

BAZI MEYVE AĞAÇLARININ MEKANİK HASADINDA KULLANILAN SİLKELEYİCİLER VE FARKLI SİLKELEME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Taner YILDIZ

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Tarım Makineleri Programı, Samsun
tyildiz@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 20.06.2011

Kabul Tarihi : 09.03.2012

ÖZET: Meyve üretiminde iş gücünün büyük bir bölümü hasat işlemlerinde harcanmaktadır. Dünya meyveciliğinin yoğun bir gelişme süreci içerisinde girmesi ve genelde işçi ücretlerinin büyük artışlar göstermesi tarımın bu kolunda hasat işlerinin makine ile yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Son yıllarda, meyvecilik alanlarının genişlemesi ve büyük ticari bahçelerin kurulmasına paralel olarak mekanik hasada duyulan ilgi artmaktadır. Mekanik yolla hasat iş gücü gereksinimi ve hasat masraflarının azaltılabilmesi açısından önemlidir. Mekanik hasatta ağaç türlerine bağlı olarak farklı çalışma prensiplerine sahip olan silkeleyiciler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bazı meyve ağaçlarının mekanik olarak hasat edilmesinde uygulanan farklı silkeleyiciler ve silkeleme yöntemleri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Mekanik hasat, silkeleyiciler, meyve ağaçları, silkeleme yöntemleri

ANALYZING SOME SHAKERS AND SHAKING METHODS USED IN MECHANICAL HARVESTING OF SOME FRUIT TREES

ABSTRACT: Most of the agricultural labour is spend in harvesting facilities in fruit production. Rapid development of world fruit production and excess increases in labour costs force mechanical harvesting in this sector of agriculture. During recent years, there has been a common interest in mechanical harvesting due to expansion of the fruit production areas and also establishment of large commercial orchards. Mechanical harvesting is important in terms of decreasing labour requirements and harvesting costs. Shakers with various kinds of working principles developed according to tree species are used in mechanical harvesting. In this review, it was aimed to give some knowledge about different shaking methods and shakers used in mechanical harvesting of some fruit trees.

Keywords: Mechanical harvest, shakers, fruit trees, shaking methods

1. GİRİŞ

Meyve üretiminde iş gücünün büyük bir bölümü hasat işlemlerinde harcanmaktadır. Dünya meyveciliğinin yoğun bir gelişme süreci içerisinde girmesi ve genelde işçi ücretlerinin büyük artışlar göstermesi bu tarım sektöründe de hasat işlerinin makine ile yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Son yıllarda meyvecilik alanlarının genişlemesi ve büyük ticari bahçelerin kurulmasına paralel olarak özellikle meyve suyu endüstrisinin ilerlemesiyle, mekanik hasada duyulan ilgi artmaktadır. Çünkü kurulan geniş ticari meyve bahçelerinde elle hasat yapılması, elde edilecek ürünün maliyetini oldukça arttırmaktadır (Pırlak ve Güler, 2000). Bu nedenle, meyvelerin mekanik olarak hasat edilmesi, birçok ürünün daha karlı olabilmesi için anahtar bir faktör olarak düşünülmektedir (Sergio ve ark., 2008).

Meyve ağaçlarının mekanik olarak hasat edilmesi eş zamansız olgunlaşma, sert kabuklu meyvelerin dışında kalan meyvelerin termik-mekanik dayanım azlığı, çok yıllık bitki oluşları, çeşit fazlalığı, ekiliş ve dikiliş yöntemlerinin farklı olmaları nedeniyle, fazla gelişmişlik gösterememektedir. Elle meyve hasadı meyveden meyveye değişmekle birlikte, ortalama olarak 450–2000 İGH/ha (İnsan İş Gücü-Saat/hektar) gerektirmektedir. Bu rakam üretim için toplam çalışma zamanının % 40-80'ini, toplam üretim maliyetinin % 30-60'ını oluşturmaktadır. Meyve ağaçlarının hasadı tahıla göre iş gücü bakımından

100–250 kat ve üretim masrafı bakımından ise yaklaşık 40 kat fazla olmaktadır (Tuncer ve Özgüven, 1989). Bu nedenlerle, birçok meyve türünün mekanik yolla hasat edilmesi; gereksinim duyulan yüksek iş gücü ile hasat masraflarının azaltılabilmesi ve ürün maliyetinin belirlenmesi için önemli olmaktadır (Tous ve ark., 1994; Beyhan ve Yıldız, 1996).

Elle hasadı kolaylaştırmak amacıyla başlangıçta kullanılan hasat yardımcısı araçlara (merdivenler, sehpa vs) ilave olarak daha sonraları meyvelerin toplanması ve taşınmasını kolaylaştırmak amacıyla, sıra arasında hareket eden ve traktörle çekilir birden fazla katlı hasat arabaları, hidrolik ve kendi yürür meyve toplama platformları büyük meyve bahçelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, bu çalışmalar iş gücü gereksiniminde önemli bir azalma sağlayamamıştır. Bundan sonra, meyveyi daldan en basit ve en etkin bir şekilde koparabilmenin dal veya gövdenin titreştirilmesiyle (sarsılmasıyla) olanaklı olabileceği anlaşılmıştır. Bu amaçla da, çeşitli tip ve yapıya sahip silkeleyiciler geliştirilmiştir (Keçecioglu, 1975).

Silkeleyicilerin tasarım ölçütlerinin ayrıca ve ayrıntılı bir şekilde incelenmesinin daha yararlı olacağı düşünüldüğünden bu konulara yer verilmemiştir. Silkeleyicilerle mekanik hasat konusunda yapılan çok sayıda çalışmanın özümsemesi gelecekte yapılacak diğer çalışmalara yön vereceğinden, bu çalışmada bazı meyve türlerinin silkeleme yoluyla hasat edilmesinde uygulanan farklı

yöntemler ve silkeleyiciler mevcut kaynaklar ışığında ortaya konulmaya çalışılmış, uygulayıcılar için yararlı olabilecek yöntemler üzerinde durulmuştur.

2. MEYVELERİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

Silkeleme ile meyve ağaçlarının hasat edilmesinde ana ilke; bir silkeleyicinin ürettiği titreşimlerin ağacın gövdesi ya da bir dalına iletilmesi, ivmelendirilen meyvede oluşan kuvvetlerin meyvenin kopma direncini aşması nedeniyle düşürülmesidir. Diğer bir ifadeyle, meyve titreşimle sallanmakta; oluşan atalet kuvveti, sapta burulma ve çekme gerilmeleri oluşturmaktadır. Böylece meyve, bu kuvvetleri karşılayamadığı zaman kopmaktadır (Erdoğan, 1988).

Silkeleyicilerle yapılan mekanik meyve hasadında, ağaçlardan (portakal, elma, zeytin, kayısı, mango, fındık vb) meyveleri etkili bir şekilde uzaklaştırabilmek amacıyla; silkeleyici parametresi olarak frekans, genlik, silkeleme yönü, silkeleyici kelepçesinin dala bağlantı noktası, silkeleyicinin kütlesi; meyve ve ağaç parametresi olarak ise, kopma kuvveti/meyve ağırlığı oranı (F/G), meyve sapı uzunluğu, meyve tutunma kuvveti, gövde ve dal boyutları ve dökülen meyve yüzdesi gibi konular üzerinde birçok araştırmacı çalışmıştır (Coppock, 1967; Garman ve ark., 1972; Chesson, 1974; Keçecioğlu, 1975; Erdoğan, 1989; Parameswarakumar ve Gupta, 1991; Erdoğan ve ark., 1992; Mamedov, 1992; Beyhan, 1996; Gezer, 1997; Beyhan ve Beyhan, 1998).

Birçok meyve ağacı üzerinde yapılan denemeler, yüksek frekans (25–40 Hz) ve küçük genliklerin (20–

25 mm) ağaç yapısı ve meyve bağlantısı nispeten rijit olan koşullarda daha etkili olduğunu göstermiştir. Düşük frekanslar (1.5–6 Hz) ve büyük genlikler (100–125 mm) ise, söğüdümsü ya da meyveleri uzun dallarda kütleler halinde aşağı doğru sarkan ağaçlarda etkili bulunmuştur. Yine araştırma bulgularına göre; düşük frekanslarda meyvelerin düşürülmesinde birden fazla silkelemenin gerekli olduğu, bunun meyveye ve ağaca zarar verebileceği, yüksek frekanslarda ise meyvenin ataleti nedeniyle stasyonere (yerinde kalma) eğilimde olduğu bilinmektedir (Erdoğan, 1990).

2.1. Farklı Silkeleme Yöntemleri Ve Makineleri

Meyvelerin makine ile hasadı konusundaki ilk çalışmalar, Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. Kablolulu ve taşınabilir özellikteki bu ilk makinelerin yerini, daha sonraları atalet kuvveti etkisiyle çalışan gelişmiş silkeleyiciler almıştır. Traktöre monte edilebilen ya da kendi yürür olarak imal edilen silkeleyiciler hemen tüm meyve türlerine uygulanabilir duruma gelmiştir (Keçecioğlu, 1975).

Günümüzde, genellikle dalların veya ağaç gövdelerinin sarsılarak meyvelerin düşürülmesini sağlayan çeşitli eksantrik ve atalet kuvveti tipli silkeleyiciler kullanılmaktadır. Bu makinelerin hepsinin ortak çalışma prensibi, dallara veya gövdeye periyodik titreşimler uygulanarak meyvelerin düşürülmesinin sağlanmasıdır. Diğer bir ifadeyle meyvelerin düşürülmesi, meyvelerin ivmelendirilmesi ile başarılmaktadır (Erdoğan, 1990). Silkeleyicilerle yapılan mekanik hasatta, bazı meyve türlerine ilişkin silkeleme parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı meyvelerin silkeleme parametreleri ve ağaç özellikleri (Erdoğan, 1990)

Meyve türü	Ağaç rijitliği	Silkeleme uygulanan yer	Frekans (Hz)	Genlik (mm)
Kayısı	Çok rijit	Gövde	15–30	8–12
		Dal	10–20	40–50
Badem	Çok rijit	Gövde	15–25	8–12
		Dal	15–20	25–40
Elma	Rijit	Gövde	15–25	8–12
		Dal	10–20	35–40
Erik	Rijit	Gövde	15–25	10–14
		Dal	10–20	25–40
Ceviz	Az rijit	Gövde	15–20	10–14
		Dal	7–16	30–50
Şeftali	Az rijit	Gövde	15–25	12–16
Vişne	Az rijit	Dal	10–15	30–40
Kiraz	Esnek	Gövde	12–24	12–16
		Dal	10–20	35–60
Zeytin	Çok esnek	Dal	20–35	50–75
Portakal	Çok esnek	Gövde	10–15	12–16
		Dal	6–16	100–125

2.1.1. Eksantrik tipli silkeleyiciler

2.1.1.1. Eksantrikli el tipi dal silkeleyiciler

Dala bir kelepçe ile bağlanan, gidip-gelme hareketli eksantrik tipli dal silkeleyiciler, meyvelerin düşürülmesinde etkili olabilmektedirler. El tipi dal silkeleyicilerle bazı meyve türlerinin hasat edilmesinde elde edilen silkeleme parametreleri

Çizelge 2'de verilmiştir (Beyhan, 1996; Gezer, 1997; Polat, 1999).

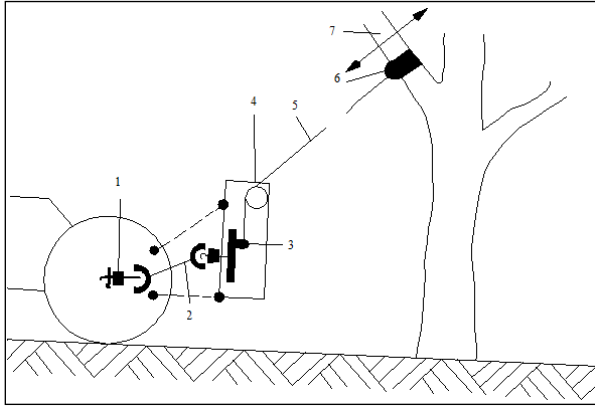
El tipi silkeleyiciler ana dalların ya da gövdenin değil, sadece ince yan dalların silkelenebilmesinde kullanılan, omuza ya da sırta asılır tipleri bulunan makinelerdir. Titreşim, bir pistonlu krank-biyel mekanizmasıyla git-gel hareketi olarak dallara iletilmektedir.

Çizelge 2. Eksantrik tipli silkeleyicilerle silkelemede bazı meyve türlerine ilişkin silkeleme parametreleri

Meyve	Silkeleme uygulanan yer	Frekans (Hz)	Genlik (mm)	Silkeleme süresi (s)	Hasat etkinliği (%)
Kayısı	Dal	20–23	60	10	99.70
Antepfıstığı	Dal	20	50	20	95.50
Fındık (Palaz)	Dal	15	35	5–6	86.25
Fındık (Tombul)	Dal	15	35	5	83.04

2.1.1.2. Eksantrikli kablolu tip silkeleyiciler

Mekanik silkeleyicilerin en basit yapıda olanı kablolu silkeleyicilerdir (Şekil 1). Genellikle, traktöre monte edilerek çalıştırılmaktadır. Bu silkeleyicide kablo kuvveti, kuyruk mili üzerinden eksantrik bir kasnakla sağlanmakta ve mafsallı diğer bir yönlendirme kasnağı ile ağaca iletilmektedir. Titreşim hareketi, ağacın geriye doğru esnemesi ile tamamlanmaktadır. Bu nedenle, dal büyüklüğüne bağlı olarak traktör kütlelerinin yeterli büyüklükte olması gerekmektedir. Ağacın serbest geri hareketine bağlı olarak, titreşim frekansı 5–8 Hz, genlik ise 20–60 mm arasında olmaktadır (Erdoğan, 1989).

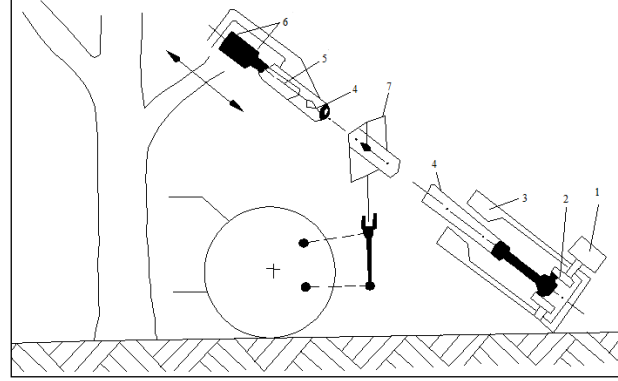


Şekil 1. Kablolu silkeleyicinin fonksiyonu ve çalışma ilkesi (1-Kuyruk mili, 2-Mafsallı mil, 3-Eksantrik, 4-Yön değiştirme kasnağı, 5-Halat, 6-Kelepçe, 7-Dal) (Erdoğan, 1989)

2.1.2. Atalet kuvvet tipli silkeleyiciler

2.1.2.1. İleri-geri hareketli atalet kuvvet tipli silkeleyiciler

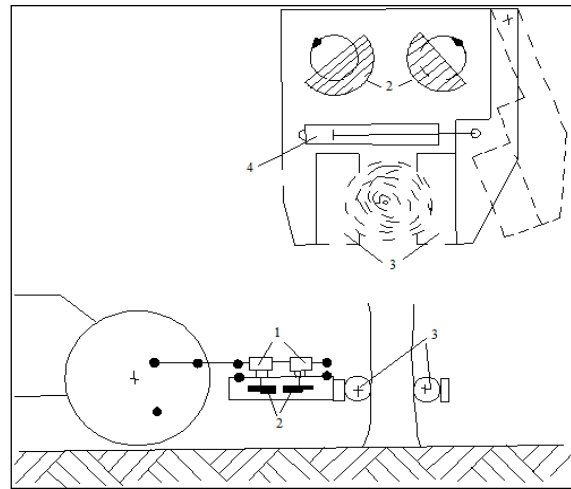
Gövde ya da dala bir kelepçe ile bağlanan, ileri-geri hareketli atalet kuvvetli silkeleyiciler, kademesiz hidrolik tahrik mekanizması nedeniyle, frekans değiştirebilme olanağına sahip olmaktadır (Şekil 2). Böylece, ağacın rezonans frekansına rahatlıkla ulaşılabilir. Ağırlık merkezinden sarkaç gibi asılan silkeleme kolu aracılığıyla titreşim, taşıyıcıya iletilmemiş olmaktadır. İleri-geri atalet kuvvetli silkeleyiciler, 40 cm çapa kadar olan gövde ve dalların silkelenmesinde kullanılmaktadırlar. Silkeleme kolu, kranktan aldığı hareketle ağaç ve silkeleyici muhafazası arasında hareket etmektedir. Bu tip silkeleyicilerde titreşim frekansı 10–20 Hz, genlik ise 20–40 mm arasında olmaktadır (Erdoğan, 1989).



Şekil 2. İleri-geri hareketli atalet kuvvetli silkeleyicinin fonksiyonu ve çalışma ilkesi (1-Tahrik kaynağı, 2-Krank, 3-Muhafaza, 4-Sarsıcı kol, 5-Silindir, 6-Kelepçe ve 7-Askı sistemi) (Erdoğan, 1989)

2.1.2.2. Dönme hareketli atalet kuvvet tipli silkeleyiciler

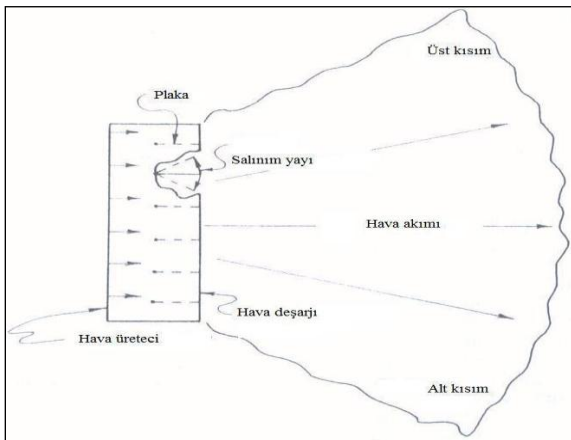
Dönme hareketli atalet kuvvet tipli silkeleyiciler, ağaç dal ya da gövdesine sıkı olarak bağlanmakta ve böylece farklı dönme yönleri ile hızlarından dolayı iki döner kütlelerin istenilen etkiyi sağlaması olanaklı olmaktadır. Dönme hareketli atalet kuvvetli bir silkeleyicinin, fonksiyonu ve çalışma ilkesi ise, Şekil 3'de verilmiştir (Erdoğan, 1989).



Şekil 3. Dönme hareketi oluşturan atalet kuvvetli silkeleyici (1-Tahrik kaynağı, 2- Döner diskler, 3-Sabit ve hareketli kelepçe, 4-Sıkma silindiri) (Erdoğan, 1989)

2.1.3. Kuvvetli hava akımlı-salınımlı pnömatik silkeleyiciler

Kuvvetli hava akımı ile bazı meyve ağaçlarının hasat edilmesi konusunda da çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemde oluşturulan kesintili hava akımı ağaca yönlendirilmekte, dalların yaylanması ve sürekli olarak yer değiştirilmesi sağlanmaktadır. Bir silkeleme hareketi oluşturulabilmesi için hava, periyodik bir biçimde kesintili olarak uygulanmaktadır. Bu şekilde oluşturulan silkeleme hareketi sayesinde meyveler uzaklaştırılabilmektedir. Oluşturulan hava akımının, salınım yayının alt ve üst noktaları arasında hareket eden plakalar yardımıyla düşey olarak ağaca süpürme hareketi şeklinde uygulandığı bir havalı silkeleyicinin çalışma prensibi Şekil 4'de verilmiştir. Hava başlangıçta dikdörtgen kesitli bir hava üreticiden, ağacın farklı kısımlarına periyodik olarak paralel salınımlı plakalar yardımıyla yönlendirilmektedir (Whitney ve Peterson, 1972). Oluşturulan hava akımı, dalların aşağı-yukarı hareket etmesini sağlamakta, dalların doğal frekansı 1–2 Hz ve pulsasyon frekansı da yine aynı değerler arasında sınırlandırılmaktadır. Bu yöntemde, çıkış hattı üzerinde 40–70 m/s'lik hava hızları kullanılmaktadır. Bu konuda çalışan araştırmacıların önemli bir bölümü, en uygun sonuçların 1 Hz frekansta elde edildiğini bildirmektedirler. Meyvelerin olgunlaşma durumuna göre, hasat yardımcısı kimyasalların kullanımıyla, silkeleme süreleri 10–40 saniye arasında değişmekte ve meyvelerin % 90–95'i düşürülebilmektedir (Sanders, 2005). Bu yöntemin kullanılması ile sürekli hasat olanağı, meyvelerin elle toplanması için sürekli meyve akışı ve mekanik silkeleyicilerin uygun olmadığı meyve ağaçlarında hasat olanağının sağlanması gibi yararlar elde edilebilmektedir. Pnömatik silkeleyicilerin olumsuz yönleri ise; yüksek güç gereksinimi, büyük sermaye gerektirmeleri ve yüksek düşürme yüzdeleri elde etmek için yardımcı kimyasalların kullanılmasına gereksinim duyulması olarak sıralanabilmektedir (Whitney ve Schultz, 1975).



Şekil 4. Paralel plakalar kullanılarak, salınımlı hava akımı oluşturan bir silkeleyicinin çalışma prensibi (Whitney ve Schultz, 1975)

2.1.4. Meyve, dal ve yapraklara tarama etkisi yapan düşey ve yatay düzlemde dönerek çalışan parmaklı batöre sahip silkeleyiciler

Bu silkeleyiciler, yatay düzleme dik ya da belirli bir açıda çalıştırılabilen, bir mil üzerine plastik ya da kauçuk parmakların uygun aralıklarla yerleştirilmesiyle oluşturulmuş makinelerdir. Düşey düzlemde dönerek, tarama etkisiyle birlikte titreşim uygulayarak dökülme prensibine göre çalışmaktadırlar (Şekil 5).



Şekil 5. Düşey düzlemde dönerek çalışan parmaklı batöre sahip silkeleyici

Yatay düzlemde dönerek çalışan silkeleyiciler, yatay düzleme paralel olarak bir mil üzerine plastik ya da kauçuk parmakların uygun aralıklarla dizilmesiyle oluşmaktadır. Yatay düzlemde dönerek, tarama etkisiyle birlikte titreşim uygulayarak dökülme prensibine göre çalışmaktadırlar. Yüksek yoğunluklu bahçeler için traktöre bindirilmiş, batör mili üzerinde altı takım plastik parmak bulunan bir çift parmak batöre sahip turunçgil hasat makinesi için, 1,4–3,2 km/h'lik ilerleme hızları ve 4–5 Hz frekans aralıklarında, olgun meyvelerin % 71 ile % 91'i düşürülebilmektedir (Peterson, 1998).

2.1.5. Mekanik çırpıcılar, pnömatik çırpıcılar, pnömatik kancalı sarsıcılar ve pnömatik taraklar

Mekanik çırpıcılar, meyveyi dönen bir kafa üzerindeki plastik parmaklar yardımıyla düşürmektedir. Pnömatik çırpıcılar ise, meyveleri sıriklama etkisiyle düşürebilen makinelerdir. Belirli aralıklarla sabitleştirilmiş parmaklar, makaslama işlemi yaparak ağacın içerisinde meyveli dallara vurarak, sıriklama etkisi yapmaktadır. Moto-kompresörden sağlanan hava basıncı pnömatik silindiri hareketlendirerek parmakların sıriklama işlemi yapmasını sağlamaktadır Pnömatik kancalı sarsıcılar, mekanik kancalı makineler gibi meyveyi sarsma ile düşüren makinelerdir (Caran, 1994). Ancak, bu makinelerde krank mekanizmasının yaptığı işlemi, pnömatik bir silindir yapmaktadır. Burada da sistem hareketini bir moto-kompresörden almaktadır. Pnömatik taraklar ise, tarama etkisi yaparak meyveleri düşürebilen makinelerdir. Bir tarak tarzında belirli aralıklarla sabitleştirilmiş parmakların aşağı yukarı

hareketi ile ağacın meyve taşıyan dalları taranarak meyve düşürülebilmektedir (Özarlan ve Saraçoğlu,

3. FARKLI HASAT YÖNTEMLERİNİN İŞ BAŞARILARI

Meyvelere ulaşamama ya da meyvenin uygun olmayan yerde olması, toplayıcılar için en büyük sorunlardandır. Meyve toplayıcıya göre; çok alçakta, yüksekte ya da dal ve yapraklar tarafından gizlenmiş olabilmektedir. Meyve hasadının rasyonelleştirilmesinde ilk çalışmaların amacı, işi basitleştirmek ve elle hasadı hızlandırmak olmuştur (Keçecioglu, 1975; Erdoğan ve ark., 1992). Bu amaçla merdivenler, sehpa, örtüler, tenteler, hasat platformları ve toplama araçları gibi yardımcı hasat araçları kullanılmış ve kullanılmaya da devam edilmektedir. Merdiven kurarak meyvelerin toplanması metodunda, zamanın büyük bir kısmı merdivenin bir ağaçtan bir ağaca taşınması ve kurulmasıyla, dolan sepet veya kovaların boşaltılmasına harcanmaktadır. Bu nedenle, toplama kapasitesinin artırılması sorunu üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yüksek boylu ağaçların hasadında önemli zaman kayıpları meydana geldiğinden, meyvelerin büyük bir kısmının yerden elle toplanabildiği bodur ağaçların yetiştirilmesi önem kazanmıştır. Daha sonraları meyvenin toplanması ve taşınması kolaylaştırmak amacıyla, sıra arasında hareket eden ve traktörle çekilir birden fazla katlı hasat arabaları, hidrolik ve kendi yürür meyve toplama platformları da büyük meyve bahçelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda ise, toplama düzenleri olarak katlanabilir tenteler, iki parçalı şemsiyeler ya da katlanır şemsiye gibi düzenler, silkeleyicilerle birlikte, traktöre asılır, çekilir veya kendi yürür makineler iş başarılarının artırılması amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 6). Bu şekilde yapılan meyve hasadında kablolu (halatlı) silkeleyici+katlanabilir toplama tentesi kullanılması

2000). Bu tür silkeleyicilere ilişkin teknik özellikler Çizelge 3'de verilmiştir.

durumunda ortalama mekanik hasat verimi 8 ağaç/h, gövde silkeleyici+iki parçalı şemsiye kullanılması durumunda ise 300 ağaç/h iş başarısı elde edilebilmektedir (Tuncer ve Özgüven, 1989).

Özellikle sofralık olarak tüketilecek meyve türlerinde elle hasat, oldukça yüksek insan işgücü gerektirmektedir. Örneğin; erik, ceviz, armut ve elmanın elle hasat edilmesindeki iş başarıları sırasıyla 0.66 ağaç/h, 0.22 ağaç/h, 1.04 ağaç/h ve 0.44 ağaç/h olmaktadır. Kiraz, kayısı ve benzeri sert çekirdekli meyvelerde normal bir ağaç, 8–10 saniye sürede silkeleyicilerle hasat edilebilmektedir. Bu tür meyvelerin hasadında kullanılan silkeleyicilerin iş başarıları; meyve ağaçlarının konumuna, boyutlarına ve meyve verimine göre değişmektedir. Genellikle bu tip meyvelerin hasadında kullanılan titreşim üniteli ve toplayıcı üniteli hasat makineleriyle iyi hasat organizasyonu yapıldığında iş başarıları % 98'e kadar yükselmektedir. Elma, armut, turunçgiller ve benzeri küçük çekirdekli meyvelerin silkeleyicilerle hasat edilmesinde silkeleyicilerin süresi; ağacın büyüklüğüne, meyvenin fiziksel özelliklerine ve ağacın meyve kapasitesine göre 3–5 saniye arasında değişmektedir (Ülger, 1978). Turunçgiller hasadında hasat yardımcısı kimyasal kullanılmadan atalet kuvvet tipli silkeleyiciyle 6.1–9.3 ağaç/h, hasat yardımcısı kimyasal kullanımıyla birlikte 40 ağaç/h ve hasat yardımcısı kimyasal kullanılmadan traktöre bindirilmiş dal silkeleyiciyle ise 12 ağaç/h iş başarıları sağlanmış ve % 90–95 düşürme yüzdelere ulaşılmıştır (Coppock, 1974; Sumner ve Hedden, 1982). Bazı meyve türlerinin hasat edilmeleri amacıyla kullanılan farklı yöntemlerin iş başarıları ise, Çizelge 4'de verilmiştir (Peterson ve ark., 1977; Timm ve ark., 1988; Tuncer ve Özgüven, 1989; Beyhan, 1996; Gezer, 1997; Yıldız, 2000; Anonim, 2002).

Çizelge 3. Mekanik ve pnömatik çırpıcılar ile pnömatik taraklar ve pnömatik kancalı sarsıcılara ilişkin bazı teknik özellikler

Silkeleyici tipi	Mil uzunluğu (mm)	Hasat çubuğu uzunluğu (mm) Hava borusu uzunluğu (mm)	Hasat çubuğu ağırlığı (kg)	Hava verdisi (lt/dk)	Çalışma basıncı (bar)
Mekanik çırpıcı	7000	2000	1.5	-	-
Pnömatik çırpıcı	-	1000–2000 15000	1.5–2.5	140–160	6–8
Pnömatik tarak	-	2000 15000	3.2	140–160	6–8
Pnömatik kancalı sarsıcı	-	2000 15000	3.6	140–160	8–10

Çizelge 4. Bazı meyve türlerinin hasat edilmelerinde kullanılan farklı silkeleyicilere ilişkin iş başarıları

Meyve türü	Elle iş başarısı (ağaç/h)	Makine iş başarısı (ağaç/h)	Silkeleyici tipi	Düşürülen meyve yüzdesi (%)
Şeftali	0.460	120	Gövde silkeleyici+iki taraflı tutma platformlu	90
Kiraz	1.162	60–120	Dal+gövde silkeleyici	98
Zeytin	4.424	15	Yardımcı kimyasal kullanılmadan dal silkeleyici	85
Elma	0.437	50–70	Gövde ve dal silkeleyici+iki taraflı tutma platformlu	85–90
Fındık *	1.438–1.960	5.13	El silkeleyici	83–86
Kayısı	0.15	10	El silkeleyici	99

*İş başarısı ocak/h olarak alınmıştır.



Şekil 6. Kendi yürür elma hasat makinesi (Janisiewicz ve Peterson, 2004)

4. SONUÇ

Silkeleyicilerle yapılan mekanik hasat, ürünün taze tüketim (sofralık) ya da fabrikasyon amaçlı olup olmadığı ile yakından ilgili olmaktadır. Bu nedenle, özellikle sofralık olarak piyasaya sürülecek yumuşak dokulu meyvelerin mekanik hasadında çok dikkatli davranılması gerekmektedir. Badem, ceviz, fındık ve diğer sert kabuklu meyvelerde silkeleme ile yere düşürülen meyvelerde herhangi bir zedelenme söz konusu olmamakla birlikte; elma, armut ve turunçgiller gibi yumuşak dokulu meyvelerde önemli hasarlar oluşabilmektedir. Özellikle, taze olarak (sofralık) tüketilecek yumuşak dokulu meyvelerin düşürülmesinde yüksek düşürme yüzdesinin yanında, oluşabilecek zedelenmelerin de en az düzeye indirilebilmesi için, en uygun silkeleyici tipinin seçilmesi yanında, bahçe tesis şekillerinin çok iyi bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Hasat sırasında hedeflenen, ağaç ya da dalın uygun frekans ve genlikte sarsılmasını, gelecek yılın ürün kapasitesini belirleyecek sürgünlerin korunmasını ve ağacın zarar görmemesini, ayrıca hasatta iş başarısının üst seviyede tutulmasını sağlamaktır.

Sonuç olarak, meyveler dünyanın farklı bölgelerinde, farklı yetiştirme sistemleriyle üretilebilmektedir. Mekanik meyve hasadının uygulanabilirliğini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu durum, meyvelerin hasat teknolojilerinde ve kullanılan makinelerde de farklılıklar meydana getirmektedir. Gerek taze tüketim ve gerekse fabrikasyon amacıyla uygulanacak makinalı hasada başlanmadan önce, bu faktörlere bağlı sorunların belirlenmesi başarılı bir sonuca ulaşmayı sağlamanın önemli bir ayağını oluşturacaktır. Belirlenen sorunlara göre, çözüm yollarının ortaya konularak, tarım tekniği yönünden en uygun yöntem ve makinelerin kullanımına karar verilmesi gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim, 2002. Tarım arazilerinin kamulaştırma bedellerinin takdirinde kullanılacak kapitalizasyon faiz oranları ve arazi net gelirlerinin tespitine ilişkin mühendislik hizmetleri araştırması. Eduser Eğitim ve Uzmanlık Hizmetleri Limited Şirketi Yayını, Ankara.
- Beyhan, M. A. 1996. Fındığın mekanik hasadında eksantrik tipli dal silkeleyicinin kullanılabilme olanağının belirlenmesi. OMÜ Ziraat Fakültesi, Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Semp., Bildiri Kitabı, 212–225, 10–11 Ocak, Samsun.
- Beyhan, M. A., Yıldız T. 1996. Fındık ve diğer sert kabuklu meyvelerde uygulanan mekanik hasat yöntemleri. OMÜ Zir. Fak., Fındık ve Diğer Sert Kabuklu Meyveler Semp., Bildiri Kitabı, 185–194, 10–11 Ocak, Samsun.
- Beyhan, N., Beyhan, M. A. 1998. Fındıkta hasat yardımcısı olarak ethrel ve eksantrik tipli dal silkeleyicisinin kullanılabilme olanağı. Ondokuz Mayıs Üniv. Zir. Fak. Dergisi, (13) 1, 15–32, Samsun.
- Caran, D. 1994. Zeytinde mekanik hasat olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Bornova-İzmir.
- Chesson, J. H. 1974. Parameters affecting selective shake harvest of citrus fruits. Transactions of the ASAE, 17 (6), 1085–1087.
- Coppock, G. E. 1967. Harvesting early and midseason citrus fruit with tree shaker harvest systems. Florida State Hort. Society, 98–104.
- Coppock, G. E. 1974. Development of a limb shaker for harvesting Florida citrus. Transactions of the ASAE, 262–265.
- Erdoğan, D. 1988. Ağaç Meyvelerinin makine ile hasadında uygulanan ilkeler. Tarım Makineleri Bilimi ve Tekniği Dergisi, (2), 19–23, Ankara.
- Erdoğan, D. 1989. Meyve hasat makineleri. Tarım Makineleri Bilimi ve Tekniği Dergisi, (3) 9–12, Ankara.
- Erdoğan, D. 1990. Meyvelerin makine ile hasadında önemli parametreler. Tarım Makineleri ve Bilimi Tekniği Dergisi, (2) 1:17–20, Ankara.
- Erdoğan, D., Dursun E., Güner, M. 1992. Bazı kayısı çeşitlerinde meyve kopma direncinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Zir. Fak. Yıllığı, 42 (1–4), 71–75.
- Garman, C. F., Diener, R. G., Stafford, J. R. 1972. Effect of shaker type and direction of shake on apple detachment. J. of Agric. Engineering Res., 17 (2), 195–205.
- Gezer, İ. 1997. Malatya yöresinde kayısı hasadında mekanizasyon imkânlarının araştırılması (Doktora Tezi), Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Konya.
- Janisiewicz W. J., Peterson D. L. 2004. Susceptibility of the stem sull area of mechanically harvested apples to blue mold decay and its control with a biocontrol agent. Plant Disease, (88) 6, 662–664.
- Keçecioglu, G. 1975. Atalet kuvvet tipli sarsıcı ile zeytin hasadı imkanları üzerinde bir araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.288, Bornova, İZMİR.
- Mamedov, R. M. 1992. Optimization of the working conditions of a machine for hazelnut harvesting. Hort. Abst., (62)1.
- Özarlan, C., Saraçoğlu, T. 2000. Zeytin hasat mekanizasyonunda gelişmeler. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 259–264, Erzurum.

- Parameswarakumar, M., Gupta, C., 1991. Design parameters for vibratory mango harvesting system. Transaction of the ASAE, (34) 1, 14–20.
- Peterson, D. L., Monroe, G. E. 1977. Continuously moving shake-catch harvester for tree crops. Transactions of the ASAE, 202–205.
- Peterson, D. L. 1998. Mechanical harvester for process oranges. American Society of Agricultural Engineers, Applied Engineering in Agriculture, 14 (5), 455–458.
- Pırlak, L. ve Güleriyüz, M. 2000. Meyvelerin mekanik yolla hasadı. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 253–258, 1–2 Haziran, Erzurum.
- Polat, R. 1999. Antep fıstığının mekanik hasat olanakları ve mekanizasyonuna yönelik özelliklerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Edirne.
- Sanders, K. F. 2005. Orange Harvesting Systems Review. Biosystems Engineering, 90 (2), 115–125.
- Sergio Castro, G., Blanco-Roldán, G. L., Gil-Ribes, J. A., Agüera-Vega, J. 2008. Dynamic analysis of olive trees in intensive orchards under forced vibration. Trees, 22, 795–802.
- Sumner, H. R., Hedden, S. L. 1982. Tractor-mounted limb shaker for harvesting citrus. Transactions of the ASAE, 288–290.
- Timm, E. J., Brown, G. K., Segerlind, L. J., Van Ee, G. R., 1988. Slip-belt and lubrication systems for trunk shakers. Transactions of the ASAE, 31 (1), 40–46.
- Tous, J., Girona, J., Tasiás, J. 1994. Cultural practice sand costs in hazelnut production. III. International Congress on Hazelnut, Acta Hort., 351, 395–418, September 14–18 Alba, Italy.
- Tuncer, İ.K. Özgüven, F. 1989. Bağ bahçe sebze ve endüstri kültürlerinde mekanizasyon uygulamaları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 115 (Prof. Dr. Ing. E. Moser'den çeviri), Adana.
- Ülger, P. 1978. Bazı meyve çeşitleri hasadının mekanizasyonunda son gelişmeler. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Dergisi, (9): 2-3, 81-92, Erzurum.
- Whitney, J. D., Patterson, J. B. 1972. Development of a citrus removal device using oscillating forced air. Transactions of the ASAE, 849–855.
- Whitney, J. D., Schultz, D.R. 1975. Analysis of air shaker principles to remove citrus fruit. Transactions of the ASAE, 18(6), 1061–1064.
- Yıldız, T. 2000. Traktörle çalıştırılabilir mekanik-yerden toplama üniteli bir fındık hasat makinesinin tasarımı. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Ankara.