>Lactuca sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Hasat öncesi UV-B ışıkların antosiyanin ve diğer antioksidan polifenollerde teşvik edici etkileri, Antosiyanin konsantrasyonu, 310 nm'de, 325 ve 340 nm'ye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek ölçülmüştür.(Goto ve ark., 2016).

TARTIŞMA VE SONUÇ

LED aydınlatma, yılın herhangi bir zamanında bitkisel üretimi teşvik edici kontrollü çevre tarımının kilit ve etkili bir bileşeni olma yolunda hızla gelişmektedir. Yenilikçi LED aydınlatma sistemlerinin, yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerle birlikte bitkisel

üretimde tamamen yeni bir boyut kazandırdığı görülmektedir. LED teknolojisinin tamamlayıcı aydınlatma için bir ışık kaynağı olarak en önemli farkı, ışık ortamını kontrol etme esnekliğidir. LED, hem ışık spektrumunu hem de fotosentetik akış yoğunluğunu (PPFD: *Photosynthetic Photon Flux Density*) kontrol

etme imkanı sunar. Akıllı LED aydınlatma sistemleri kullanılarak, ışık kalitesinin, yani ışık spektrumunun bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak ortaya çıkarılabilir ve böylece yapılacak sonraki çalışmalara ışık tutacak etkili ilave aydınlatma kılavuzları geliştirilebilir.

LED'ler sahip oldukları sabit enerji verimliliği ve ışık dağılımlarındaki geliştirmeler ile mevcut ilave aydınlatma teknolojilerine yön veren önemli bir alternatiftir. Ancak, bitki büyüme, gelişme, besleme ve metabolizma üzerindeki spektral kalite etkilerinin nasıl optimize edileceğine dair önemli sorunlar devam etmektedir. Bitkilerin LED spektrumuna özel tepkileri bazen yayınlanmış araştırmalara dayanılarak tahmin edilebilir. Fakat bitki metabolizmasındaki birçok farklı iç tepkimenin karmaşık etkileşimi nedeniyle bitkilerin

ışığa gösterecekleri tepkinin, tam olarak öngörülmesi genellikle zordur. Işık şiddeti, süresi, kalitesi, dalga boyu ve diğer çevresel parametreler, bitkilerin fotobiyolojik tepkilerini elde etmeyi, anlamayı ve yeni sonuçlar çıkarmayı zorlaştıran başlıca faktörlerdir. Ayrıca, ışığın farklı dalga boylarının fotosentez üzerindeki etkileşimi henüz tam anlaşılabilmiş değildir. Bu nedenle, LED aydınlatma üzerine yıllarca daha pek çok araştırmanın yapılacağı öngörülmektedir. Öte yandan, uzman araştırmacılar dışında konuya meraklı bazı işletmelerin de özel bitki çeşitleri ve özel yetiştirme teknolojileri (Doku kültürü, aşılı fide, dikey yetiştiricilik gibi) için LED aydınlatma parametrelerini test ve optimize etmek amacıyla küçük ölçekli Ar-Ge çalışmaları yaptıkları da gözlemlenmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anderson, J. M., W. S. Chow, Y. I. Park, 1995. The Grand Design Of Photosynthesis: Acclimation Of The Photosynthetic Apparatus To Environmental Cues. *Photosynth Res* 46:129–139.
- Bian, Z. H., R. F. Cheng, Q. C. Yang, J. Wang, 2016. Continuous Light From Red, Blue, And Green Light-Emitting Diodes Reduces Nitrate Content And Enhances Phytochemical Concentrations And Antioxidant Capacity In Lettuce. *J Amer Soc Hort Sci* 141:186–195.
- Bliznikas, Z., A. Žukauskas, G. Samuolienė, A. Viršilė, A. Brazaitytė, J. Jankauskienė, P. Duchovskis, A. Novičkovas, 2012. Effect Of Supplementary Pre-Harvest Led Lighting On The Antioxidant And Nutritional Properties Of Green Vegetables. *Acta Hort* 939:85–91.
- Brazaitytė, A., R. Uliuskaitė, P. Duchovskis, G. Samuolienė, J. B. Sikšnienienė, G. Šabajevienė, K. Baranauskis, G. Stanienė, G. Tamulaitis, Z. Bliznikas, A. Žukauskas, 2006. Optimization Of Lighting Spectrum For Photosynthetic System And Productivity Of Lettuce By Using Light-Emitting Diodes. *Acta Hort* 711:183–188.
- Briggs, W. R., J. M. Christie, 2002. Phototropins 1 And 2: Versatile Plant Blue Light Receptors. *Trends Plant Sci* 7(5):204–210.
- Bugbee, B., 2016. Towards An Optimal Spectral Quality For Plant Growth And Development: The Importance Of Radiation Capture. *Acta Hort* 1134:1–12.
- Carvalho, S. D., K. M. Folta, 2014. Environmentally Modified Organisms—Expanding Genetic Potential With Light. *Crit Rev in Plant Sci* 33:486–508.
- Carvalho, S. D., M. L. Schwieterman, C. E. Abraham, T. A. Colquhoun, K. M. Folta, 2016. Light Quality Dependent Changes In Morphology, Antioxidant Capacity, And Volatile Production In Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Front Plant Sci* 7:1328.
- Cashmore, A. R., J. A. Jarillo, Y. J. Wu, D. Liu, 1999. Cryptochromes: Blue Light Receptors For Plants And Animals. *Science* 284(5415):760–765.
- Chang, C. L., K. P. Chang, 2014. The Growth Response Of Leaf Lettuce At Different Stages To Multiple Wavelength-Band Light-Emitting Diode Lighting. *Sci Hort* 179:78–84.
- Chen, X. L., X. Z. Xu, W. Z. Guo, L. C. Wang, X. J. Qiao, 2016. Growth And Nutritional Properties Of Lettuce Affected By Mixed Irradiation Of White And Supplemental Light Provided By Light-Emitting Diode. *Sci Hort* 200:111–118.
- Colonna, E., Y. Roupael, G. Barbieri, 2016. Nutritional Quality Of Ten Leafy Vegetables Harvested At Two Light Intensities. *Food Chem* 199:702–710.
- Demotes-Mainard, S., T. Peron, A. Corot, 2016. Plant Responses To Red And Far Red Lights, Applications In Horticulture. *Environ Exp Bot* 121:4–21.
- Folta, K., S. A. Maruhnich, 2007. Green Light: A Signal To Slow Down Or Stop. *J Exp Bot* 58:3099–3111.
- Goins, G. D., L. M. Ruffe, N. A. Cranston, N. C. Yorio, R. M. Wheeler, J. C. Sager, 2001. Salad Crop Production Under Different Wavelengths Of Red Light-Emitting Diodes (leds). Sae technical paper. In: 31st international conference on environmental systems, 9–12 July 2001, Orlando, FL, USA, pp 1–9.
- Goto, E., K. Hayashi, S. Furuyama, S. Hikosaka, Y. Ishigami, 2016. Effect Of Uv Light On Phytochemical Accumulation And Expression Of Anthocyanin Biosynthesis Genes In Red Leaf Lettuce. *Acta Hort* 1134:179–185.
- Hogewoning, S. W., G. Trouwborst, H. Maljaars, H. Poorter, W. van Ieperen, J. Harbinson, 2010. Blue Light Dose–Responses Of Leaf Photosynthesis, Morphology, And Chemical Composition Of *Cucumis Sativus* Grown Under Different Combinations Of Red And Blue Light. *J Exp Bot* 61:3107–3117.
- Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, T. Yoshihara, 2010. Blue Light-Emitting Diode Light Irradiation Of Seedlings Improves Seedling Quality And Growth After Transplanting In Red Leaf Lettuce. *HortScience* 45:1809–1814.
- Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, T. Yoshihara, 2012. Effect Of Green Light Wavelength And Intensity On Photomorphogenesis And Photosynthesis In *Lactuca Sativa*. *Environ Exp Bot* 75:128–133.
- Kubota, C., P. Chia, Q. Yang Li, 2012. Applications Of Far-Red Light Emitting Diodes In Plant Production Under Controlled Environments. *Acta Hort* 952:59–66.
- Lee, M. J., S. Y. Park, M. M. Oh, 2015. Growth And Cell Division Of Lettuce Plants Under Various Ratios Of Red To Far-Red Light-Emitting Diods. *Hortic. Environ Biote* 56:188–194.
- Lee, M. J., K. H. Son, M. M. Oh, 2016. Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. *Hortic Environ Biote* 57:139–147.

- Lefsrud, M. G., D. A. Kopsell, C. E. Sams, 2008. Irradiance from distinct wavelength light-emitting diodes affect secondary metabolites in kale. *HortScience* 43:2243–2244
- Li, Q., C. Kubota, 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environ Exp Bot* 67:59–64.
- Li, H., C. Tang, Z. Xu, X. Liu, X. Han, 2012. Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *J Agr Sci* 4:262–273.
- Lin, K. H., M. Y. Huang, W. D. Huang, M. H. Hsu, Z. W. Yang, C. M. Yang, 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Sci Hort* 150:86–91.
- Massa, G., T. Graham, T. Haire, C. Flemming II., G. Newsham, R. Wheeler, 2015. Light-emitting diode light transmission through leaf tissue of seven different crops. *HortScience* 50:501–506.
- Matsuda, R., K. Ohashi-Kaneko, K. Fujiwara, K. Kurata, 2007. Analysis of the relationship between blue-light photon flux density and the photosynthetic properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves with regard to the acclimation of photosynthesis to growth irradiance. *Soil Sci Plant Nutr* 53:459–465.
- McCree, K. J., 1971. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric Meteorol* 9:191–216.
- Mizuno, T., W. Amaki, H. Watanabe, 2011. Effects of monochromatic light irradiation by LED on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings. *Acta Hort* 907:179–184.
- Mou, B., 2012. Nutritional quality of lettuce. *Curr Nutr Food Sci* 8(3):177–187.
- Naznin, M. T., M. Lefsrud, V. Gravel, X. Hao, 2016. Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties. *Acta Hort* 1134:223–229.
- Nicole, C. C. S., F. Charalambous, S. Martinakos, S. van de Voort, Z. Li, M. Verhoog, M. Krijn, 2016. Lettuce growth and quality optimization in a plant factory. *Acta Hort* 1134:231–238.
- Ohashi-Kaneko, K., M. Takase, N. Kon, K. Fujiwara, K. Kurata, 2007. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. *Environ Control Biol* 45:189–198.
- Olle, M., A. Viršilė, 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agr. Food Sci* 22:223–234.
- Osram Opto, S., 2016. Solutions for Horticulture Lighting. <http://ledapplicatie.nl/wp-content/uploads/sites/32/2016/06/6.final-Horticulture-Lighting-led-evenement-brandes.pdf>. Erişim: Mayıs 2018.
- Ouzounis, T., B. Razi Parjikolaie, X. Fretté, E. Rosenqvist, C. O. Ottosen, 2015a. Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in *Lactuca sativa*. *Front Plant Sci* 6:19.
- Ouzounis, T., E. Rosenqvist, K. Ottosen, 2015b. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: a review. *HortScience* 50:1128–1135.
- Owen, W. G., R. Lopez, 2015. End-of-production supplemental lighting with red and blue light-emitting diodes (LEDs) influences red pigmentation of four lettuce varieties. *HortScience* 50:676–684.
- Pinho, P., K. Jokinen, L. Halonen, 2016. The influence of the LED light spectrum on the growth and nutrient uptake of hydroponically grown lettuce. *Lighting Res Technol*.
- Pocock, T., 2015. Light-emitting diodes and the modulation of specialty crops: light sensing and signaling networks in plants. *HortScience* 50:1281–1284.
- Samuolienė, G., A. Urbonavičiūtė, P. Duchovskis, Z. Bliznikas, P. Vitta, A. Žukauskas, 2009. Decrease in nitrate concentration in leafy vegetables under a solid-state illuminator. *HortScience* 44:1857–1860.
- Samuolienė, G., A. Brazaitytė, P. Duchovskis, A. Viršilė, J. Jankauskienė, R. Sirtautas, A. Novičkovas, S. Skalauskienė, J. Sakalauskaitė, 2012a. Cultivation of vegetable transplants using solid-state lamps for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses. *Acta Hort* 952:885–892.
- Samuolienė, G., A. Brazaitytė, R. Sirtautas, A. Novičkovas, P. Duchovskis, 2012b. The effect of supplementary LED lighting on the antioxidant and nutritional properties of lettuce. *Acta Hort* 952:835–841.
- Samuolienė, G., R. Sirtautas, A. Brazaitytė, A. Viršilė, P. Duchovskis, 2012c. Supplementary red-LED lighting and the changes in phytochemical content of two baby leaf lettuce varieties during three seasons. *J Food Agric Environ* 10:7001–7706.
- Samuolienė, G., R. Sirtautas, A. Brazaitytė, P. Duchovskis, 2012d. LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. *Food Chem* 134:1494–1499.
- Samuolienė, G., A. Brazaitytė, R. Sirtautas, A. Viršilė, J. Sakalauskaitė, S. Sakalauskiene, P. Duchovskis, 2013. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. *J Sci Food Agric* 93:3286–3291.
- Sancar, A., 2003. Structure and function of DNA photolyase and cryptochrome blue-light photoreceptors. *Chem Rev* 103(6):2203–2238.
- Shinomura, T., K. Uchida, M. Furuya, 2000. Elementary processes of photoperception by phytochrome A for high-irradiance response of hypocotyl elongation in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 122(1):147–156.
- Smith, H., 1995. Physiological and ecological function within the phytochrome family. *Annu Rev Plant Biol* 46:289–315
- Snowden, M. C., K. R. Cope, B. Bugbee, 2016. Sensitivity of seven diverse species to blue and green light: interactions with photon flux. *PLoS ONE* 11(10):e0163121.
- Son, K. H., M. M. Oh, 2013. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes. *HortScience* 48:988–995.
- Son, K. H., M. M. Oh, 2015. Growth, photosynthetic and antioxidant parameters of two lettuce cultivars as affected by red, green, and blue light-emitting diodes. *Hortic Environ Biote* 56:639–653.
- Spalding, E. P., K. M. Folta, 2005. Illuminating topics in plant photobiology. *Plant, Cell Environ* 28:39–53.
- Stutte, G. W., S. Edney, T. Skerritt, 2009. Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. *HortScience* 44:79–82.

Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri

- Tarakanov, I., O. Yakovleva, I. Konovalova, G. Paliutina, A. Anisimov, 2012. Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production. *Acta Hort* 956:171–178.
- Taulavuori, K., V. Hyöky, L. Oksanen, E. Taulavuori, R. Julkunen-Tiitto, 2016. Species-specific differences in synthesis of flavonoids and phenolic acids under increasing periods of enhanced blue light. *Environ Exp Bot* 121:145–150.
- Viršilė, A., M. Olle ve P. Duchovskis, 2017. LED Lighting in Horticulture, Chap. 7, pp. 113-161. In: *Light Emitting Diodes for Agriculture (Smart Lighting)*. S. Dutta Gupta (ed.), Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Wanlai, Z., L. Wenke, Y. Qichang, 2013. Reducing nitrate content in lettuce by pre-harvest continuous light delivered by red and blue light emitting diodes. *J Plant Nutr* 36:491–490.
- Wargent, J. J., 2016. UV LEDs in horticulture: from biology to application. *Acta Hort* 1134:25–32
- Wojciechowska, R., O. Długosz-Grochowska, A. Kołton, M. Żupnik, 2015. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. *Sci Hort* 187:80–86.
- Wojciechowska, R., A. Kołton, O. Długosz-Grochowska, E. Knop, 2016. Nitrate content in *Valerianella locusta* L. plants is affected by supplemental LED lighting. *Sci Hort* 211:179–186.
- Xin, J., H. Liu, S. Song, R. Chen, G. Sun, 2015. Growth and quality of Chinese kale grown under different LEDs. *Agric Sci Technol* 16:68–69.
- Yağcıoğlu, A., 2005. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova- İzmir, 251 ss.
- Yorio, N. C., G. D. Goins, H. R. Kagie, R. M. Wheeler, J. C. Sager, 2001. Improving spinach, radish and lettuce growth under red light emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. *HortScience* 36:380–383.
- Žukauskas, A., Z. Bliznikas, K. Breivė, A. Novičkovas, G. Samuolienė, A. Urbonavičiūtė, A. Brazaitytė, J. Jankauskienė, P. Duchovskis, 2011. Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant properties of lettuce cultivars. *Acta Hort* 907:87–90.

Süt Sağım Makinalarında Kullanılan Kauçuk Tip Meme Lastiklerinin Farklı Sağım Ömürlerinde Fiziksel Özellikleri ve Sağım Performansına Etkisi*

Pelin FİDAN¹, Halil ÜNAL^{2}**

¹Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği ABD, Bursa

²Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

*Sorumlu yazar e-posta: hunal@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 28.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Bu çalışmada farklı sağım ömürlerinin gerçek sağım koşulları altında kullanılan kauçuk tip meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerinde fiziksel özellikleri ve sağım performansları üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada aynı fiziksel ve teknik özelliğe sahip üç farklı firma üretimi (A, B ve C) uzun tip kauçuk meme lastikleri kullanılmıştır. Meme lastikleri özel bir süt siğirciliği işletmesinde 600, 1200 ve 1800 sağım ömürlerinde (2, 4 ve 6 ay) denemeye alınmıştır. Denemenin yapıldığı işletmede günde iki kez sağımı yapılan ortalama 40 Holstein Friesian cinsi inek ve 2x4=8 balıklıçığı sağım ünitesi bulunmaktadır. Araştırması yapılan meme lastiklerinin her bir sağım ömrüne göre fiziksel özellikleri (uzunluk, çap, sertlik, pürüzlülük ve ağırlık ölçümleri) belirlenmiştir. Ayrıca meme lastiklerinin kullanımına bağlı olarak, farklı sağım ömürlerinin sağım performansları (ortalama süt verimi, sağım süresi ve sağım debisi) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda meme lastikleri içerisinde toplam uzunluk değişim oranı %4.4 ile en fazla 'A' lastiğinde, en az değişim ise %2.9 ile 'C' lastiğinde belirlenmiştir. Toplam uzunluk değişimine etkili en önemli unsur '4' nolu ölçüm noktasıdır. Burada da en fazla değişim %8.6 ile 'A' lastiğinde, en az değişim ise %4.6 ile 'C' lastiğinde bulunmuştur. Meme lastiklerinin çap bölgeleri incelendiğinde, 'ez az değişimi 7A' ve '7B' çap bölgelerinde 'C' ve 'A' lastikleri, '8A' ve '8B' deki çap bölgelerinde ise 'A' lastiği göstermiştir. Pürüzlülük ve sertlik analizlerinde en az değişim oranları sırasıyla %29.3 (Ra) ve %3.3 ile 'B' meme lastiğinde bulunmuştur. Deney süresince toplam ağırlık artışı en az değişen meme lastiği 'C' (%2.8) olmuştur. Araştırma başlangıcından 1200 sağım ömrü sonuna kadar olan süt verimleri incelendiğinde, hayvanların süt verimlerinde düşme, 1800 sağım ömründe ise artış gözlenmiştir. Araştırma sonucunda fiziksel analizler incelendiğinde 'B' meme lastiği en iyi performansı sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Süt sağım makinası, meme lastiği, sağım ömrü, boyut özellikleri, sertlik, pürüzlülük, sağım performansı.

Effects of Different Milking Ages on Physical Characteristic and Milking Performance in of Rubber Type Teatcup Liners Used in Milking Machines

Abstract: In this research, it was aimed to determine the effects of different milking periods on the physical properties and milking performance of rubber type tires used under actual milking conditions. In the research, long kind rubber liners which have some physical quality, three different brands (A, B and C) were used. Liners were tested at 600, 1200 and 1800 milking days (2, 4 and 6 months) in a commercial dairy farm. There were approximately 40 Holstein Friesian genus cow which were milked two times a day and 2x4=8 herringbone milking unit in the farm. The physical characteristics (length, diameter, hardness, roughness and weight measurements) of liners were determined according to each milking life. In addition, depending on the use of breast tires, the effects of different milking periods on milking performance (mean milk yield, milking time and milk flow rate) were examined. At the end of the study, the total length change rate among the treads were determined as 'A' liner with 4.4% and 'C' liner with the least change with 2.9%. The most important factor affecting total length change was '4' measurement point. Here, the highest

* Bu çalışma Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında 08.09.2017 tarihinde kabul edilen Yüksek Lisans Tezinin bir bölümüdür.

change was found in the 'A' liner with 8.6%, and the lowest change was found in 'C' with 4.6%. When the diameter regions of the liner were examined, the 'C' and 'A' liners were observed in diameter regions '7A' and '7B' and the least change was determined in 'A' liner in diameter regions 8A and 8B. In the roughness and hardness analyses, the minimum rate of change was found to be 29.3% (*Ra*) and 3.3%, respectively. During the test, the total weight of the liner was changed to 'C' (2.8%). When the milk yields from the beginning of the research to the end of the 1200 milking life were examined, the milk yields of the animals decreased and 1800 milking lives increased. As a result of the research, it can be said that the 'B' liner provides the best performance when the physical analysis of the liners are examined.

Key words: Milking machine, teatcup liner, milking age, dimensional properties, hardness, surface roughness, milking performance.

GİRİŞ

Süt sağıım makinası meme lastiğı, sağıılacak hayvanın meme ucuna takılan, bir ağıızı olan ve açılıp kapanabilen, esnek bir tüp ile bu tüpün uzantısı olan veya ayrı bir parça halinde takılan kısa süt borusundan meydana gelen sağıım başlığı elemanıdır. Meme lastikleri kısa süt borusu ile birlikte imal edilme durumuna göre tek ve iki parçalı olmak üzere iki tipe ayrılmaktadır (TS 9948, 1992).

Meme lastikleri esas itibarıyla sağıımın yapılması için gerekli masaj uygulamasını yapan elemandır. Esnek yapısı sayesinde periyodik olarak açılıp kapanmaktadır. Meme lastiğinin açılıp kapanması lastik ile kılıf arasında oluşturulan nabız odasındaki vakum ve atmosfer basıncı değişimleriyle sağıılanmaktadır. Hayvanın memesine meme lastiğı açıldığı zaman "süt alım evresi (a+b)", kapandığı zaman da "masaj evresi (c+d)" sırasıyla uygulanır (Ünal, 2016).

Meme lastiğı, süt sağıım makinasının ineğın meme başıyla temas eden tek elemanıdır. Meme lastiğinin sağıım performansına, hayvanın meme ucu ve genel meme sağıılığında büyük etkisi vardır. Bu malzemeler hayvanların meme uçlarına uyum sağıılayacak farklı tiplerde üretilmektedir. Meme lastikleri, hayvanın meme ucundan kayıp sağıım başlığını düşürmeyecek, oluşabilecek meme iltihabı ihtimalini minimize edecek, sütü tamamen ve olabilecek en hızlı şekilde sağııacak, hayvanın meme tıkanması, rahatsızlığı ve sakatlanma riskini önleyecek ya da azaltacak ve kolayca temizlenebilecek özelliklerde tasarlanmalıdır.

Meme lastikleri kauçuk veya silikon malzemeden imal edilebilmektedir. Silikon meme lastiklerinin gıdaya uyumluluğı, dayanıklılığının uzun ve hayvanın meme başı formlarına iyi uyum sağıılayabilme yeteneğı gibi olumlu özellikleri olmasına rağmen, bu lastiklerin fiyat yüksekliğı nedeniyle çoğıu yetiştirici tarafından tercih edilememektedir. Güncel geliştirmelerle birlikte fiyatı uygun, daha yumuşak lastik üretimiyle neopren kauçuktan yapılmış standart meme lastikleri piyasada daha fazla tercih edilmektedir. Geç değıştirilen veya hatalı/ucuz meme lastiğı seçimi, süt sağıım tekniğıne

yapılan pahalı yatırımdan beklenen olumlu etkiyi sağıılamayabilecektir. Sağıım koşullarının iyileştirilmesi meme lastiklerinin değıştirilmesine bağılı olduğu bilinmeli ve bu değıştirme işleminin geciktirilmemesi kesinlikle sağıılanmalıdır (Bilgen, 2012).

Kauçuk ve silikon meme lastikleri ömürleri açısından karşılaştırıldığında, kauçuk malzemeden yapılanlar 1200-2500 arasında, silikonlar ise 7000 sağıım sayısına eşdeğer ömre sahiptir. Meme lastikleri meme sağıılığı ve süt kalitesi açısından düzenli aralıklarla değıştirilmelidir. Az kullanılmış veya hiç kullanılmamış dahi olsa, kauçuk lastiklerin yılda iki kez değıştirilmesi önerilmektedir. Diğere yandan işletmelerin sağıım hayvan varlığı ve günlük sağıım sayısı, önerilen sürenin çok altında sürelerde de değıştirilmesini gerektirir. Bu saptama, gerçek sağıım koşullarından giderek formüle edilebilmektedir. Buna göre, kauçuk meme lastiklerin kullanım ömrü "gün" olarak şu şekilde hesaplanabilmektedir (Bray ve Shearer, 1994; Brightling ve ark., 1998; Ünal, 2013).

$$MGÖ = \frac{MSÖ \times SÜS}{SHS \times GSS} \quad (1)$$

Burada; *MGÖ*= Meme lastiğın ömrü (gün), *MSÖ*= Meme lastiğın sağıım sayısı olarak ömrü, *SÜS*= Makinanın sağıım ünitesi (sağıım başlığı) sayısı (adet), *SHS*= İşletmede sağıımdaki hayvan sayısı (adet) ve *GSS*= Günlük sağıım sayısı (adet)'dir.

Çiftliklerde genellikle günde 2-3 kez sağıım yapılmaktadır. Kauçuk meme lastikleri her sağıımda sütle, sağıım bittiğinde soğuk-sıcak yıkama suyu ve deterjanla sürekli temas etmektedir. Sütün içindeki bileşenler, yıkama suyu kalitesi ve kimyasal deterjanlar (alkali ve asit deterjan) meme lastiklerinin kullanım zamanına bağılı olarak yapısını bozmaktadır. Bu bozulmalar meme lastiklerinin fiziksel boyutlarında (uzunluk, çap), malzeme sertliğinde ve yüzey kalitesinde değıişimlere neden olmaktadır. Kauçuk malzemedeki bu bozulmalar ineğın sağıım performansına, süt verimine, meme sağıılığına ve sağıılan sütün sağıılıklı ve hijyenik yapısına olumsuz etkiler yapabilmektedir (Davis ve Reinemann, 2001; Boast ve ark., 2008; Zucali ve ark., 2008).

Uluslararası çalışmalarda ortalama kullanım şartlarında kauçuk tipi meme lastiklerinin sağım ömrü arttıkça sağım performansını bozduğu, 2500 sağım ömründen daha fazla sürenin hayvanın meme ucuna ve kauçuk malzemenin bileşimine zararlı etkiler verdiği belirlenmiştir. Avrupa'da meme lastiklerinin genellikle 2500 sağım sayısı veya 6 aylık bir kullanım sonrasında değiştirilmesi tavsiye edilmektedir (Gleeson ve O'Callaghan, 1998; Davis ve ark., 1999; Hillerton ve ark., 2003). Ülkemizde yapılan bir çalışmada, kauçuk meme lastiklerinin seyyar süt sağım makinası kullanılarak kuru sağım koşullarında ve 100 saatlik deney süresindeki sağım ömrü testleri yapılarak fiziksel (uzunluk, çap, pürüzlülük ve sertlik) değişimleri incelenmiştir (Nazik, 2008). Ancak yapılan literatür araştırmalarında ülkemizde gerçek sağım koşullarında meme lastiklerinin sağım ömürlerindeki değişim testleri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada, yaş koşullarda (çiftlikte süt sağımı) değişik sağım ömürlerinin (600, 1200 ve 1800 sağım sayısı) üç farklı firma üretimi (A, B ve C) kauçuk meme lastiğinin fiziksel özelliklerine (uzunluk, çap, pürüzlülük, sertlik, ağırlık) ve sağım performansına (süt verimi, sağım süresi ve süt debisi) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın ana materyalini yerli imal edilen üç farklı firmaya ait aynı fiziksel ve teknik özelliklere sahip kauçuk meme lastikleri oluşturmuştur. Araştırma için her firmadan dört takım (her takımda 4'er adet) meme lastikleri temin edilmiştir. Bunlardan birer takımı kontrol grubu, diğerleri ise üç farklı sağım ömrü dönemlerinde kullanılmak üzere denemelere tabi tutulmuştur.

Deneyler Bursa ili Karacabey ilçesi Subaşı Mahallesi'ndeki özel bir süt sığırcılığı çiftliğinde yürütülmüştür. Çiftlik aile işletmesi yapısında olup, çiftlikte ortalama 40 sağmal inek (Holstein Friesian cinsi) bulunmaktadır. İşletmede 2x4 balıkkılçığı tipinde 8 üniteli sağım sistemi bulunmaktadır. Sağım sistemi 4 kW gücünde trifaze elektrik motoru, 1500 L/dak kapasiteli yağlı tip vakum pompası, 100 L kapasiteli vakum tankı, bir adet vakum regülatörü, iki adet analog göstergeli vakummetre, 8 adet pnömatik pulsator, 8 adet analog göstergeli sütölçer ve vakum-nabız boru ve hortumlarından oluşmaktadır. Sağım sistemindeki tüm pulsatorlar 60/40 nabız oranında ve 60 adet/dak nabız sayısında çalışmaktadır.

Araştırmanın yapıldığı işletmede sağılan hayvan varlığı dikkate alındığında meme lastiklerinin kullanım ömrü için çiftliğin çalışma planlaması 6 ayı geçmeyecek

şekilde (Eşitlik 1'e göre) hesaplanmıştır. Hesaplamaya göre meme lastiklerinin ömrü 2 ay sonunda 600, 4 ay sonunda 1200 ve 6 ay sonunda 1800 sağım ömrüne denk geldiği bulunmuştur. Farklı meme lastikleri 'A', 'B' ve 'C' olarak harflendirilerek gruplandırılmıştır (Şekil 1). Gruplara ayrılan bu meme lastiklerinin 600, 1200 ve 1800 sağım sayılarına göre üzerlerine sırasıyla 1, 2 ve 3 numaraları verilmiştir. İkışer aylık denemeler sonunda bu lastiklerin sırasıyla söküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer taraftan sağım tesisindeki her bir sağım ünitesi sırasıyla 1'den 8'e kadar numaralandırılmıştır. 'A' meme lastikleri ilk üç sağım ünitesine A1, A2 ve A3 olarak, 'B' lastiği 4-6 nolu ünitelere B1, B2 ve B3 olarak, 'C' lastiği ise 7 ve 8 nolu ünitelere C1 ve C2 şeklinde isimlendirilerek takılmıştır. Tesisteki sağım ünitesi sayısı 'C' firmasının 1800 sağım sayısı denemesine yeterli gelmediğinden, deneme başlangıcından iki ay sonra sökülen A1'in yerine C3 meme lastikleri takılarak bu ürün için başlangıç kabul edilmiştir. Sağım deneylerine 26 Nisan 2016 tarihinde başlanmış, 26 Ekim 2016 tarihinde (C3 hariç) bitirilmiştir. 26 Aralık 2016 tarihinde ise kalan C3 ürününün 1800 sağım ömrü tamamlanarak deneyler bitirilmiştir.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan farklı firma üretimi meme lastikleri

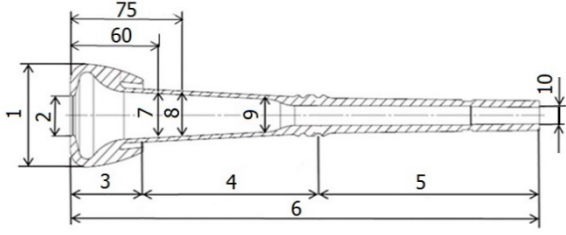
Her sağım ömrü bitiminde üç farklı meme lastikleri sökülerek laboratuvarında fiziksel analizleri yapılmıştır. Ayrıca her sağım ömrünün son 3 gününde sabah ve akşam sağımlarında hayvanların sağım verileri (süt verimi, sağım süresi, süt debisi vb.) ölçülmüştür.

Meme lastiklerinin sağım ömrüne bağlı olarak fiziksel değişimleri (boyut ve çap analizi, pürüzlülük, sertlik, ağırlık gibi) ve her farklı meme lastiğinin takıldığı sağım ünitelerinin sağım performansları (süt verimleri, sağım süreleri ve süt debileri) aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır:

Meme Lastiklerinin Fiziksel Özellikleri

Uzunluk ve çap ölçümleri

Meme lastiklerinin boyut ölçümleri Nazik (2008)'de belirtilen 3, 4, 5 ve 6 nolu uzunluklar ile 1, 2, 7, 8, 9 ve 10 nolu çapların ölçümü şeklinde yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Meme lastiği ölçüm noktaları

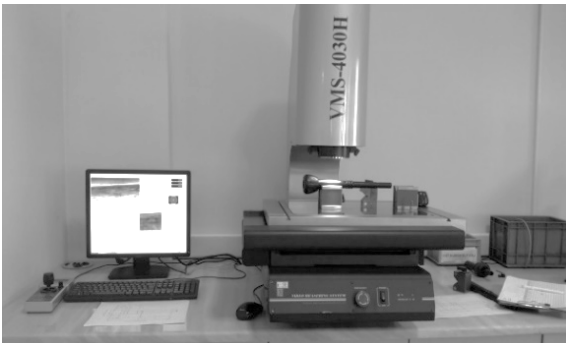
Meme lastiklerinin boyut ölçümleri özel bir firmanın kalite-kontrol laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çap-uzunluk ölçümlerinde üç boyutlu projeksiyon cihazı (VMS-4030 H model) kullanılmıştır (Şekil 3). Projeksiyon ölçüm cihazı, tabla üzerinde X, Y, Z koordinatlarında hareket etmektedir. Üzerinde bulunan kamera yardımıyla ölçümü alınacak parçanın üzerinde hareket ederek bilgilerin bilgisayara gönderilmesiyle ölçüm (0.001 hassasiyette) yapmaktadır. Meme lastiklerinin çap ölçülerinin analizinde yüzeyin karşılıklı iki noktası referans alınıp çap ölçümleri bilgisayara aktarılmıştır.

Kullanılmamış (kontrol) meme lastikleri ile 600, 1200 ve 1800 sağım ömrü sonlarında 3, 4, 5, 6 nolu uzunluk ölçümleri ve 1, 2, 7, 8, 9, 10 nolu çap değerleri ölçülmüştür. Meme lastiğinin kontrol ile 1800 sağım ömrü sonundaki uzunluk ve çap değerlerinden Eşitlik 2 ve 3'te verilen değişim oranları hesaplanmıştır (Mohsenin, 1970):

$$\Delta L = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100 \quad (2)$$

$$\Delta D = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100 \quad (3)$$

Burada; ΔL = Uzunluk değişim oranı (%), L_1 = İlk uzunluk (mm), L_2 = Son uzunluk (mm), ΔD = Çap değişim oranı (%), D_1 = İlk çap (mm), D_2 = Son çap (mm).



Şekil 3. Meme lastiğinin üç boyutlu projeksiyon cihazı ile boyut ölçümü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

Araştırmalarda meme lastiklerinin pürüzlülük değişimi, bükülmenin en fazla olduğu ve meme başının bulunduğu yer olan '7' ve '8' nolu çap ölçüm noktalarında olduğu belirtilmiştir (Nazik, 2008). Bu nedenle araştırmada yüzey pürüzlülük deneyleri meme lastiklerinin iç kısmındaki bu çap bölgeleri arasında yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı (Time-TR200 Surface Roughness Tester) kontrol ünitesine bağlı sürücü ünite ucunda bulunan izleyici uç ile yüzey pürüzlülüğü ölçmektedir (Şekil 4). Cihaz 1.0 mm/s ölçüm hızında ve 17.5 mm strok aralığında ölçüm yaparak değerleri μm cinsinden kontrol ünitesine göndermektedir. Pürüzlülük değerleri cihazın ekranından doğrudan okunmuştur. Cihazın yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde birçok parametre (R_a , R_z , R_y , R_q , R_t , R_p , R_{max} , R_v , R_{3z} , R_S , R_{Sm} , R_{Sk} , R_{mr}) kullanılmaktadır. Ancak kauçuk maddelerin yapısındaki pürüzlülük için özellikle R_a ve R_z parametreleri dikkate alınmaktadır (Aksulu ve ark., 2001). Burada, R_a , profil sapmalarının aritmetik ortalaması olup en çok kullanılan parametredir ve yüzey hakkında genel fikri vermektedir (Anonim, 2017). R_z , bir numune uzunluğu içindeki en yüksek ve en derin noktalar (uygulamada değerlendirme uzunluğu içinde 5 tane en yüksek, 5 tane en alçak noktanın ortalaması) arasındaki yükseklik farkıdır.



Şekil 4. Meme lastiği pürüzlülük deneyinin yüzey pürüzlülük cihazı ile yapılışı

Pürüzlülük ölçümlerindeki değişim oranının hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Mohsenin, 1970):

$$\Delta P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100 \quad (4)$$

Burada; ΔP = Pürüzlülük değişim oranı (%), P_1 = İlk pürüzlülük değeri (μm), P_2 = Son pürüzlülük değeri (μm).

Yüzey sertliği ölçümleri

Meme lastiklerinin yüzey sertlik analizi Shore A sertlik derecesine göre ölçülmüştür (TS 9948, 1992). Daha

önce yapılan araştırmada meme lastiği sertlik değişimi bükülmenin en fazla ve hayvan meme başının temasta olduğu yer olan '7' ve '8' nolu çap bölgelerinde olduğu gözlemlenmiştir (Nazik, 2008). Bu nedenle meme lastiği sertlik analizi '7' ve '8' nolu çap bölgeleri arasında yapılmıştır. Sertlik analizi shoremetre (Hildebrand, HD-3000) cihazı ile '7' ve '8' nolu çap bölgelerinden kare şeklinde kesilen kauçuk parçalar üzerine kuvvet uygulanarak cihazdan analog olarak ölçülmüştür (Şekil 5). Meme lastiklerinin sertlik değişimleri için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Mohsenin, 1970):

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100 \quad (5)$$

Burada; ΔS : Sertlik değişim oranı (%), S_1 : İlk sertlik değeri (Shore A), S_2 : Son sertlik değeri (Shore A).

Ağırlık ölçümleri

Ağırlık ölçümleri araştırma sonunda meme lastiklerinin ağırlıklarının ne kadar değiştiğini saptamak amacıyla yapılmıştır. Deneylerin başlangıcında kontrol meme lastiklerinin ağırlıkları ölçülmüş, daha sonra her bir periyot bitiminde sökülün meme lastiklerinin ağırlıkları ölçülerek değişim oranları belirlenmiştir. Ağırlık ölçümünde 0.01 g hassasiyetinde dijital terazi (Radwag, PS 4500) kullanılmıştır (Şekil 6). Meme lastiği ağırlık değişim oranı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Mohsenin, 1970):

$$\Delta W = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \quad (6)$$

Burada; ΔW = Ağırlık değişim oranı (%), W_1 = İlk ağırlık (g), W_2 = Son ağırlık (g).



Şekil 5. Sertlik ölçme cihazının kauçuk parça üzerine uygulanışı



Şekil 6. Meme lastiğinin dijital terazide ağırlık ölçümü

Meme lastikleri sağım ömürlerinin sağım performansı ve süt verimine etkisi

Araştırmada kullanılan üç farklı meme lastiğinin süt verimi ve sağım süresi üzerine etkisini incelemek amacıyla başlangıç, 600, 1200 ve 1800 sağım ömürlerindeki her sağım aşamasında ölçümler yapılmıştır. Süt verimi her ömür bitiminden (meme lastiklerinin sökümü) 3 gün önce başlayıp sabah ve akşam sağımında kaydedilmiştir. Periyot bitiminde meme lastikleri sökülmeden önce sağım değerleri alınmıştır. Süt verimi her hayvan için analog süt ölçerlerden, sağım süreleri ise kronometre kullanılarak yapılmıştır.

İstatistik analizi

Meme lastiklerinin uzunluk, çap, pürüzlülük, sertlik ve ağırlık ölçümleri her ömür deneyinde üç tekrar olarak yapılmıştır. Ölçümler her örnekte üç tekrarlı yapılmıştır. Meme lastiklerinin sağım ömürleri sonunda elde edilen verilerin varyans analizleri farklı lastikler bazında ayrı ayrı değerlendirilerek tesadüf parsellerinde iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olacak şekilde 4 tekerrürlü (kontrol, 600, 1200 ve 1800 sağım ömrü) olarak yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıklar %5 önemlilik seviyesinde LSD testi ile değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizlerinde JMP 7.0 bilgisayar programı kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Meme Lastiklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

Uzunluk Ölçüm Sonuçları

Çiftlikte yapılan denemelerde üç farklı meme lastiğinin sağım ömürleri (Kontrol, 600, 1200 ve 1800 sağım) sonunda '3', '4' ve '5' nolu uzunlukları ile bunların toplamı olan '6' nolu uzunluk değeri sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, 'A' lastiğinde '3' nolu mesafenin başlangıç uzunluğu 48.82 mm iken 6 ay sonunda (1800 sağım ömründe) 51.25 mm'ye yükselmiştir. Bu ölçüm mesafesi 'B' ve 'C' lastiklerinde sırasıyla 49.98'den 51.08 mm'ye ve 49.81'den 51.67 mm'ye uzamıştır. Her üç meme lastiğinin '3' nolu uzunluk bölgesindeki kullanıma bağlı artışı istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır ($P>0.05$). Meme lastiğinin '3' nolu ölçüm noktası lastiğin baş kısmını oluşturduğundan ve bu kısım kılıfın dışında kaldığından değişim az olmuştur. Meme lastiklerinin '4' nolu ölçüm noktasının uzunlukları incelendiğinde, 'A' lastiğinde başlangıç uzunluğu 115.90 mm bulunmuş, 1800 sağım sonunda bu uzunluk 126.74 mm'ye yükselmiştir. Bu ölçüm noktası 'B' ve 'C' lastiklerinde ise sırasıyla 115.47'den 124.52 mm'ye ve 121.90'den

127.79 mm'ye artmıştır. Her üç lastiğin '4' nolu uzunluk bölgesindeki kullanıma bağlı artışı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu ölçüm noktasındaki değişimin önemli çıkmasına meme lastiklerinin kılıf içerisine gergin bir şekilde bağlanması sebep gösterilebilir. '5' nolu uzunluk değerlerinde '4' nolu ölçüm noktasına göre daha az uzunluk değişimi olmuştur. Bunun sebebi, '5' nolu mesafenin herhangi bir gerilime ve çekme kuvvetine maruz kalmaması ve bu mesafedeki malzemenin et kalınlığının fazla olmasıdır. Ortaya çıkan 1-2 mm'lik uzamaların meme

lastiğinin sökme-takma işlemlerinden sonra meydana gelmiş olması muhtemeldir. '5' nolu mesafedeki uzunluk değişimleri istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır ($P>0.05$). Meme lastiklerinin toplam uzunluğu olan '6' nolu mesafelerde ise, 'A' lastiği 312.32'den 320.09 mm'ye, 'B' lastiği 309.78'den 318.47 mm'ye ve 'C' lastiği ise 312.92'den 322.36 mm'ye uzamıştır. Bu ölçüm noktasındaki uzunluk artışları istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır ($P<0.05$). Özellikle '4' nolu ölçüm bölgesindeki uzunluk artışının fazla olması buna sebep gösterilebilir.

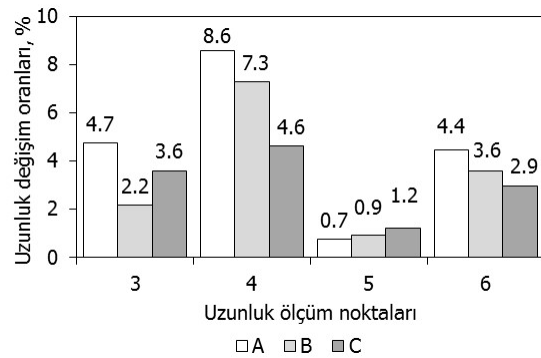
Çizelge 1. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki uzunluk değerleri (Ort.±SH)

Meme lastiği	Uygulama	Uzunluk ölçüm noktaları			
		3	4	5	6
A	Kontrol	48.82 ± 0.09 ^{od}	115.90 ± 1.12 ^c	144.54 ± 0.79 ^{od}	309.26 ± 0.82 ^c
	600	49.65 ± 0.77 ^{od}	122.53 ± 1.37 ^b	145.17 ± 0.51 ^{od}	317.35 ± 0.45 ^b
	1200	51.14 ± 2.06 ^{od}	122.98 ± 1.01 ^b	145.48 ± 0.80 ^{od}	319.59 ± 0.95 ^b
	1800	51.25 ± 0.06 ^{od}	126.74 ± 0.98 ^a	145.63 ± 0.55 ^{od}	323.62 ± 0.69 ^a
B	Kontrol	49.98 ± 0.88 ^{od}	115.47 ± 1.38 ^c	143.15 ± 0.43 ^{od}	308.60 ± 0.75 ^c
	600	50.32 ± 0.34 ^{od}	121.09 ± 1.46 ^b	143.24 ± 0.30 ^{od}	314.65 ± 0.58 ^b
	1200	50.81 ± 0.34 ^{od}	122.95 ± 0.93 ^a	143.97 ± 0.72 ^{od}	317.73 ± 1.69 ^a
	1800	51.08 ± 1.07 ^{od}	124.52 ± 1.07 ^a	144.49 ± 1.15 ^{od}	320.09 ± 1.17 ^a
C	Kontrol	49.81 ± 0.12 ^{od}	121.90 ± 0.95 ^c	142.75 ± 1.13 ^{od}	314.46 ± 0.90 ^c
	600	50.09 ± 1.52 ^{od}	124.23 ± 2.34 ^b	143.45 ± 1.15 ^{od}	317.77 ± 1.23 ^b
	1200	50.44 ± 0.76 ^{od}	126.15 ± 0.88 ^a	144.05 ± 1.14 ^{od}	320.64 ± 0.62 ^b
	1800	51.67 ± 3.25 ^{od}	127.79 ± 0.75 ^a	144.53 ± 1.89 ^{od}	323.99 ± 0.97 ^a

a-c: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0.05$).

öd: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir ($P>0.05$).

Meme lastiklerinin başlangıçtan 1800 sağım ömrüne kadar '3', '4', '5' ve '6' nolu ölçüm noktalarında hesaplanan uzunluk değişim oranları Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, '3' nolu mesafedeki en fazla uzunluk değişim oranı %4.7 ile 'A' lastiğinde, en az değişim oranı ise %2.2 ile 'B' lastiğinde belirlenmiştir. '4' nolu mesafedeki değişim incelendiğinde ise en fazla değişim %8.6 ile 'A' meme lastiğinde, en az değişim ise %4.6 ile 'C' lastiğinde olmuştur. Uzunluk değişiminin en az olduğu '5' nolu ölçüm noktası incelendiğinde ise en az değişim %0.6 ile 'A', en fazla değişim %1.2 ile 'C' lastiğinde bulunmuştur. Toplam uzunluk değişim oranları incelendiğinde en fazla değişim 'A' lastiğinde (%4.4), en az değişim 'C' lastiğinde (%2.9) belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan tüm uzunluk ölçüm noktalarındaki değişim oranları, Nazik (2008) tarafından bulunan sonuçların üzerinde yüzdesel oranlarda bulunmuştur.



Şekil 7. Meme lastikleri uzunluk ölçülerinin değişim oranları

Çap Ölçümü Sonuçları

Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerinde 1, 2, 9 ve 10 nolu ölçüm noktalarındaki çap değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi 'A' meme

lastiğinin '1' nolu çap değeri kontrol ürününde 65.12 mm iken, 1800 sağım ömründe 66.55 mm'ye yükselmiştir. 'B' ve 'C' lastiklerinde ise sırasıyla 65.02–65.71 mm, 63.85–64.65 mm arasında ölçülmüştür. Meme lastiğinin baş kısmı kılıfın dışında kalmasına ve doğrudan nabız etkisinde olmamasına rağmen her üç lastikte de '1' nolu ölçüm noktasındaki çap büyümeleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Buna, sağım esnasında lastiğin hayvanın meme ucu dibine vakuma bağlı olarak baskı yaparak genişlemesi sebep gösterilebilir. Meme lastiğinin '2' nolu ölçüm noktası hayvanın meme ucunun girdiği ağız çapını ifade etmektedir. 'A' meme lastiğinde ağız çapı kontrol ürününde 24.00 mm iken, 1800 sağım ömründe 24.98 mm'ye yükselmiştir. 'B' ve 'C' lastiklerinde ise sırasıyla 24.86–25.32 mm ve 24.03–25.47 mm arasında belirlenmiştir. Üç meme lastiğinin sağım ömrüne göre '2' nolu çap bölgesindeki artışları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Hayvanların meme uçlarının farklı çaplar olması ve meme ağız kısmının

sürekli vakuma maruz kalması bu artışa sebep gösterilebilir. '9' nolu çap ölçümleri incelendiğinde, 'A' meme lastiğinin çap değeri kontrol ürününde 26.62 mm iken, 1800 sağım ömrü sonunda 28.32 mm'ye yükselmiştir. 'B' ve 'C' lastiklerinde ise sırasıyla 26.55–27.30 mm, 26.82–28.40 mm arasında ölçülmüştür. '9' nolu çap bölgesindeki kullanıma bağlı artışlar istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır ($P>0.05$). Bu ölçüm noktasında malzeme kesitinin daralması, et kalınlığının fazla olması ve nabız frekanslarından az etkilenmesi artışın önemli olmamasına sebep gösterilebilir. '10' nolu ölçümün çap değerleri incelendiğinde ise, 'A' lastiğinin delik çapı 10.45'den 11.14 mm'ye, 'B' lastiği 10.57'den 11.08 mm'ye ve 'C' lastiği de 10.50'den 12.53 mm'ye yükselmiştir. '10' nolu çap bölgesindeki kullanıma bağlı artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu ölçüm noktası sağım pençesinin süt girişine sıkı geçtiğinden zamanla malzemenin sertleşmesi çapın büyümesine sebep gösterilebilir.

Çizelge 2. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki 1, 2, 9 ve 10 çap değerleri (Ort.±SH)

Meme lastiği	Uygulama	Çap ölçüm noktaları			
		1	2	9	10
A	Kontrol	65.12 ± 0.26 ^d	24.00 ± 1.20 ^b	26.62 ± 0.32 ^{od}	10.45 ± 0.02 ^c
	600	65.70 ± 0.12 ^c	24.87 ± 0.04 ^b	26.62 ± 0.22 ^{od}	10.89 ± 0.09 ^b
	1200	66.05 ± 0.04 ^b	24.94 ± 0.16 ^a	27.48 ± 0.21 ^{od}	10.99 ± 0.13 ^{ab}
	1800	66.55 ± 0.04 ^a	24.98 ± 0.13 ^a	28.32 ± 0.00 ^{od}	11.14 ± 0.31 ^a
B	Kontrol	65.02 ± 0.10 ^c	24.86 ± 0.14 ^c	26.55 ± 0.10 ^{od}	10.57 ± 0.04 ^c
	600	65.54 ± 0.07 ^b	24.95 ± 0.08 ^c	26.86 ± 0.55 ^{od}	10.80 ± 0.05 ^b
	1200	65.60 ± 0.03 ^{ab}	25.14 ± 0.06 ^b	27.27 ± 1.38 ^{od}	10.87 ± 0.12 ^b
	1800	65.71 ± 0.11 ^a	25.32 ± 0.01 ^a	27.30 ± 0.27 ^{od}	11.08 ± 0.00 ^a
C	Kontrol	63.85 ± 0.08 ^c	24.03 ± 0.01 ^b	26.82 ± 1.48 ^{od}	10.50 ± 0.03 ^b
	600	64.13 ± 0.16 ^b	24.91 ± 0.17 ^b	26.84 ± 0.05 ^{od}	10.91 ± 0.42 ^b
	1200	64.64 ± 0.12 ^a	25.00 ± 0.06 ^b	27.20 ± 0.49 ^{od}	10.94 ± 0.03 ^b
	1800	64.65 ± 0.29 ^a	25.47 ± 0.07 ^a	28.40 ± 1.92 ^{od}	12.53 ± 0.13 ^a

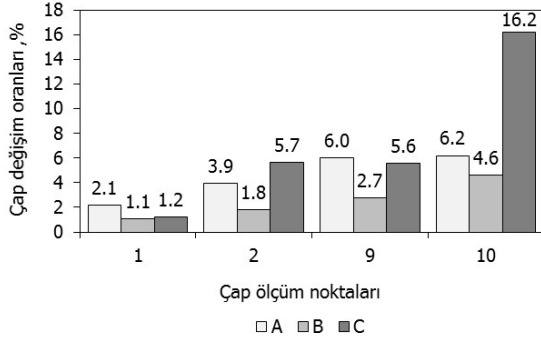
a-d: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

öd: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir ($P>0,05$).

Farklı meme lastiklerinin başlangıçtan 1800 sağım ömrüne kadar 1, 2, 9 ve 10 nolu ölçüm noktalarındaki çap değişim oranları Şekil 8'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde '1' nolu ölçüm noktasında sağım ömrüne bağlı en büyük çap değişim oranı 'A' lastiğinde %2.1 olarak belirlenmiş, bunu sırasıyla 'C' ve 'B' lastikleri %1.2 ve %1.1 ile izlemiştir. '2' nolu çap ölçümü için sağım ömrüne bağlı en büyük değişim oranı 'C' de %5.7 olarak belirlenmiş, bunu sırasıyla 'A' ve 'B' lastikleri %3.9 ve %1.8 ile izlemiştir. '9' nolu ölçüm noktasındaki en yüksek çap değişim oranı %6.0 ile 'A' da hesaplanmış, bunu sırasıyla %5.6 ile 'B' ve %2.7 ile 'C' lastikleri izlemiştir. '10' nolu çap ölçüm noktasındaki değişim oranları incelendiğinde ise, en

fazla 'C' (%16.2), en az ise 'B' lastiği (%4.6) değişim göstermiştir. Bu çalışmada her bir çap noktasındaki değişim oranları, uzunluk değişimlerinde olduğu gibi Nazik (2008) tarafından bulunan oranlarının çok üzerinde belirlenmiştir.

Meme lastiğinin hayvanın meme ucuna asıl temas bölgesi, ağız bölgesinden 60-75 mm uzaklıkta olan '7' ve '8' nolu çap ölçüm aralıklarıdır. Bu aralıktaki vakum ve atmosfer basıncı etkisiyle periyodik olarak oluşan nabız frekansları, bu noktalar arasında daha fazla sürtünme meydana getirmektedir. Meme kılıfı içinde özellikle bu aralıklardaki emme ve masaj uygulamasının bir sonucu olarak meme lastiği zamanla elipsleşme göstermiştir. Bu nedenle '7' ve '8' nolu



Şekil 8. Meme lastikleri 1, 2, 9 ve 10 nolu çap ölçülerinin değişim oranları

ölçüm noktalarındaki lastikler 90° döndürülerek ikiye bölünmüş (7A, 7B ve 8A, 8B şeklinde) çap ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 3). Çizelge incelendiğinde 'A' meme lastiği için '7A' nolu çap değerleri 31.32 mm'den 33.73 mm'ye yükselmiştir. Bu ölçüm noktası 'B' lastiğinde 31.67 mm'den 33.93 mm'ye ve 'C' lastiğinde ise 30.87 mm'den 32.86 mm'ye artış göstermiştir. Diğer yandan 7B çap değerleri incelendiğinde, 'A' lastiğinde 32.35 mm'den 34.09 mm'ye, 'B' lastiğinde 31.75 mm'den 34.09 mm'ye ve

'C' lastiğinde ise 31.39 mm'den 33.54 mm'ye artış bulunmuştur. Üç farklı meme lastiğinin en son sağıım ömrüne kadar 7A ve 7B çap değerlerindeki çap artışları istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($P<0.05$). Gerek 7A gerek ise 7B'deki çap artışlarının önemli bulunmasına, sağıım frekanslarının (emme-masaj etkisi) zamanla malzemeyi genişletmesi sebep gösterilebilir.

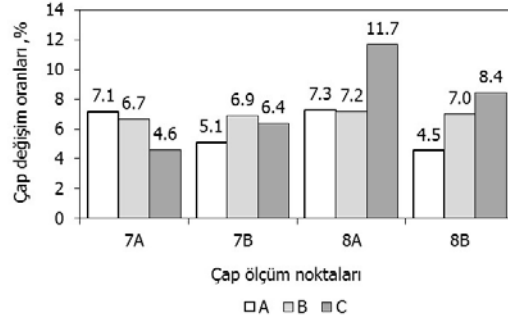
Meme lastiği ağız ucundan 75 mm uzaklıkta ölçülen '8' nolu ölçüm noktasına ait 8A nolu çap değerleri, 'A' lastiğinde 29.86–32.20 mm, 'B' lastiğinde 30.45–32.20 mm ve 'C' lastiğinde ise 28.61–32.41 mm arasında belirlenmiştir. 8B ölçüm değerleri için ise, 'A', 'B' ve 'C' meme lastiklerinde sırasıyla 31.30–32.79, 30.49–32.79 ve 29.77–32.51 mm aralıklarında saptanmıştır. Her üç lastiğin 8A ve 8B ölçüm noktalarındaki çap değerlerinin kendi aralıklarındaki değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Meme lastiklerinin 8A ve 8B noktalarındaki çap artışlarının önemli bulunmasına, '7' nolu ölçüm noktalarında olduğu gibi sağıım frekanslarının (emme-masaj etkisinin) zamanla malzemeyi genişletmesi sebep gösterilebilir.

Çizelge 3. Meme lastiklerinin farklı sağıım ömürlerindeki 7A, 7B, 8A ve 8B çap değerleri (Ort.±SH)

Meme lastiği	Uygulama	Çap ölçüm noktaları			
		7A	7B	8A	8B
A	Kontrol	31.32 ± 0.07 ^c	32.35 ± 1.18 ^c	29.86 ± 0.47 ^b	31.30 ± 1.39 ^c
	600	31.65 ± 0.46 ^c	33.08 ± 0.88 ^b	29.92 ± 0.69 ^b	31.82 ± 1.72 ^b
	1200	32.62 ± 1.23 ^b	33.14 ± 1.15 ^b	31.19 ± 1.26 ^{ab}	32.07 ± 1.18 ^b
	1800	33.73 ± 1.37 ^a	34.09 ± 1.42 ^a	32.20 ± 2.14 ^a	32.79 ± 2.06 ^a
B	Kontrol	31.67 ± 0.08 ^c	31.75 ± 0.14 ^b	30.45 ± 0.14 ^c	30.49 ± 0.19 ^b
	600	32.88 ± 0.07 ^b	33.65 ± 0.34 ^a	31.34 ± 0.30 ^{bc}	32.35 ± 0.57 ^a
	1200	33.73 ± 1.37 ^{ab}	34.06 ± 0.59 ^a	32.20 ± 2.14 ^{ab}	32.77 ± 0.68 ^a
	1800	33.93 ± 0.67 ^a	34.09 ± 1.17 ^a	32.81 ± 0.27 ^a	32.79 ± 2.06 ^a
C	Kontrol	30.87 ± 0.05 ^c	31.39 ± 0.60 ^b	28.61 ± 0.03 ^b	29.77 ± 0.03 ^b
	600	31.36 ± 0.29 ^b	31.57 ± 0.01 ^b	30.58 ± 0.56 ^{ab}	30.02 ± 0.21 ^b
	1200	32.28 ± 0.13 ^a	32.38 ± 1.21 ^{ab}	31.19 ± 2.36 ^a	31.20 ± 1.02 ^{ab}
	1800	32.36 ± 1.21 ^a	33.54 ± 0.97 ^a	32.41 ± 2.10 ^a	32.51 ± 1.58 ^a

a-c: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Sağıım ömrüne göre 7A çap ölçüm noktasındaki en yüksek değişim oranı %7.1 ile 'A' lastiğinde bulunmuş, bunu sırayla %6.7 ile 'B' ve %4.6 ile 'C' lastikleri izlemiştir (Şekil 9). Diğer yandan, 7B ölçüm noktasındaki en büyük değişim oranı 'B' lastiğinde (%6.9) belirlenmiş, bunu sırasıyla 'C' (%6.4) ve 'A' lastikleri (%5.1) takip etmiştir. 8A ölçüm noktasındaki en yüksek çap değişim oranı %11.7 ile 'C' lastiğinde bulunmuş, bunu sırayla %7.3 ile 'A' ve %7.2 ile 'B' lastikleri izlemiştir. Diğer yandan, 8B ölçüm noktasındaki en büyük çap değişim oranı ise 'C' lastiğinde (%8.3) belirlenmiş, bunu sırasıyla 'B' ve 'A' lastikleri (%7.0 ve %4.5) izlemiştir.

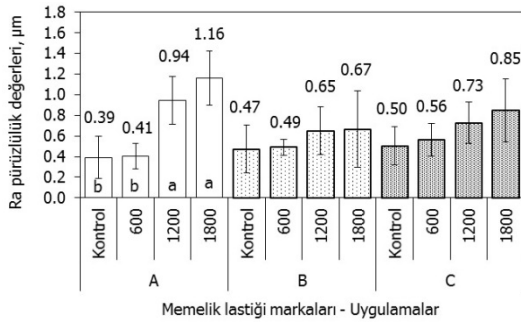


Şekil 9. Meme lastiklerinin 7A, 7B, 8A ve 8B çaplarındaki değişim oranları

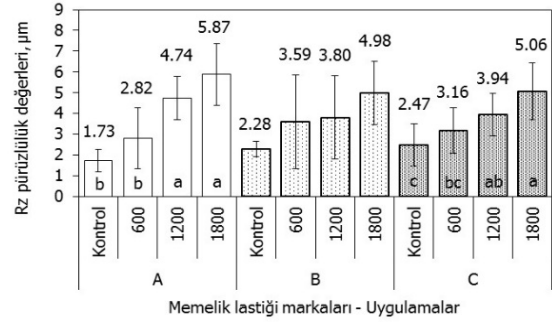
Yüzey Pürüzlülüğü Analiz Sonuçları

Pürüzlülük analizleri sürtünme ve deformasyonun en fazla olduğu 60-75 mm (7 ve 8 nolu çap ölçüm noktaları) arasında yapılmıştır. Meme lastiği ekseninde 120° döndürülerek üç farklı bölgeden pürüzlülük (R_a ve R_z) değerleri alınmıştır (Şekil 10 ve 11). Şekil 10'daki R_a değerleri incelendiğinde, 'A' meme lastiği 0.39'den 1.16 μm 'ye, 'B' meme lastiği 0.47'den 0.67 μm 'ye ve 'C' meme lastiği ise 0.50'den 0.85 μm 'ye artış göstermiştir. 'B' ve 'C' meme lastiklerinin R_a değerlerindeki bu artış istatistiksel olarak önemsiz iken ($P>0.05$), 'A' lastiğinde önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Şekil 11'deki R_z değerleri incelendiğinde, 'A' meme lastiği 1.73'den 5.87 μm 'ye, 'B' meme lastiği 2.28'den 4.98 μm 'ye ve 'C' meme lastiği 2.47'den 5.06 μm 'ye artmıştır. İstatistiksel olarak R_z değerindeki artışlar 'B' meme lastiğinde önemsiz iken, 'A' ve 'C' lastiklerinde önemli çıkmıştır. Tüm meme lastiklerindeki pürüzlülük değerleri TS 9948'de belirtilen sınır değer (maksimum 30 μm) çok altında bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları, Boyar ve ark. (2010)'nın pürüzlülük sonuçlarıyla benzerlik göstermiş, ancak Nazik (2008) tarafından bulunan sonuçların çok altında bulunmuştur. Ancak bu değerler R_z pürüzlülük sonuçları için geçerlidir. Diğer yandan Boast ve ark. (2008) tarafından bulunan pürüzlülük değerlerinin meme lastiği baş kısmından 40-50 mm aşağıda en fazla artış olduğu belirtilmiş olup, bu çalışmada elde edilen sonuçları desteklemektedir.

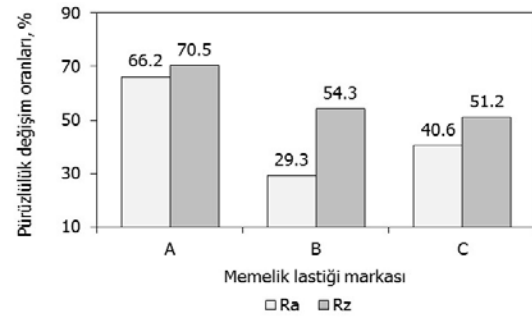
Şekil 10 ve 11'deki pürüzlülük değerlerine göre meme lastiklerinin pürüzlülük değişim oranları hesaplanmıştır (Şekil 12). Şekil incelendiğinde R_a pürüzlülük değerinin en az değişim gösterdiği ürün 'B' lastiğinde (%29.3), en fazla değişim ise 'A' lastiğinde (%66.2) bulunmuştur. Diğer taraftan R_z pürüzlülük değişim oranı ise en az 'C' (%51.2), en fazla 'A' meme lastiğinde (%70.5) belirlenmiştir. Bu çalışmadaki tüm meme lastiklerinin sağım ömrüne bağlı pürüzlülük değişim oranları (R_z için), Nazik (2008) tarafından bulunan sonuçların üzerinde bulunmuştur.



Şekil 10. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki pürüzlülük (R_a) değerleri



Şekil 11. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki pürüzlülük (R_z) değerleri

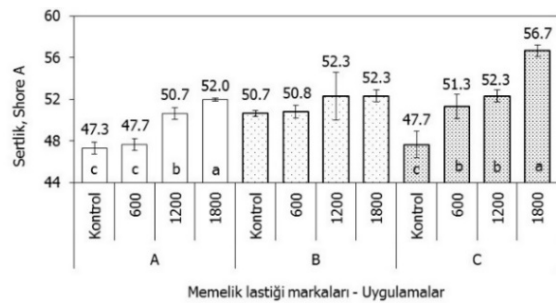


Şekil 12. Meme lastiklerinin sağım ömürleri sonundaki R_a ve R_z pürüzlülük değişim oranları

Meme Lastiklerinin Sertlik Analiz Sonuçları

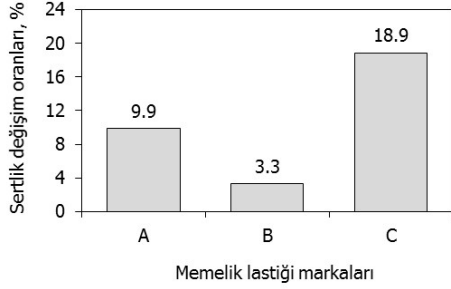
Meme lastiklerinin sertlik analizleri sürtünmenin en fazla olduğu 60-75 mm (7 ve 8 nolu çap ölçüm noktalarının arasında) arasındaki bölümden kare şeklinde kesilen parçalar üzerinde yapılmıştır.

Farklı meme lastiklerinin üç değişik sağım ömründeki sertlik değerleri ölçülmüş ve Şekil 13'te verilmiştir. Buna göre sertlik değerleri 'A' meme lastiğinde 47.3'den 52.0 Shore'a, 'B' meme lastiğinde 50.7'den 52.3 Shore'a ve 'C' meme lastiğinde ise 47.7'den 56.7 Shore'a artmıştır. 'B' meme lastiğindeki bu sertlik artışı istatistiksel olarak önemli değilken ($P>0.05$), 'A' ve 'C' meme lastiklerindeki artışlar önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 13. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki sertlik değerleri

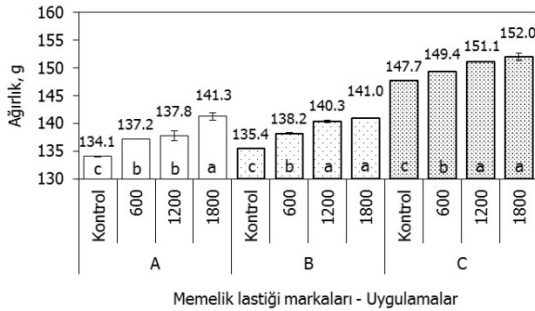
Sertlik değişim oranlarına bakıldığında ise en az değişim 'B' meme lastiğinde ölçülmüştür (Şekil 14). Nazik (2008) tarafından yapılan çalışmada 100 h'lık deneme sonrasındaki meme lastiği sertlik değerleri azalırken, bu çalışmadaki sertlik değerleri periyodik olarak artmıştır. Çalışmadaki tüm meme lastiklerindeki sertlik artışları TS 9948'de belirtilen sınır değerini (75±5 IRHD) aşmamıştır.



Şekil 14. Meme lastiklerinin sağıım ömürleri sonundaki sertlik değişim oranları

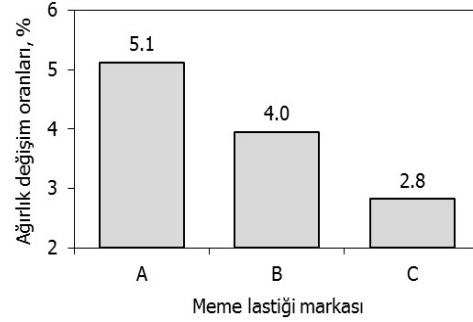
Meme Lastiklerinin Ağırlık Analiz Sonuçları

Farklı kauçuk meme lastiklerinin sağıım ömürlerine göre ağırlık değerleri Şekil 15'te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 'A', 'B' ve 'C' meme lastiklerinin ağırlık değerleri sırasıyla 134.1–141.3 g, 135.4–141.0 g ve 147.2–152.0 g aralıklarında ölçülmüştür. Her üç meme lastiklerinin sağıım ömürlerine göre ağırlık artışları istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 15. Meme lastiklerinin farklı sağıım ömürlerindeki ağırlık değerleri

Meme lastiklerinin hesaplanmış ağırlık değişim oranları incelendiğinde (Şekil 16), en az ağırlık değişimi 'C' lastiğinde (%2.8), en fazla değişim ise 'A' lastiğinde (%5.1) olmuştur. Meme lastiklerindeki bu ağırlık artışlarına kullanım esnasındaki sürtünmeler, sıcak ve soğuk yıkama işlemindeki alkali ve asit bazlı deterjanlar, bunlara bağılı lastik iç yüzeylerinde oluşan çatlaklara süt taşlarının ve deterjan kalıntılarının birikmesi neden gösterilebilir.



Şekil 16. Meme lastiklerinin sağıım ömürleri sonundaki ağırlık değişim oranları

Sağıım Performansı Sonuçları

Farklı sağıım ömürlerinde yapılan sağıım performansı ölçüm sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgedeki süt verimleri incelendiğinde, araştırma başlangıcından 1200 sağıım ömrüne kadar hayvanların süt verimlerinde düşme, 1800 sağıım ömründe ise artış gözlenmiştir. Araştırma başlangıcının ilkbahar sezonuna, 600 sağıım ömrünün ise yaz başlangıcına denk gelmesi, 600-1200 sağıım ömrü arasının ise mevsimin yaz dönemine denk gelmesi nedeniyle aşırı sıcaklar belirgin şekilde süt verimini etkilemiştir. 1200-1800 sağıım ömürleri arasında mevsimin sonbahar olmasıyla hayvanların süt verimlerinde artış gözlenmiştir. Deneme başlangıcında her üç lastiğinin bağılandığı sağıım ünitelerinden ölçülen süt verimleri 14.4–14.7 kg arasında saptanmıştır. Süt verim değerleri arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($P>0.05$). Benzer şekilde ölçülen sağıım süreleri de 6.3–7.5 dak arasında belirlenmiştir. Süt verimi 600 sağıım ömründe 13.60 kg (B lastiği) ve 13.04 kg (C lastiği) arasında belirlenmiştir. Sağıım süreleri ise 600 sağıım ömründe en az 4.45 dak (C lastiği), en uzun 6.3 dak (A lastiği) ölçülmüştür. Yaz mevsimine denk gelen 1200 sağıım ömründeki süt verimlerinde düşüş meydana gelmiştir. Buna göre en az süt verimi 'C' meme lastiğinde 9.80 kg iken en fazla süt verimi 'A' meme lastiğinde 11.56 kg belirlenmiştir. Sağıım süreleri incelendiğinde ise 1200 sağıım ömründe en fazla süre 7.78 dak (A lastiği), en az süre ise 5.44 dak (B lastiği) bulunmuştur. 1800 sağıım ömrünün olduğu sonbahar ortalarında ise hayvanların süt verimlerinde artış gözlenmiştir. Bu sağıım ömründe ise en fazla süt verimi 13.23 kg (A lastiği), en az 11.70 kg (B lastiği) belirlenmiştir. Süt veriminde oluşan bu artışlar sağıım süresini de etkilemiş ve sağıım süreleri 8.72 dak (B lastiği) ve 7.66 dak (C lastiği) arasında ölçülmüştür.

Araştırma başlangıcından (26 Nisan) 1200 sağıım ömrü sonuna kadar (26 Ağustos) hayvanların süt verimlerinde düşme, 1200-1800 sağıım ömürleri arasında ise (26 Ekim) artış gözlenmiştir. Süt verimlerindeki

düşmenin yaz aylarındaki aşırı sıcaklara bağlı ısı stresinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemelerin sonlandığı Ekim ayı sonunda süt verimlerinde artış gözlenmiştir. Sağım ömürlerine göre meme lastiklerinin süt verimi ve sağım süresine etkisi

istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Bu kriterlerin daha sağlıklı belirlenebilmesi için daha fazla sağım ünitesine ve daha fazla sağılan hayvan sayısına ve sürü yönetim sistemine sahip çiftlikte yapılması sonuçların hassasiyeti açısından faydalı olabilecektir.

Çizelge 4. Meme lastiklerinin farklı sağım ömürlerindeki sağım performansı ölçüm sonuçları (Ort.±SH)

Meme lastiği	Uygulama	Süt verimi, kg	Sağım süresi, dak	Sağım debisi, kg/dak
A	Başlangıç	14.60±1.13	6.30±0.40	2.33±0.18
	600	13.59±0.69	6.30±0.22	2.20±0.15
	1200	11.56±0.57	7.78±0.66	1.55±0.09
	1800	13.23±1.05	7.38±0.25	1.42±0.18
B	Başlangıç	14.40±1.83	6.30±0.82	2.52±0.55
	600	13.60±1.17	7.28±0.21	1.30±0.18
	1200	10.85±1.04	5.44±0.27	2.24±0.25
	1800	11.70±0.84	8.72±0.65	1.20±0.11
C	Başlangıç	14.70±1.36	7.50±0.89	2.17±0.37
	600	13.04±0.94	4.45±0.69	2.85±0.29
	1200	9.80±1.45	6.27±0.42	1.77±0.27
	1800	12.68±1.27	7.66±0.39	1.60±0.19

SONUÇ

Araştırma bütünüyle incelendiğinde 'B' meme lastiği 'A' ve 'C' meme lastiklerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yapılacak benzer araştırmalara kaynak gösterilebilir.

Ancak, meme lastiği üreticilerinin ve süt sağım makinası imalatçılarının önerdiği 2500 sağım ömrünü, 3000-4000 sağım ömrüne kadar zorlayarak deneylerin yapılması durumunda daha hassas ve net sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Aksulu, M., O. Ganiçoğlu, T. Yandayan, 2001. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri Ve Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri. TMMOB Makine Mühendisleri Odası IV. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, Eskişehir.
- Anonim, 2017. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü. <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf> Erişim: Ağustos 2016.
- Bilgen, H., 2012. Süt Siğirciliği Mekanizasyonunda Gelişmeler (15. Bölüm). AB ve Türkiye'de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Siğiri İşletmelerinin Yönetimi Cilt 2, Editör: Numan AKMAN, Aydın İli Damızlık Siğiri Yetiştiricileri Birliği, Haziran 2012, TR0703.01-02/FA, ISBN: 978-975-01517-4-3 (2.c), s.125-135.
- Boast, D., M. Hale, M. Turner, J. E. Hillerton, 2008. Variation in Rubber Chemistry and Dynamic Mechanical Properties of the Milking Liner Barrel with Age. *Journal of Dairy Science* 91(3): 2247–2256.
- Boyar, S., A. K. Bayhan, C. Akdeniz, 2010. Meme Lastiği ve Süt Sağımındaki Yeri. Çiğ Süt Kalitesi Eğitim Semineri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Isparta.
- Brightling, P., G. A. Mein, J. Malmo, D. P. Ryan, 1998. Countdown Downunder: Farm Guidelines for Mastitis Control. Australian Mastitis Advisory Council, Dairy Research and Development Corporation. Melbourne, Victoria 3000, Australia.
- Bray, D. R., J. K. Shearer, 1994. *Milking Machine and Mastitis Control Handbook*. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), University of Florida. Florida. USA.
- Davis, M. A., D. J. Reinemann, G. A. Mein, 1999. Measurement of Change of Liner Properties with Age. Presented at The ASAE Annual International Meeting, Toronto, Canada Paper 99-3017 ASAE St Joseph MI.
- Davis, M. A., D. J. Reinemann, 2001. Effect of Liner Age on Milking Characteristics of the Liner. AABP-NMC International Symposium on Mastitis and Milk Quality, Vancouver, BC, Canada. September, 2p.
- Fidan, P., 2017. Sağım Ömürlerinin Kauçuk Tip Meme Lastiklerinin Fiziksel Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 69 s., Bursa.
- Gleeson, D. E., E. J. O'Callaghan, 1998. A Note on the Effect of Ageing on Teatcup Liner Performance. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 37(1): 93-95.
- Hillerton, E., D. Boast, D. Davies, I. Ohnstad, N. Middleton, 2003. Changes in Milking Liner Performance with Age. Fifth International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January 2003, pp. 70-79.
- Mohsenin, N. N., 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, 2nd ed.; Gordon and Breach Science Publishers: New York, p. 891.

Süt Sağım Makinalarında Kullanılan Kauçuk Tip Meme Lastiklerinin Farklı Sağım Ömürlerinde Fiziksel Özellikleri ve Sağım Performansına Etkisi

- Nazik, R., 2008. Türkiye’de Süt Sağım Makinalarında Kullanılan Kauçuk Tip Emzik Lastiklerinin Fiziksel Özelliklerinin Zamanla Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 40 s., Tekirdağ.
- TS 9948, 1992. Tarım Makinaları – Süt sağım Makinaları – Emzik Lastiği. Türk Standartları Enstitüsü, Mart 1992, 12 s., Ankara.
- Ünal, H., 2013. Süt Sığırcılığında Mekanizasyon. SÜTAŞ, Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları, ISBN: 978-975-93554-4-9, No:9, 73 s.
- Ünal, H., 2016. İçsel Tarım Mekanizasyonu. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Yardımcı Ders Notu, 112 s., Bursa.
- Zucali, M., D. J. Reinemann, A. Tamburini, R. D. Bade, 2008. Effects of Liner Compression on Teat-End Hyperkeratosis. In Proceedings of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Paper No. 083798, Providence, 29 June–2 July 2008, RI, USA.

Kendi Yürür Bir Budama Artığı Parçalama Makinası İşletme Giderlerinin Belirlenmesi

Murad ÇANAKCI^{1*}, Mehmet TOPAKCI¹, Davut KARAYEL¹,
İlker ÜNAL², Mehmet ÇAKIR³, Mete YİĞİT¹, Emre ÖZDEMİR¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

²Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mekatronik Programı

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi Makinaları ve İşletme Müh.

*Sorumlu yazar e-posta: mcanakci@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 02.08.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Tarımsal üretimde teknolojik uygulamalara bağlı olarak tarımsal mekanizasyon ile ilgili giderlerin toplam giderler içerisindeki payı artmaktadır. İşgücü teminindeki zorluklar, girdi maliyetlerinin yükselmesi, işlemlerinin zamanında yapılmasının gerekliliği vb. nedenlerle günümüzde birçok tarımsal işlem mekanizasyon araçları yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle mekanizasyon araçlarının kullanım yöntemlerinin belirlenmesi, planlama ve maliyetlerinin hesaplanması gibi konuların önemi artmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde ilk kez üretilen kendiyürür bir budama artığı parçalama makinasına yönelik işletme giderleri ile kiralama veya satın almaya etkili faktörler arasında yer alan başa baş noktası (kritik kullanım saati, kritik alan büyüklüğü) belirlenmiştir. Makinanın yıllık sabit giderleri toplamı 30909 TL yıl⁻¹, değişken giderler toplamı 138.0 TL h⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Yıllık kritik kullanım süresi 145.8 h ve 6 m sıra arası olan meyve bahçeleri için kritik alan büyüklüğü değeri ise 111.5 ha'dır.

Anahtar kelimeler: Kendi yürür budama artığı parçalama makinası, makine giderleri, başa baş noktası

Determination of the Management Costs for Self-Propelled Pruning Residue Shredder

Abstract: Depending on technological applications in agricultural production, the share of costs related to agricultural mechanization in total costs has increased. Nowadays, labor supply has been difficult, total costs has been increased and timeliness are more important, so many operations in agricultural production have been realizing by mechanization tools. For this reason, the importance of determination the methods of use of the mechanization tools used, planning and calculating the costs is increasing.

The break-even point (critical usage time, critical area size) are among factors that effects hiring and purchasing. In this study the management costs and break-even point were determined for self propelled pruning residue shredder which in developed in first time in Turkey. The total annual fixed costs of the machine is calculated as 30909 TL year⁻¹ and the total variable costs is 138.0 TL h⁻¹. Critical area size for orchards with an annual critical usage time of 145.8 h and 6 m range is 111.5 ha.

Key words: Self-propelled pruning residue shredder, machinery costs, break-even point

GİRİŞ

Ülkemiz meyve yetiştiriciliğinde niteliksel ve niceliksel anlamda gelişmelerin yaşandığı gözlenmektedir. 2001 yılında 2.61 milyon ha olan meyvecilik yapılan alanların toplamı, 2017 yılında 3.43 ha'a yükselmiştir. Belirtilen değerler ile 2011 yılında % 9.1 olan meyvecilik alanlarının tarım alanları içerisindeki payı, 2017 yılında % 14.3 düzeyine çıkmıştır (TÜİK, 2018).

Bu gelişmeler ile birlikte modern bahçeler tesis edilmekte, işletmelerde teknoloji kullanımında artışlar gözlenmekte ve sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanması ile çevre duyarlılığı gibi konular geçmiş yıllara göre daha fazla gündeme gelmektedir. Bu kapsamda mekanize olmaya başlayan işlemlerden birisi de budama artıklarının parçalanmasıdır.

Budama işlemlerinden sonra ortaya çıkan artıklar geleneksel olarak bahçe dışına çıkarılıp yakılmakta, boş alanlara terk edilmekte ya da farklı makinalar ile parçalanıp amacına uygun olarak değerlendirilmeye çalışılmaktadır. İşletmeler budamadan sonraki kısa bir süre içerisinde ağaçlar arasında bulunan artıklarını uzaklaştırmak ya da parçalayıp toprağa karıştırmak istemektedirler. Bu nedenle, budama işlemi sonrası ortaya çıkan artıkların parçalanarak toprak yüzeyine bırakıldığı ve sonrasında toprağa karıştırıldığı değerlendirme yönteminin yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Budama artığı parçalama makinalarıyla yapılan bu işlem ile toprak özelliklerinin iyileşmesi beklenmektedir. Bu amaçla kuyruk milinden hareketli, rotora serbest salınımla bağlanmış bıçakların yer aldığı parçalama makinaları tercih edilmektedir. Makina zeminden aldığı artık materyali parçalamakta ve doğrudan toprağa bırakmaktadır. Yerli üreticilerin de bu makinaları piyasaya sunması ve verilen hibe destekleri (Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı kapsamına alınmasıyla) çiftçilerin makinalara olan ilgisini artırmıştır (KKYDP, 2013). Bununla birlikte meyvecilik alanları ve artık değerlendirme konularındaki gelişmeler dikkate alınır, farklı makinaların da üreticilerin kullanımına sunulması çeşitliliğin sağlanmasının gerekli olduğu görülmektedir. Çünkü yapılan çalışmalarda traktörün kuyruk milinden hareketli ve asılır tip olan mevcut parçalama makinalarının kullanımında bazı sorunlarla karşılaşıldığı gözlenmiştir. Traktörden hareketli makinalar ile çalışmada traktörün teknik ve fiziksel özellikleri çalışmada etkili olmaktadır. Çalışmada düşük ilerleme hızı, farklı yoğunluklarda ve özelliklerde materyal ile çalışmada traktör zorlanabilmekte bu nedenle her zaman beklenen sonuç alınamamaktadır.

Yukarıda açıklanmaya çalışılan nedenlerle budama artıklarının parçalanmasında daha uygun ve verimli çalışma koşullarının sağlanması için toplama ve parçalama ünitelerinin ön tarafta yer aldığı kendi yürür parçalama makinalarının kullanılmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür. Ülkemizdeki meyve bahçesi özellikleri de dikkate alınarak sıra aralarında bulunan budama artıklarını ön tarafında bulunan ünite ile toplayıp parçalayan ve parçalanmış materyali toprak zemine bırakan ve satınalma bedelleri ülkemiz koşulları için uygun kendi yürür parçalama makinalarına ihtiyaç duyulduğu düşünülmüştür. Yürütülen bir araştırma sonucunda ülkemiz koşullarına uygun meyve bahçelerinde ortaya çıkan budama artıklarını toplayıp parçalayabilen ve parçalanmış artıkları toprak zemine bırakan kendi yürür bir parçalama makinası prototipi geliştirilmiştir (Çanakçı ve ark. 2018). Makine ülkemizde üretilmiş ilk kendi yürür budama artığı parçalama makinası prototipi özelliğindedir.

Mekanizasyon düzeylerine bağlı olarak işletmelerde toplam giderler içerisinde mekanizasyon giderlerinin payı artmaktadır. Bu nedenle, başlıca planlı, kontrollü ve karlı bir üretim ile birlikte uygun makine kullanım yöntemlerinin (mülk, ortaklık, kiralama vb.) belirlenmesine yönelik alınacak kararlarda makine giderlerinin belirlenmesi önemlidir (Sındır 1999). Doğru olmayan kararlar tarımsal faaliyetleri etkileyeceği gibi toplam işletme giderlerini de artırabilir.

Ülkemizde tarım makinaları giderlerinin belirlenmesine yönelik farklı çalışmalar yapılmıştır. Işık ve ark. (1988) tarafından yürütülen bir çalışmada, Çukurova bölgesinde özellikle sulu koşullarda tarla tarımında kullanılan makinaların gider hesapları yapılmıştır. Sabit ve değişken giderler ile birlikte kritik alan büyüklükleri de hesaplanarak makinaların kiralama ve satın alınmasına yönelik etkili faktörler belirlenmiştir. Sayın ve Özgüven (1995) tarafından yapılan bir çalışmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan tarım makinalarının kullanım giderleri hesaplanmış, bazı makinalar için kritik alan büyüklükleri belirlenmiştir. Çanakçı ve Akıncı (1998), araştırmalarında Antalya bölgesi ekim ve gübreleme işlemlerinde kullanılan tarım makinalarının giderlerini ve kritik alan büyüklüklerini belirlemişlerdir. Ülkemizde pamuk hasat makinalarının kullanımının yaygınlaşmaya başladığı dönemde Evcim (1999) tarafından yapılan bir çalışmada pamuk hasat makinaları için gider analizleri yapılmıştır. Güner (1999) tarafından yürütülen bir çalışmada farklı mısır ve ot silaj makinalarına ait giderler belirlenmiştir. Akıncı ve Çanakçı (2002), yaptıkları çalışmada ülkemizde o dönem yaygın olarak kullanılan bazı hasat harman makinalarına ait kullanım giderlerini hesaplamışlardır. Çalışmada ayrıca makinalara ait kritik alan büyüklükleri ve kritik kullanım süreleri saptanmıştır. Çanakçı ve ark. (2010) tarafından traktörden hareketli bir budama artığı parçalama makinasının temel işletmecilik verilerinin değerlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada makineye ait gider hesapları da yapılmıştır. Yiğit (2013) tarafından iki farklı budama artığı parçalama makinasının performans değerlerinin belirlenmesine yönelik yürütülen bir çalışmada makinalara ait sabit ve değişken giderler de belirlenmiştir.

Bu çalışmada ülkemizde yeni üretilmiş bir makine olan kendiyürür budama artığı parçalama makinasına ait sabit ve değişken giderler belirlenmiştir. Ayrıca, makine kullanım yöntemleri arasında yer alan, kiralama ve satınalma işlemlerinde etkili bir faktör olan başa baş değerleri hesaplanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini kendi yürür budama artığı parçalama makinası oluşturmaktadır. Makine resmi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kendi yürür budama artığı parçalama makinası

Bir dizel motordan (115 BG) alınan hareket hidrolik pompalar ile tekerlekler ve parçalama ünitesinin tahrik noktalarındaki hidromotorlara iletilmektedir. Makinanın ön tarafında bulunan ünite üst toplama, alt toplama, parçalama ve elek üniteleri yer almaktadır. Makinanın kontrolü elektronik kontrol sistemi (PLC) ile sağlanmaktadır. Sistemde ayrıca panel PC destekli, çalışma sırasındaki temel işletmecilik parametrelerini anlık ölçen, görüntüleyen ve kaydeden bir ölçme sistemi yer almaktadır. Toplama ünitesi genişliği 170 cm olan makine budanmış ve sıra aralarında namlu haline getirilmiş budama artıklarını parçalayarak toprak zemine bırakmaktadır.

Makine Giderleri

Çalışma kapsamında makinaya ait sabit ve değişken giderler ile başa baş noktası olarak adlandırılan kritik alan büyüklükleri / kritik kullanım süreleri belirlenmiştir.

Yıllık toplam işletme giderlerini sabit giderler ve değişken giderler oluşturmaktadır (Kadayıfçılar ve Yavuzcan 1969; Evcim, 1982; Işık, 1988; Witney, 1988).

$$TİG = YDG + YDG \quad (1)$$

TİG : Toplam işletme giderleri (TL yıl⁻¹)

YSG : Yıllık sabit giderler (TL yıl⁻¹)

YDG : Yıllık değişken giderler (TL yıl⁻¹)

Sabit giderler; amortisman, faiz, vergi-sigorta ve koruma giderlerinden, değişken giderler ise; yakıt, yağ, tamir-bakım ve işgücü giderlerinden oluşmaktadır.

Sabit giderler

Sabit gider yüzdesi, bir tarım makinasının yıllık sabit giderleri toplamının, satınalma bedeline oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada; sabit giderleri oluşturan değişkenlerin tümü "sabit gider yüzdesi" olarak dikkate alınmıştır (Evcim, 1982; Işık, 1988).

$$YSG = SGY \times SAB \quad (2)$$

YSG : Yıllık sabit giderler (TL yıl⁻¹)

SGY : Sabit gider yüzdesi (ondalık)

SAB : Satınalma bedeli (edinme maliyeti) (TL).

$$SGY = \frac{(1-HD) \times i \times (1+i)^n}{((1+i)^n - 1) + (HD \times i)} + 0.02 \quad (3)$$

HD : Hurda değeri (ondalık)

n : Makinanın ekonomik ömrü (yıl)

i : Yıllık faiz değeri (ondalık)

Eşitlikte yıllık olarak belirlenen değerlerin kullanım alanına bölünmesiyle birim alan başına düşen (TL ha⁻¹) ya da kullanım süresine bölünmesiyle saatlik sabit giderler (TL h⁻¹) hesaplanabilmektedir. Makinanın ekonomik ömrü toplam 3000 saat olarak dikkate alınmıştır (ASAE 2001). Ülkemiz koşullarında yıllık 500 saat kullanılabilen öngörüldüğünde ekonomik ömür 6 yıl olmaktadır.

Eşitlikte (3) artı işaretinin sol tarafında kalan değerler amortisman ve faiz değerini sağ taraftaki değer (0.02) ise vergi sigorta ve koruma giderlerini oluşturmaktadır.

Yıllık faiz değeri, enflasyonlu ortamlarda reel faiz değeri (I_r) alınarak kullanılmaktadır.

$$I_r = i = \frac{I_n - I_e}{1 + I_e} \quad (4)$$

I_r : Gerçek faiz değeri (ondalık)

I_n : Nominal veya pazar faiz değeri (ondalık)

I_e : Genel enflasyon oranı (ondalık)

Makinanın hurda değeri kalan değer eşitliği ile belirlenmiştir (ASAE, 2001).

$$KD = 64 \times (0.885)^n \quad (5)$$

KD : Satınalma bedelinin yüzdesi olarak kalan değer (%)

Hesaplamalarda 2017 yılı Aralık ayı verileri dikkate alınarak nominal faiz değeri 0.16, enflasyon oranı 0.13 olarak alınmıştır (TCMB, 2018).

Değişken giderler

Değişken giderler birim alan başına veya saatlik olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada yakıt tüketimi, ilerleme hızı, alan kapasitesi gibi değişken giderlerin belirlenmesine yönelik bahçe denemeleri yürütülmüştür.

Yakıt gideri, tarım makinasının çalıştırılması sırasında tüketilen yakıt miktarına bağlı olarak belirlenmektedir.

$$YG = YT \times BYF \quad (6)$$

YG = Yakıt gideri (TL h⁻¹)

YT = Yakıt tüketimi (L h⁻¹)

BYF = Yakıtın birim fiyatı (TL L⁻¹)

Çalışmada yakıt tüketimi, makine üzerinde bulunan ölçme sistemi ile belirlenmiştir.

Yağ gideri, yakıt giderinin yaklaşık % 15'ini oluşturmaktadır (Evcim, 1990; Özkan ve Yılmaz, 1999).

$$Y\check{G} = YG \times 0.15 \quad (7)$$

YĖG : Makinanın çalıştırılması sırasında yıllık toplam yağ gideri (TL h⁻¹)

Çalışmada tamir-bakım gideri için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Işık, 1988)

$$TBG = SAB \times TBF \quad (8)$$

TBG : Tamir-bakım gideri (TL h⁻¹)

TBF : Tamir-bakım faktörü (ondalık)

N : Makinanın ekonomik ömrü (h)

Hesaplamalarda makinanın tamir bakım faktörü 0.00026 olarak alınmıştır (Işık, 1988).

Makine ile çalışmada işgücü giderleri, bir operatör ile bir yardımcı işçinin çalışacağı dikkate alınmıştır. 2017-2018 budama dönemi ücretlerine göre ülkemiz koşullarında operatör ücreti 10 TL h⁻¹, yardımcı işçi ücreti 6.25 TL h⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Başbaş Noktası

Bir makinanın yıllık toplam kiralama ücreti ile makinaya ait yıllık toplam işletme giderlerinin eşit olduğu nokta başa baş noktası (karlılık noktası) olarak tanımlanmaktadır. Makinanın çalışacağı süre ya da alan dikkate alınarak bu terim kritik kullanım süresi ya da kritik kullanım alanı olarak da adlandırılmaktadır (Işık, 1988; Sayın ve Özgüven 1995; Çanakçı ve Akıncı 1998; Sındır 1999). Bu çalışmada makine çalışma özelliği dikkate alınarak öncelikle kritik kullanım süresi hesaplanmıştır. İşletmenin kendi makinasını kullanabilmesi için, birim kullanım süresi başına işletme giderlerinin, kira bedelinden daha küçük veya eşit olması gereklidir. Diğer bir deyişle;

$$\frac{YSG}{KS} + DG \leq KB \quad (9)$$

eşitliği sağlanmalıdır. Buradan kritik kullanım süresi;

$$KS_k = \frac{YSG}{KB - DG} \quad (10)$$

KS : Yıllık Kullanım süresi (h)

KS_k : Kritik kullanım süresi (h)

KB : Kira bedeli (TL h⁻¹)

DG : Birim kullanım süresi başına alan toplam değişken giderleri (TL h⁻¹)

Kiralama ücreti Tekirdağ, Çanakkale, Denizli, Antalya olmak üzere ülkemizin farklı bölgelerinde faaliyet gösteren konu ile ilgili (çiftçi, makine müteahhiti, makine üreticisi) kişiler ile görüşülerek belirlenmiştir. Çalışmada, makinaya ait belirlenen

işletme giderleri ile birlikte piyasada geçerli olan kiralama ücreti de dikkate alınarak kritik kullanım süreleri belirlenmiştir. Kritik kullanım süreleri makine alan kapasitesi (ha h⁻¹) ile birlikte değerlendirilerek örnek bir kritik kullanım alan değeri hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI Makine İşletme Giderleri

Çalışmada kullanılan ekonomik veriler 2017-2018 yılı budama dönemi için belirlenmiştir. Makine satınalma bedeli, araştırmanın proje bütçesi değerlendirilerek 220000 TL olarak saptanmıştır. Makinanın kalan değeri (hurda değer) 0.308, gerçek faiz oranı 0.027 olarak hesaplanmıştır. Altı yıl olarak belirlenen ekonomik ömür ile birlikte değerlendirildiğinde sabit gider yüzdesi 0.14'tür. Belirtilen değerler dikkat alındığında makinanın yıllık sabit giderleri 30909 TL olarak hesaplanmaktadır.

Makine için uygun kullanım yöntemlerinin (kiralama, satın alma, ortak kullanım vb.) belirlenmesi sırasında birim çalışma saati ya da birim alan başına düşen maliyetler belirlenmelidir. Bu durumda makinanın yıllık kullanım süresi önemlidir. Kullanım süresi arttıkça saat başına düşen sabit giderler azalmaktadır. Örneğin makinanın yıllık 100 saat çalışması durumunda yaklaşık 310 TL h⁻¹ olarak hesaplanan sabit gider, 500 saat için yaklaşık 61.8 TL h⁻¹ değerine düşmektedir.

Birim kullanım süresi (birim çalışma saati) başına hesaplanan değişken giderler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Saatlik Makine değişken giderleri (TL h⁻¹)

Gider	TL h ⁻¹	%
Yakıt	56.1	40.7
Yağ	8.4	6.1
Tamir-Bakım	57.2	41.5
İşçilik	16.3	11.8
Toplam	138.0	100.0

Çizelge 1'de görüldüğü gibi değişken giderler içerisinde tamir bakım ve yakıt gideri diğer gider kalemlerine göre daha yüksektir. Tamir bakım giderleri 57.2 TL h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yakıt giderleri projede bağ, zeytin ve portakal bahçelerinde yapılan denemelerde ölçülen tüketim değerleri dikkate 11 L h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Budama dönemindeki yakıt birim fiyatına (5.1 TL h⁻¹) göre saatlik yakıt gideri 56.1 TL h⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Makine ile çalışmada bir operatör ve bir yardımcı işçinin çalıştığı koşullar için işçilik gideri 16.3 TL h⁻¹'dir. Makinanın kullanımı birlikte ile oluşan değişken giderler toplamı saatlik 138.0 TL h⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Yıllık kullanım süresine bağlı olarak saat başına düşen toplam makine giderlerinin değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

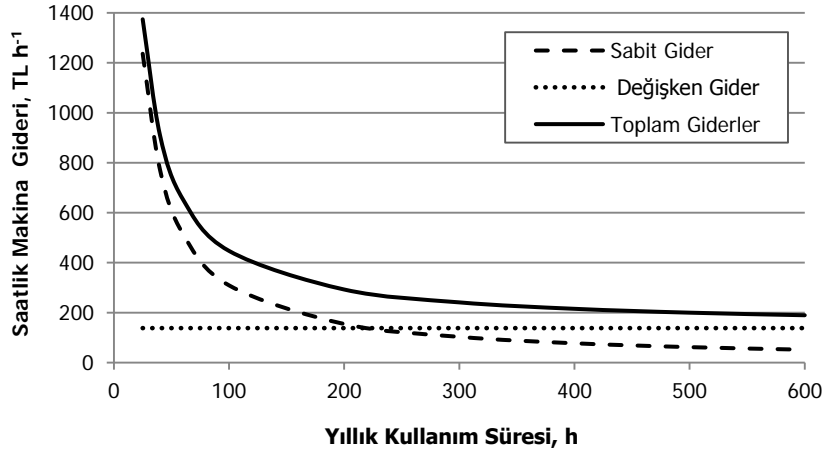
Şekil 2'de görüldüğü gibi sabit giderlerin azalmasına bağlı olarak toplam giderler azalmaktadır. Değişken giderlerin kullanım süresine bağlı olmadığı dikkate alındığında makinaların toplam giderlerinin düşürülmesi için yıllık kullanım sürelerinin artırılmasının gerekli olduğu görülmektedir. Örneğin makinanın yıllık kullanım süresi 200 saat iken toplam saatlik makine gideri yaklaşık 290 TL h⁻¹ iken bu değer kullanım süresi 500 saat olduğunda yaklaşık 200 TL h⁻¹ değerine düşmektedir. Benzer şekilde kullanım süresine bağlı olarak yıllık toplam giderlerin değişimi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi kullanım süresi ile birlikte artan toplam değişken giderler yıllık toplam giderleri

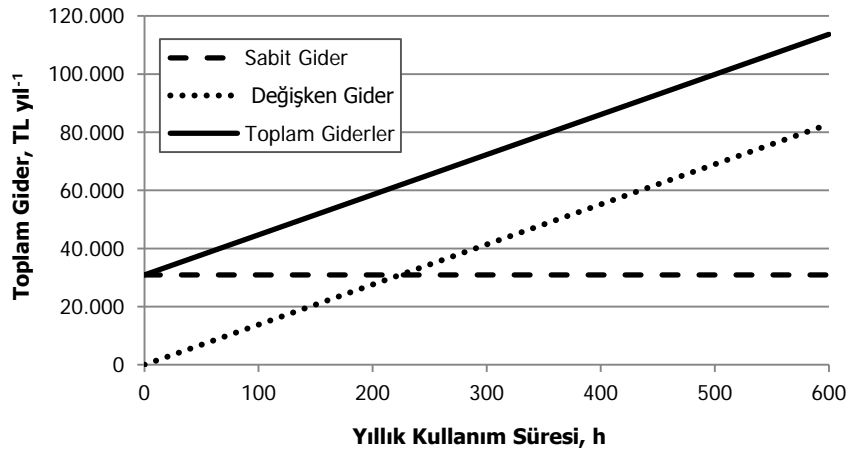
artırmaktadır. Örneğin 200 saatte yıllık yaklaşık 60000 TL olan toplam giderler, yıllık kullanım süresi 500 saate çıktığında yaklaşık 100000 TL değerine çıkmaktadır.

Başbaşa Noktası

İşletme sahipleri için makinaların satınalma, kiralama ya da ortaklık vb. kullanım yöntemlerinin belirlenmesinde işletme giderleri ile birlikte kiralama ücretinin bilinmesi önemlidir. Araştırmada konusu olan budama artıklarının parçalanması işlemi için ülkemizde traktörden hareketli makinalar kullanılmaktadır. Makinaların kullanımının yaygınlaşmaya başladığı yörelerde müteahhitlik yöntemi de uygulanmaktadır. Yapılan görüşmelerde tahıl hasadındaki biçerdöver uygulamasına benzer şekilde parçalama işlemi ile ilgili bir piyasanın oluşmaya başladığı belirlenmiştir.



Şekil 2. Kullanım süresine bağlı olarak saat başına düşen toplam giderlerin değişimi



Şekil 3. Kullanım süresine bağlı olarak yıllık toplam giderlerin değişimi

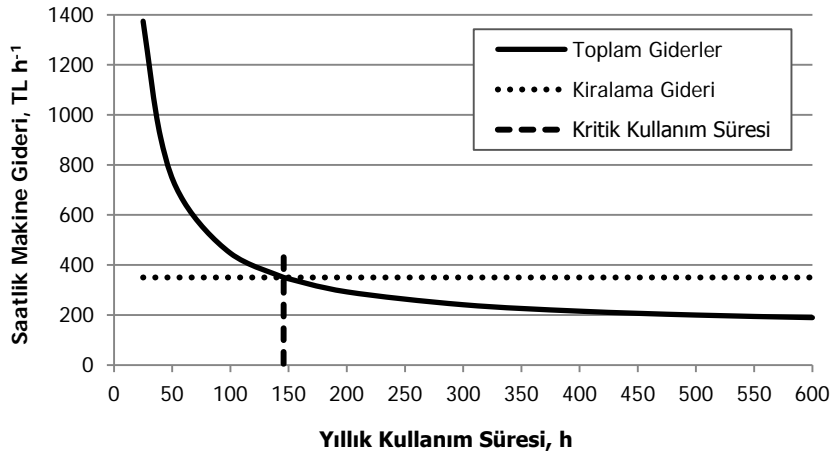
Ücretlendirme birim alan (dekar) üzerinden yapılmaktadır. Birim alan başına alınan ücret budama artıklarının çeşit, yoğunluk, fiziksel özellik, nem düzeyi vb. unsurlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ancak alan kapasitesi dikkate alınarak dönüştürülen saatlik ücretlerin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Yürütülen denemelerde bu araştırmada kullanılan makinanın traktörden hareketli makinalara göre daha yoğun materyallerde de çalışabildiği gözlenmiştir. Ancak ülkemizde henüz kendi yürür makinaların kullanılmaması nedeni ile yapılan görüşmelere ve değerlendirmelere bağlı olarak traktörden hareketli makinaların kiralama bedeli dikkate alınmıştır. Bu değer 350 TL h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Belirtilen kiralama bedeli ve makine giderlerine göre başa baş noktasının belirlenmesine yönelik çizilen grafik Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü gibi kendiyürür budama artığı parçalama makinasının kritik kullanım süresi

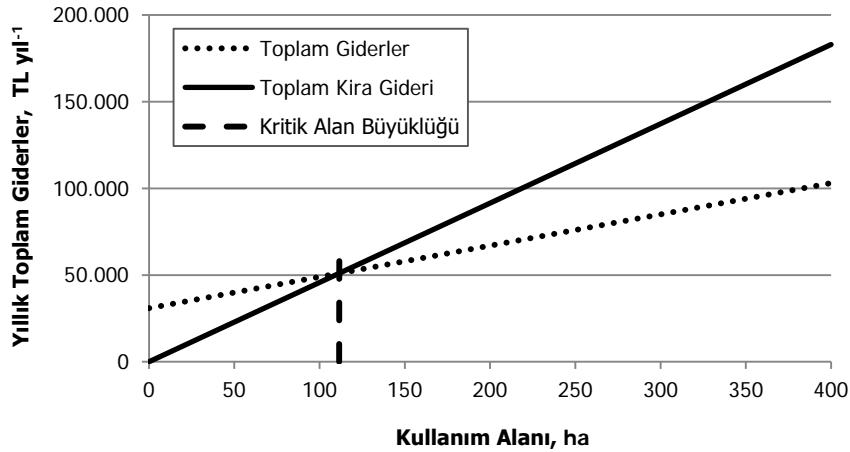
145.8 saat olarak hesaplanmıştır. Bu noktada makinanın yıllık toplam giderleri yaklaşık 51000 TL yıl⁻¹'dir.

Makinanın başa baş noktasının diğer bir ifade şekli de kritik kullanım alanıdır. Kullanım süresi ile birlikte makine alan kapasitesi dikkate alınarak kritik kullanım alanı belirlenebilmektedir.

Örneğin, araştırma kapsamında çalışılan zeytin ve portakal budama artıkları ile çalışmadaki, sıra arası uzaklıkların 6 m, ilerleme hızının 1.5 km h⁻¹ ve zamandan faydalanma katsayısının 0.85 ve namlu yoğunluğunun 2-2.5 kg m⁻¹ (kuru madde) olduğu koşullarda efektif alan kapasitesi 0.77 ha h⁻¹'dir. Bu değer dikkate alınarak makinanın kullanım alanına göre değişen toplam giderler ve kritik alan büyüklüğü Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi makinanın satın alınması için gerekli kritik alan büyüklüğü 111.5 ha'dır. Bu alan büyüklüğünde toplam makine giderleri ise yaklaşık 51000 TL'dir.



Şekil 4. Saatlik makine giderleri ve makine için kritik kullanım süresi



Şekil 5. Çalışma alanına bağlı olarak toplam giderlerin değişimi ve kritik alan büyüklüğü

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada kendi yürür budama artığı parçalama makinası için sabit giderler yıllık 30909 TL, değişken giderler ise saatlik 138.0 TL olarak belirlenmiştir. Bu değerler beklenildiği gibi traktörden hareketli makine maliyetlerinden daha yüksektir (Çanakçı ve ark. 2010). Özellikle traktörden hareketli makinalara göre satınalma fiyatına bağlı olarak sabit giderler, tamir-bakım ve yakıt giderlerinin fazla olması toplam giderleri artırmaktadır. Ancak mevcut piyasa koşullarında traktörden hareketli makinaların kiralama bedelinin bu çalışmada hesaplanan giderlerden daha fazla olması yalnızca fiyat dikkate alınması koşulunda dahi makinanın ülkemiz koşullarında çalışabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte makinanın traktörden hareketli makinalara göre üstünlükleri bulunmaktadır. Örneğin, kendiyürür makine ile traktörden hareketli makinaların çalışmadığı yoğunluktaki budama artıkları parçalanabilmektedir. Farklı çalışma koşullarına göre makinanın ön tarafında yer alan toplayıcı ve parçalayıcı devir ve yönlerinin değiştirilebilmesi, monitör ile çalışma parametrelerinin izlenebilmesi operatöre kolaylık sağlamaktadır. Bu tip çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan ve zaman kaybına neden olan tıkanma sorunu hidrolik kontrol ile kolay bir şekilde ve daha kısa bir sürede çözümlenmektedir. Mevcut durumda

LİTERATÜR LİSTESİ

- Akinci, İ., M. Çanakçı, 2011. Bazı Hasat Harman Makinalarına Ait Kullanım Giderlerinin Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 14(2): 47-55.
- ASAE, 2001. Agricultural Machinery Management Data. ASAE Standarts D497.4 JAN 98, 362-69
- Çanakçı, M., İ. Akinci, 1998. Antalya Bölgesinde Ekim ve Gübreleme Mekanizasyonuna Ait İşletme Giderlerinin Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 11(1): 63-74.
- Çanakçı, M., M. Topakçı, D. Karayel, B. Ağsaran, 2010. Kuyruk Milinden Hareketli Budama Artığı Parçalama Makinasının Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi 16: 46-54.
- Çanakçı, M., M. Topakçı, D. Karayel, İ. Ünal, M. Çakır, 2018. *Kendi Yürür Bir Budama Artığı Parçalama Makinası Prototipinin Geliştirilmesi Sonuç Raporu*. TÜBİTAK-ARDEB Proje No:2140260.
- Evcim, Ü., 1982. Uygun Makina Kapasitesi ve Traktör Güç Düzeyinin Belirlenmesinde Bilgisayar. Tarımsal Mekanizasyon Semineri-7, pp.21.1-21.13, 10-13 Mayıs, İzmir.
- Evcim, Ü. 1990. *Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması Veri Tabanı*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 495. Bornova-İzmir.
- Evcim, Ü., 1999. Cost Analysis of Mechanical Cotton Picking. 7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Proceedings., 26-27 May, Adana, Turkey, 508-512.
- Güner, M., 1999. Determination of Operating Costs of Same Forage Harvesters. 7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Proceedings, 26-27 May, Adana, Turkey, 505-507.

traktörden hareketli makinalar ile yapılmaya çalışılan parçalama işlemine göre araştırmaya konu olan makinadaki yapısal, teknolojik ve kullanım kolaylığındaki üstünlükler dikkate alındığında makinanın kullanım potansiyelinin olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada başa baş noktası olarak 145.8 h kullanım süresi ve zeytin, portakal vb. 60 m sıra aralığına sahip bahçeler için 111.5 ha kritik kullanım alanı belirlenmiştir. Gerek kritik kullanım süresi gerekse kritik alan büyüklükleri dikkate alındığında satın alma (öz mülk) yolu ile makine kullanımının, ülkemiz koşullarında sayılarında artış gözlenen büyük ölçekli meyvecilik işletmeleri için daha uygun görülmektedir. Çalışmada hesaplanan bu değerler traktörden hareketli mevcut makinalardaki kiralama uygulamaları, farklı çalışma ve materyal koşulları ile birlikte değerlendirildiğinde makinanın müteahhitlik uygulamaları ya da ortaklık yolu kullanılabileceği öngörülmektedir. Ülkemiz meyve bahçeleri özellikleri ve makinanın teknolojik altyapısındaki üstünlükler dikkate alındığında makinanın ülkemizde kullanım potansiyelinin olduğu söylenebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2140260 no'lu proje ile desteklenmiştir. Destekleri nedeniyle proje ekibi olarak TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

- Işık, A., 1988. Sulu Tarımda Kullanılan Mekanizasyon Araçlarının Optimum Makina ve Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma (Doktora Tezi). Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst., Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Adana.
- Işık, A., A. Sabancı, V. Ağanoğlu, 1988. Tarımsal Mekanizasyonda Satınalma ve Kiralamaya Etkili Faktörlerin Çukurova Koşullarında Değerlendirilmesi. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 10-12 Ekim, Erzurum, 114-123.
- Kadayıfçılar S., G. Yavuzcan, 1969. *Ziraat Makinaları İşletmeciliği*-I.Cilt. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:364. Yardımcı Ders Kitabı: 126. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 113 s.
- KKYDP, 2013. *KIRSAL Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı Kapsamında Makine Ve Ekipman Alımlarının Desteklenmesi Hakkında Tebliğ*. Tebliğ No: 2013/27, Resmi Gazete Sayı: 28689., 26.06.2013, Çarşamba. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130626-31.htm> , Erişim: Mayıs 2014
- Özkan, B., İ. Yılmaz, 1999. Tek Yıllık Bitkiler için Maliyet Hesaplamaları: Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler. Tarım Ekonomisi Dergisi 4: 64-80.
- Sayın, S., F. Özgüven, 1995. Ülkemizde Yaygın Kullanılan Tarım Makinalarının Yapımı ve Kullanım Maliyetlerinin Hesaplanması Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 585-594, 5-7 Eylül, Bursa.

Kendi Yürür Bir Budama Artığı Parçalama Makinası İşletme Giderlerinin Belirlenmesi

Sındır, K.O., 1999. *Tarımda Makina Seçimi ve Ortak Kullanım Modelleri*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 110, Ankara.

TCMB, 2018. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası 2017 Kayıtları. <http://www.tcmb.gov.tr> Erişim: Ocak 2018

TÜİK 2018. Türkiye İstatistik Kurumu <http://www.tuik.gov.tr> , Erişim: Mayıs 2018

Yiğit, M., 2013. *İki Farklı Budama Artığı Parçalama Makinasının Performans Değerlerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Tarım Makinaları A.B.D., Antalya.

Witney, B. 1996. *Choosing & Using Farm Machines*. Land Technology Ltd. Edinburgh, Scotland, UK. 412 pp.

Bazı Tohumların İki Farklı Yöntemle Esneklik Katsayılarının Belirlenmesi ve Karşılaştırılması

Türker SARAÇOĞLU^{1*}, Gizem Nur ŞENGÜN

¹Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

*Sorumlu yazar e-posta: tsaracoglu@adu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 14.05.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 07.11.2018

Özet: Tarım alet makinalarının imalatında, ürün işleme, ürün kalite kontrolü ve ürünün kalitesinin iyileştirilmesinde biyolojik materyalin teknik özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada; bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarının iki farklı yöntem kullanılarak (görüntü algılama yöntemi ve akustik yöntem) esneklik katsayıları belirlenmiş ve karşılaştırılmalı analizi yapılmıştır. Denemelerde iki farklı yöntem, üç farklı tohum, üç farklı düşme yüksekliği ve dört farklı yüzey kullanılmıştır. Çalışma sonucunda; yöntemler arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, ahşap ve kauçuk yüzeylerdeki esneklik katsayısı değerlerinin aynı grup içerisinde akrilik ve paslanmaz çelik yüzeylerdeki esneklik katsayısı değerlerinin de yine aynı grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Deneme sonuçlarına göre, düşme yüksekliği arttıkça esneklik katsayısının düştüğü söylenebilir. Her iki yöntemin uygulanış şekli dikkate alındığında görüntü algılama yöntemiyle ölçümün akustik yöntemle göre daha zahmetli ve zaman alıcı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Esneklik katsayısı, görüntü algılama, akustik yöntem.

Determination and Comparison of the Coefficient of Restitution of Some Seeds Using Two Different Methods

Abstract: It is important to know the technical specifications of biological material in improving product processing, product quality control and product quality in the manufacture of agricultural machines and tools. In this study; coefficient of restitution of pea, chickpea and soya bean seeds were determined by using two different methods (image processing method and acoustic method) and compared with each other. The experiments were carried out using two different methods, three different seeds, three different dropping heights and four different surfaces.

In the results of the study; there was no statistically significant difference between the methods. The coefficient of restitution values on wood and rubber surfaces were determined to be within the same group. Similarly, on the acrylic and stainless-steel surfaces were took place within the same group too. Also, it can be said that as the fall height increases, the elasticity coefficient decreases. Considering the application of both methods, it has been determined that the measurement by the image sensing method is more laborious and time-consuming than the acoustic method. The acoustic method is easier and faster.

Key words: Coefficient of restitution, image processing, acoustic method.

GİRİŞ

Tarım ürünlerini nitelik ve nicelik bakımından en üst seviyeye çekmek insanlığın en önemli çalışmalarındandır. Bu çalışmaların içeriği; ürünlerin kalitelilerinin seçilmesi, yabancı maddelerin ürünlerin içinden ayıklanması ve ürünleri amacına uygun bir şekilde sınıflandırmaktan oluşmaktadır (Yağcıoğlu, 1996). Bu nedenle biyolojik malzemenin teknik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Tarım alet makinalarının imalatında, ürün işleme, ürün kalite kontrolü ve ürünün kalitesinin iyileştirilmesinde

biyolojik materyalin teknik özelliklerinin bilinmesi önemlidir.

Biyolojik malzemenin şekil, hacim, yüzey alanı ve yüzey pürüzlülüğünün bilinmesi ürün temizleme ve sınıflandırma makinalarının tasarımlarına katkı sağlar. Ürünlerin bükülme, çekme dayanımı, kopma dayanımı, darbe dayanımı, elastisite modülü ve sürtünme dirençlerinin belirlenmesi ile hasattan tüketiciye kadar geçen süre içerisinde ürünlerin sağlıklı bir şekilde korunması sağlanır (Alayunt, 2000).

Yığın haldeki biyolojik ürünlerin fiziksel özellikleri, taşıma, sınıflandırma, depolama ve işleme ekipmanlarının doğru tasarımları için önemli parametrelerdir. Bu özelliklerden biri olan esneklik katsayısı, ürün ile temas yüzeyi arasındaki çarpışmanın esnekliğinin bir ölçüsüdür. Bir başka tanıma göre de esneklik, çarpışmadan önce çarpışan nesnelere kinetik enerjisinin ne kadarının çarpışmadan sonra kaldığının bir ölçüsüdür. Cisimlerin belli bir sıçrama yetenekleri (esneklikleri) vardır. Bu sıçrama yeteneklerinin üzerinde cisimlerin şekilleri, sertlikleri, nem içerikleri ve olgunlukları gibi parametreler etkilidir.

Cismin, bir yüzeye çarpmadan önce sahip olduğu hızı (V_1) ile çarpışmadan sonra sahip olduğu hızının (V_2) oranı o cismin esneklik (sıçrama) katsayısını (e) verir. Ya da başka bir tanımlama ile cismin düşme yüksekliğinin çarpma sonucunda sıçrama yüksekliğine oranının karekökü esneklik katsayısını verir. Esneklik katsayısının iki sınırlayıcı değeri vardır. Tamamen elastik bir çarpışmada, sıçrama yüksekliği düşme yüksekliğine eşit olduğu için esneklik sayısı (e) 1'e eşittir. Tam plastik çarpışmada ise esneklik katsayısı 0 değerine sahiptir. Bu yüzden, esneklik katsayısı daima sıfır ile bir arasında olacaktır.

Birçok araştırmacı farklı tarımsal ürünlerin esneklik katsayılarını belirlemeye yönelik denemeler gerçekleştirmişlerdir. Bunlar; patates için sarkaç düzeneği (Hugnes vd., 1985), elma için sarkaç düzeneği (Topping ve Luton, 1986), domates için mikrobilgisayar ve dijital osiloskop (Lichtensteiger vd., 1988), elma için düşme denemesi (Schoorl ve Holt, 1980; Vursavuş ve Özgüven, 2000), elma ve şeftali için çarpma düzeneği (Diener vd., 1979) çalışmalarıdır.

Jayan ve Kumar (2004) tohumların fiziksel özelliklerini belirleyerek bir ekim makinasının en iyi tasarım parametrelerini bulmak için denemeler yapmışlardır. Çalışmalarında, yüksek hızlı dijital video kamera kullanarak geri sıçrayan tohumların azami yüksekliklerini kaydetmişlerdir. Denemelerde mısır, red gram ve pamuk tohumları kullanmışlar ve bu tohumların esneklik katsayılarını farklı yüksekliklerden yumuşak çelik ve kauçuk levhalar üzerine düşürerek belirlemişlerdir. Whitney ve Porterfield (1968) seperatördeki soğurma enerjisinin emiliminin bir göstergesi olarak, geri sıçrama yüksekliğinin düşme yüksekliğine oranının karekökü olarak tanımlanan esneklik katsayısını kullanmışlar ve sonuçta düşük bir katsayının yüksek derecede enerji emme kapasitesini gösterdiğini açıklamışlardır. Gan-Mor ve Galili (2000) çalışmalarında hasattan sonra tarımsal ürünlerden yabancı maddelerin uzaklaştırılması veya ürünlerin kaliteli sınıflandırılması gibi ayırma işlemleri için esneklik katsayısını kullanmışlardır. Ölçülen esneklik

katsayısını, çarpışma öncesi ve sonrasındaki azami yüksekliklerden tespit etmişlerdir. Mangwandi vd. (2007) serbest düşme testi kullanarak üç farklı granül tipinin çarpma hareketini incelemişlerdir. Birbirinden farklı granülleri önceden belirlenmiş yüksekliklerden tek tek serbest bırakarak cam bir levha olan rijit hedefe çarptırılmışlar ve çarpma olaylarını yüksek hızlı bir video kamera kullanarak kaydetmişlerdir. Görüntü analizi ile elde edilen çarpma ve geri sıçrama hızlarından esneklik katsayısını hesaplamışlardır. Yang ve Schrock (1994) soya fasulyesi tohumunun esneklik katsayısını ölçmek için, kaydettikleri görüntülerden soya fasulyesinin sıçrama sırasındaki yörüngelerini analiz edip soya fasulyesinin düşme testlerini gerçekleştirmişlerdir. Esneklik katsayısını, soya fasulyesi tohumlarının çarpmadan önceki hızlarının çarpma sonrası hızlarına oranı olarak tanımlamışlardır. Bu tanımlamayı tohumların dönme ve dönmediği durumları göz önüne alarak yapmışlardır. Lo Curto vd. (1997) iki nem içeriğindeki soya fasulyesinin akrilik, alüminyum ve cam yüzeylerin üzerine çarpmalarının geri esneklik katsayısını ölçmüşlerdir. Soya fasulyesinin düşme testinde esneklik katsayısını, düşme yüksekliğinin geri sıçrama yüksekliğine oranının karekökü olarak hesaplamışlardır. Denemelerde dikey yörüngeleri izleyen soya fasulyelerini dikkate almışlardır. Saraçoğlu vd. (2010) mandarin meyvesinin esneklik katsayısını akustik yöntemle plastik, karton, ahşap, kauçuk ve çelik yüzeyler üzerinde ölçmüşlerdir. Bu yöntem ile ilk ve ikinci sıçrama arasındaki süre ölçülerek meyvenin sıçrama yüksekliği hesaplanmıştır. Gan-Mor vd. (1986) çalışmalarında patates hasat makinelerinin büyük problemlerinden biri olan taş, kesek ve patatesin ayrılmasını ele almışlardır. Taş, kesek ve patatesleri birbirinden ayırma işlemini boyutlandırma tekniklerine göre kolayca yapmışlardır. Çalışmalarında taş, kesek ve patateslerin özelliklerini değiştirmeden birbirlerinden ayrılmasına yönelik tarımda kullanılmaya uygun bir makine geliştirmeyi amaçlamışlardır. Saraçoğlu ve Özarlan (2012) lahana tohumun esneklik katsayısını görüntü algılama yöntemi ile belirlemişlerdir. Lahana tohumları belirlenen yüksekliklerden (5, 10, 15, 20, 25 ve 30 cm) pleksi ve galvanizli çelik yüzeyler üzerine serbest bir halde bırakmışlardır. Tohumların bırakıldığı yükseklik ve yüzeylere çarptıktan sonra sıçradıkları yükseklikler yüksek hızlı kamera ile kaydetmişlerdir. Kaydedilen değer sonucunda lahana tohumların esneklik katsayılarını bulmuşlardır. Çalışmalarında lahana ve benzeri tohumların esneklik katsayılarını belirleyerek iletim, temizleme, ayırma, paketleme, işleme ve depolama işlemlerinin yapılabilmesine ve

hasat makinalarının tasarımına katkı sağlamayı amaçlamışlardır.

Bunların yanında, Cross (1999), piezo disk, Wadhwa (2009), dijital bir osiloskop ve Naguraka (2003), bilgisayar kontrollü ses algılama sistemi kullanarak biyolojik olmayan materyallerin esneklik karakteristiklerini belirlemişlerdir.

Tarımsal materyalin esneklik katsayısını belirlemek için birçok farklı teknikler kullanılmaktadır. Görüntü algılama yöntemi ve akustik yöntem bu amaçla kullanılan tekniklerdendir.

Bu çalışmada; bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarının iki farklı metot kullanılarak (görüntü algılama yöntemi ve akustik yöntem) esneklik katsayılarının belirlenerek, karşılaştırılmalı analizinin yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde her iki yöntemde üç farklı tohum (bezelye, soya ve nohut), dört farklı yüzey üzerine (4 mm kalınlığında kauçuk, 2 mm kalınlığında paslanmaz çelik, 3 mm kalınlığında akrilik ve 5 mm kalınlığında ahşap) ve üç farklı düşme yüksekliğinde (0.1, 0.2 ve 0.3 m) esneklik katsayısı belirlenmiştir. Her iki yöntemde de serbest olarak bırakılan tohumlardan dikey yönde sıçrayan tohumların geri sıçramaları kayıt edilmiştir.

Materyal

Çalışmada materyal olarak utrillo bezelye, koçbaşı nohut ve cinsoy soya fasulyesi çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır. Denemelerde yaş baza göre nem içeriği bezelye tohumları için %8.23, nohut tohumları için %9.41 ve soya fasulyesi tohumları için %7.61 olarak belirlenmiştir.

Metot

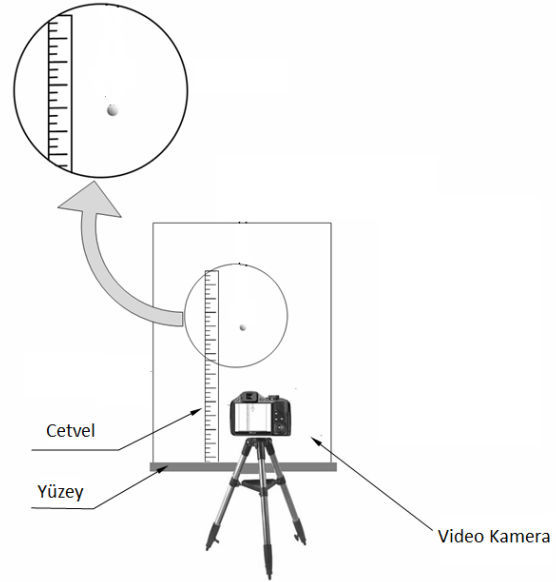
Tohumların fiziksel özellikleri belirlenmeden tohumlar 105 ± 1 °C'de etüvde 24 saat bekletilerek nem içerikleri yaş baza göre belirlenmiştir (Özarlan, 2002).

Denemelerden önce kullanılan yöntemlerin ölçüm hassasiyetini ve benzerliklerini belirlemek için farklı yüzeyler üzerine farklı yüksekliklerden akrilik bir bilye ile denemeler yapılmıştır. Her deneme sırasında akustik ve görüntü algılama sistemi ile aynı anda ölçümler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Görüntü Algılama Yöntemi

Görüntü algılama yönteminde düz bir zemin üzerine belirlenen yüzeyler sabitlenmiştir. Tohumların

sıçrama yüzeylerinin arka kısmına sıçrama yüksekliklerini ve atılacakları yükseklikleri belirlemek amacı ile dik olacak şekilde bir cetvel yerleştirilmiştir. Casio Exilim-FH20 markalı hız kamerası hem levhayı hem de cetveli görececek şekilde düzeneğin tam karşısına yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Sıçrama deneyi görüntü algılama düzeneği (Saraçoğlu ve Özarlan, 2012)

Daha sonra tohumlar belirlenen yüksekliklerden sırası ile serbest halde bırakılarak düşme ve düştükten sonraki ilk sıçrama yükseklikleri hız kamerası ile 420 fps kayıt modunda kaydedilmiştir. Kaydedilen bu görüntüler hız kamerasından bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayarda "Tracker Video Analysis and Modelling Tool" programı ile kayıtların analizleri yapılarak tohumların sıçrama sırasında ulaştığı en yüksek noktalar belirlenmiş ve kaydedilmiştir. Denemeler sırasında serbest düşmeye bırakılan tohumların sadece dik konumda sıçrayanları kaydedilerek değerlendirilmiştir. Denemeler her tohum, yüzey ve düşme yüksekliği için 30 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonunda elde edilen yükseklik değerleri kullanılarak aşağıdaki formülle sıçrama katsayıları elde edilmiştir (Saraçoğlu ve Özarlan, 2012).

$$e = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

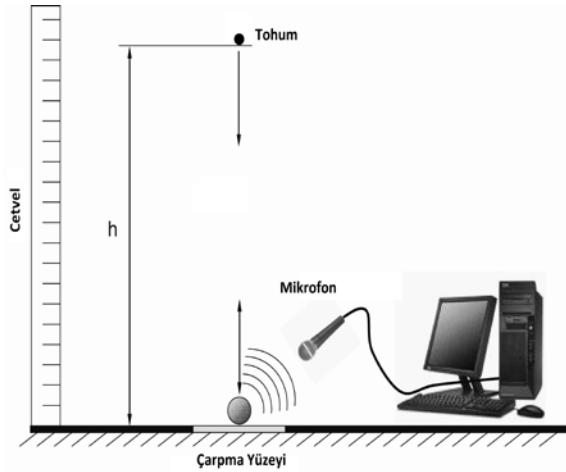
e = Esneklik katsayısı,

h = Tohumun sıçradığı yükseklik, (m)

H = Tohumun düştüğü yükseklik, (m)

Akustik yöntem

Esneklik katsayısının belirlendiği akustik ölçüm düzeneğinde düz bir zemin üzerine belirlenen yüzeylerden biri sabitlenmiş ve tohumların sıçrama yüzeylerinin hemen arka kısmına tohumların atılacağı yükseklikleri belirlemek amacı ile dik olacak şekilde cetvel yerleştirilmiştir. Yüzey üzerine, çarpma tohumların çarpma anlarını belirlemek amacıyla bilgisayara bağlı bir mikrofon sabitlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Sıçrama deneyi akustik düzenek.

Akustik ölçüm düzeneğinde bilgisayarda Visual Basic dilinde yazılan bir program kullanılmıştır. Program, belirlenen yükseklikten serbest halde bırakılan tohumun yüzeye çarptıktan sonra çıkardığı ses ile sıçrayıp tekrar yüzeye çarpması sonucu çıkardığı ses arasındaki süreyi saniye cinsinde hesaplamaktadır. Denemeler sırasında serbest düşmeye bırakılan tohumların sadece dik konumda sıçrayanları kaydedilerek değerlendirilmiştir. Denemeler her tohum, yüzey ve düşme yüksekliği için 30 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Program sayesinde hesaplanan tohumun iki sıçrama arasındaki süreleri

aşağıdaki formülde kullanılarak tohumların esneklik katsayıları belirlenmiştir (Saraçoğlu vd., 2010).

$$e = \Delta t \sqrt{\frac{g}{8H}}$$

e = esneklik katsayısı,

Δt = İlk iki çarpma arası süre, (s)

g = Yer çekimi ivmesi, (m.s⁻²)

H = Tohumun düşme yüksekliği (m)

İstatistiksel Analiz

Ele alınan özellikler varyans analizine tabi tutulmuş ve en küçük kareler ortalamaları ile standart hataları elde edilmiştir. En küçük kareler ortalamalarının elde edilmesinde SAS (1999) paket programındaki UNIVAR prosedürü kullanılmıştır (SAS, 1999).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemelerde kullanılan tohumların bin dane ağırlıkları bezelye tohumları için 227.1 g, nohut tohumları için 407.7 g ve soya fasulyesi tohumları için 177.0 g olarak belirlenmiştir.

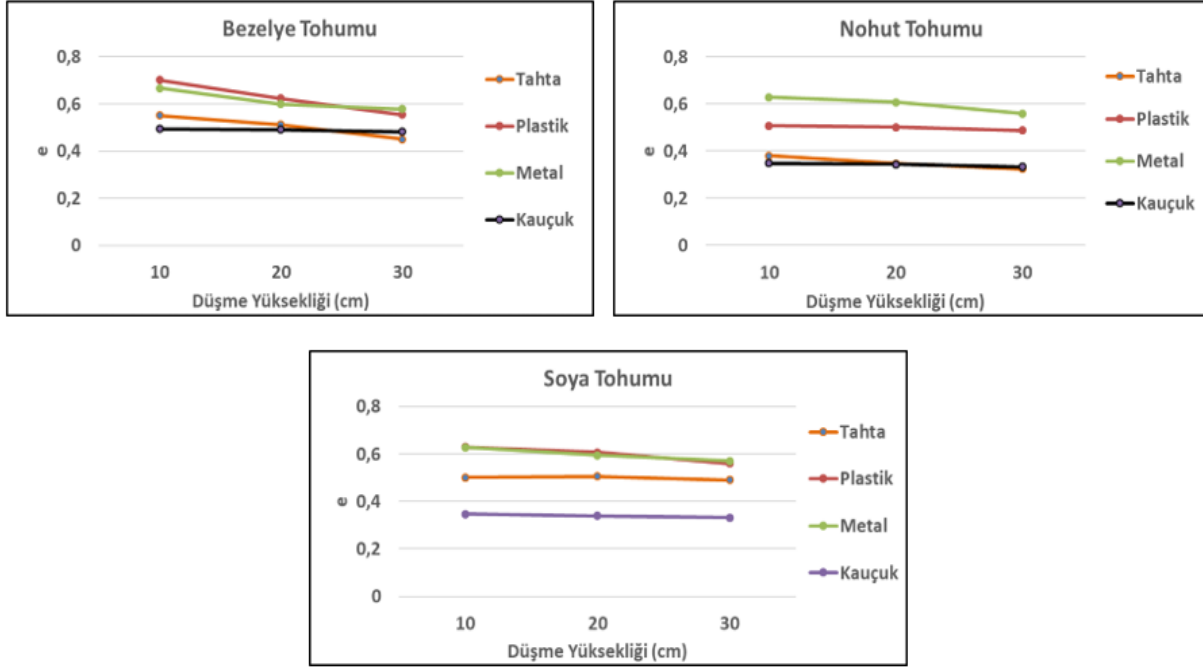
Plastik bilye ile yapılan ön denemeler sonucunda 0.1, 0.2 ve 0.3 m yükseklikten, tahta, akrilik, paslanmaz çelik ve kauçuk yüzeyler üzerine düşürülen plastik bilyeye ait esneklik katsayıları her iki yöntemle göre Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde her iki yöntemde elde edilen esneklik katsayıları arasında fark bulunmadığı görülmektedir.

Görüntü algılama yöntemine göre esneklik katsayıları Şekil 3'te görüntü işleme yöntemi ile farklı yükseklikten, farklı yüzeyler üzerine düşürülen bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarına ait esneklik katsayılarını gösteren grafikler görülmektedir.

Çizelge 1. Akustik ve görüntü algılama yöntemiyle ölçülen plastik bilyenin esneklik katsayıları

Görüntü Algılama Yöntemi					Akustik Yöntem			
Düşürme Yüksekliği (m)	Ahşap	Akrilik	Paslanmaz Çelik	Kauçuk	Yüzeyler			
					Ahşap	Akrilik	Paslanmaz Çelik	Kauçuk
0.1	0.56	0.54	0.50	0.44	0.56	0.54	0.50	0.44
0.2	0.49	0.50	0.48	0.42	0.49	0.50	0.48	0.42
0.3	0.37	0.43	0.47	0.39	0.37	0.43	0.47	0.39



Şekil 3. Bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarına ait görüntü algılama yöntemine göre belirlenmiş esneklik katsayıları

Şekil 3 incelendiğinde tüm tohumlar için yüksekliğin artışı ile esneklik katsayısının düştüğü görülmektedir. En yüksek esneklik katsayısı değeri bezelye tohumu için 0.1 m yükseklikten akrilik yüzeyde (0.70), en düşük esneklik katsayısı nohut tohumunda 0.3 m yükseklikten ahşap yüzeyde (0.32) elde edilmiştir. Esneklik katsayısı, yüksekliğin artışıyla beraber bezelye tohumunda ahşap yüzeyde 0.55'den 0.45'e, akrilik yüzeyde 0.70'den 0.55'e, paslanmaz çelik yüzeyde 0.66'dan 0.57'ye ve kauçuk yüzeyde 0.49'dan 0.48'e düşmüştür.

Nohut tohumu için esneklik katsayısı düşme yüksekliğinin artışı ile beraber ahşap yüzeyde 0.38'den 0.32'ye, akrilik yüzeyde 0.51'den 0.49'a, paslanmaz çelik yüzeyde 0.63'den 0.56'ya ve kauçuk yüzeyde 0.35'den 0.33'e düşmüştür.

Soya fasulyesi tohumu için düşme yüksekliği artışı ile beraber esneklik katsayısı ahşap yüzeyde 0.50'den 0.49'a, akrilik yüzeyde 0.63'den 0.56'ya, paslanmaz çelik yüzeyde 0.63'den 0.57'ye ve kauçuk yüzeyde 0.35'den 0.33'e düşmüştür. Tüm tohumlar için yüzeyler arasında en düşük esneklik katsayısı kauçuk yüzeyde belirlenmiştir. Kauçuk yüzeyin diğer yüzeylere oranla sönümlenme yeteneği bu sonucun oluşmasında etken olmuştur.

Lo Curto vd, (1997), 1000 fps kamera kullanılarak görüntü algılama yöntemine göre iki farklı nem içeriğinde alüminyum, cam ve akrilik yüzeyler üzerindeki soya fasulyelerinin esneklik katsayılarını belirledikleri çalışmalarında esneklik katsayısı değerlerini 15.1 cm yükseklikte 0.66, 29.2 cm yükseklikte 0.64 ve 51.1 cm yükseklikte 0.63 olarak belirlemişler ve yükseklikler arasındaki değerlerin istatistiksel olarak önemli olduğunu ($p > 0.0016$) belirtmişlerdir. Nem değerleri arasındaki karşılaştırmaya göre; %10.7 nem içeriğine sahip tohumlarda esneklik katsayısı 0.69 ve %15.5 nem değerine sahip tohumlarda esneklik katsayısı değerinin 0.59 olduğunu ve farkın önemli olduğunu ($p > 0.002$) vurgulanmıştır.

Akustik yöntemle göre esneklik katsayıları

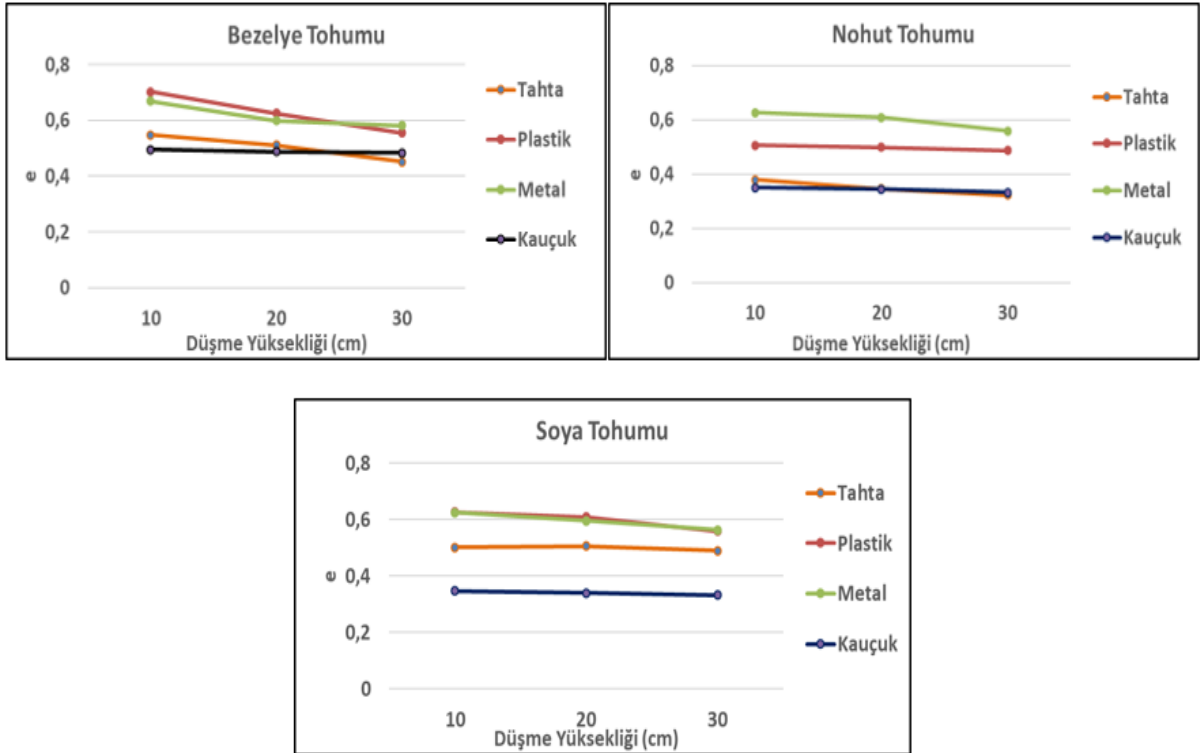
Şekil 4'te akustik yöntem ile farklı yükseklikten, farklı yüzeyler üzerine düşürülen bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarına ait esneklik katsayılarını gösteren grafikler görülmektedir.

Şekil 4 incelendiğinde tüm tohumlar için yüksekliğin artışı ile esneklik katsayısının düştüğü görülmektedir. En yüksek esneklik katsayısı değeri bezelye tohumu için 0.1 m yükseklikten akrilik

yüzeyde (0.70), en düşük esneklik katsayısı nohut tohumunda 0.3 m yükseklikten ahşap yüzeyde (0.32) elde edilmiştir. Saraçoğlu ve Özarlan (2012) lahanana tohumunda belirledikleri esneklik katsayısı için en yüksek esneklik katsayısı değerini akrilik yüzeyde bulmuşlardır (0.83). Akustik yöntemde esneklik katsayısı, yüksekliğin artışıyla beraber bezelye tohumunda ahşap yüzeyde 0.55'den 0.45'e, akrilik yüzeyde 0.70'den 0.56'ya, paslanmaz çelik yüzeyde 0.66'dan 0.58'e ve kauçuk yüzeyde 0.50'den 0.48'e düşmüştür. Nohut tohumu için esneklik katsayısı düşme yüksekliğinin artışı ile beraber ahşap yüzeyde 0.38'den 0.32'ye, akrilik yüzeyde 0.50'den 0.47'ye, paslanmaz çelik yüzeyde 0.63'den 0.56'ya ve kauçuk yüzeyde 0.35'den 0.33'e düşmüştür. Soya fasulyesi tohumu için düşme yüksekliği artışı ile beraber esneklik katsayısı ahşap yüzeyde 0.50'den 0.49'a, akrilik yüzeyde 0.63'den 0.56'ya, paslanmaz çelik yüzeyde 0.63'den 0.56'ya ve kauçuk yüzeyde 0.35'den 0.33'e düşmüştür. Benzer şekilde Saraçoğlu ve Özarlan (2012)'de çalışmalarında yükseklik artışı ile beraber esneklik katsayısının azaldığını belirlemişlerdir.

Tüm tohumlar için yüzeyler arasında en düşük esneklik katsayısı kauçuk yüzeyde belirlenmiştir. Kauçuk yüzeyin diğer yüzeylere oranla sönümleme yeteneği bu sonucun oluşmasında etken olmuştur. Yöntemler arasında ve değişken parametreler için yapılan istatistiksel analiz Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde yöntemler arasındaki farkın önemsiz olduğu, yüzeyler arasında ahşap ve kauçuğun aynı grupta, paslanmaz çelik ve akrilik yüzeylerin aynı grupta yer aldığı görülmektedir.

Burada ahşap ve kauçuk yüzeylerin sönümleme katsayılarının diğer yüzeylere göre farklı olması bu durumu ortaya çıkardığı söylenebilir. Tohumlar arasında bezelye ve soya fasulyesi tohumları aynı grupta yer alırken nohut tohumunun farklı grupta yer aldığı görülmektedir. Nohut tohumunun kütle olarak diğer iki tohumdan farklı oluşu bu duruma sebep olarak söylenebilir. Düşme yükseklikleri açısından bakıldığında her düşme yüksekliği ayrı gruplarda yer almaktadır.



Şekil 4. Bezelye, nohut ve soya fasulyesi tohumlarına ait akustik yöntemle belirlenmiş esneklik katsayıları

Çizelge 2. Esneklik katsayılarına ilişkin en-küçük kareler ortalamaları ve standart hataları

Faktörler	N	Esneklik Katsayısı (e)
Yöntem		P=0.823
Akustik	1223	0.51±0.003
Görüntü algılama	1080	0.51±0.003
Yüzey		P=0.000
Ahşap	547	0.45±0.004 ^a
Akrilik	584	0.57±0.004 ^b
Paslanmaz Çelik	589	0.56±0.004 ^b
Kauçuk	583	0.45±0.004 ^a
Tohum		P=0.000
Bezelye	773	0.56±0.003 ^a
Nohut	758	0.42±0.003 ^b
Soya fasulyesi	772	0.55±0.003 ^a
Yükseklik		P=0.000
10	760	0.54±0.003 ^a
20	769	0.51±0.003 ^b
30	774	0.48±0.003 ^c
Genel	2303	0.51±0.002

SONUÇ

Tarım ürünleri kullanım amaçlarına göre bir sıra işlemlerden geçmektedirler. Bu çalışmada da hasat ve hasat sonrasında ürünlerin temizlenme ve sınıflandırılmasında kullanılan yöntem olan esneklik (sıçrama) katsayısının en kısa sürede ve en güvenli yöntemle nasıl belirleneceği saptanmıştır.

Çalışma sonucunda; iki farklı yöntem, üç farklı tohum, üç farklı düşme yüksekliği ve dört farklı yüzey kullanılarak yapılan denemelerde, yöntemler arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, ahşap ve kauçuk

yüzeylerdeki esneklik katsayısı değerlerinin aynı grup içerisinde akrilik ve paslanmaz çelik yüzeylerdeki esneklik katsayısı değerlerinin de yine aynı grup içerisinde yer aldığı görülmüştür. Düşme yüksekliklerine bağlı olarak düşme yüksekliği arttıkça esneklik katsayısının düştüğü söylenebilir.

Her iki yöntemin uygulanış şekli dikkate alındığında görüntü algılama yöntemiyle ölçümün akustik yöntemle göre daha zahmetli ve zaman alıcı olduğu belirlenmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Alayunt, F.N. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 132, İzmir.
- Cross, R. 1999. The Bounce of a Ball. Am. J. Phys. 67 (3): 222-227.
- Diener, R.G., Elliott, K. C., Nesselroad, P.E., Ingle, M., Adams, R.E. and S. H. Blizzard. 1979. Bruise Energy of Peaches And Apples. Transaction of the ASAE. 287-290 pp.
- Gan-Mor S., Zacrahin A., Galili N., Feller R. and E. Margolin. 1986. Absorbing Stone Impact to enable Separation from Potatoes. Transactions of the ASAE. 29 (6): 1526-1529.
- Gan-Mor, S., Galili, N., 2000. Rheological model of fruit collision with an elastic plate. J. Agric Eng Res 75: 139-147.
- Hugnes, J. C., Grant, A., Pennington, D. E. and Worts, W. H., 1985. A Portable Pendulum For Testing Dynamic Tissue Failure Susceptibility of Patatoes. J. Agric. Engng Res. 32: 269-267.
- Jayan, P.R. and V. J. F. Kumar. 2004. Planter Design in Relation to The Physical Properties of Seeds. J. Trop Agric 42: 69-71.
- Lichtensteiger, M. J., Holmes, R.G., Hamdy, M. Y. and J. L. Blaisdell. 1988. Impact Parameters Of Spherical Viscoelastic Objects and Tomatoes. Transactions of the ASAE 31 (2): 595-602. 28
- Lo Curto, G. J., Zhang, X., Zakirov, V., Bucklin, R.A., Vu-Quoc, L., Hanes, DM. and O.R. Walton. 1997. Soybean Impacts: Experiments and Dynamic Simulations. Trans ASAE 40: 789-794.
- Mangawandi, C., Cheong, Y. S., Adams, M. J., Hounslow, M. J. and A. D. Salman. 2007. The Coefficient of Restitution of Different Representative Types of Granules. Chemical Engineering Science, 62 (1-2): 437-450.
- Naguraka, M., 2003. Aerodynamic Effects in a Dropped Ping-Pong Ball Experiment. Int. J. Engng. Ed. 19(4): 623-630.
- Özarıslan C. 2002. Physical properties of cotton seed. Biosystem Engineering, 83: 169-174.
- Saraçoğlu, T. and C. Özarıslan. 2012. Moisture-Dependent Geometric, Frictional and Mechanical Properties of Cabbage (Brassica oleraceae L. var. capitata) Seeds. Philippine Agricultural Scientist 95(1): 53-63.

Bazı Tohumların İki Farklı Yöntemle Esneklik Katsayılarının Belirlenmesi ve Karşılaştırılması

- Saraçoğlu, T., Üçer, N., Özyılmaz, Ü. ve C. Özarslan. 2010. Satsuma Mandarin (Citrus *Unshu* Marc.) Çeşidinin Sıçrama Özellikleri. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2010; 7(1): 87-93.
- SAS, 1999. The SAS System Version 8. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schoorl, D. and J. E. Holt. 1980. Bruise Resistance Measurements in Apples. J. Texture Studies 11: 389-394.
- Topping, A. J. and M. T. Luton. 1986. Cultivar Differences In The Bruising of English Apples. Journal of Horticultural Science 61 (1): 9-13.
- Vursavuş, K. ve F. Özgüven. 2000. Çarpma Durumunda Elmanın Fiziko-Geometrik Özelliklerinin Mekanik Zedelenme Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 489-494, Erzurum.
- Wadhwan, A., 2009. Measuring the Coefficient of Restitution Using a Digital Oscilloscope. Physics Education 44 (5): 517-521
- Whitney, R. W., Porterfield, J. G., 1968. Particle Separation in a Pneumatic Conveying System. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 11(4): 477-479.
- Yağcıoğlu, A., 1996. Ürün İşleme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Yayın No: 264, İzmir
- Yang Y. and M.D. Schrock. 1994. Analysis of Grain Kernel Rebound Motion. Transactions of the ASAE, 37(1), 27-31.