

Patates İlaçlamasında Farklı Tip Püskürtme Memelerinin Damla Taşınma Etkinlikleri*

Bahadır SAYINCI¹ Saim BASTABAN¹

ÖZET: Bu çalışmada; standart yelpaze hüzmeli, konik hüzmeli, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerin (işletme basıncı 4 bar), döner diskli memenin (işletme basıncı 1.5 bar, disk devri 4500 min⁻¹) ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığının (işletme basıncı 1.5 bar, fan devri 3500 min⁻¹, hava hızı 20-25 m s⁻¹) damla taşınma etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Denemeler, beton zeminde ve tarla koşullarında patates bitkisinde yürütülmüştür. Beton zeminde yürütülen denemelerde uygulama hacmi (l ha⁻¹) ve yüzey kaplama oranı arasında pozitif yönde ve anlamlı bir korelasyon (Pearson korelasyon katsayısı r=0.689, p<0.000) bulunmuş ve yüzey kaplama oranı damla çapına (D_{V.50}) göre çok önemli düzeyde değişmiştir. Beton zeminde yürütülen denemelerde, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerle uygulanan sıvı hacminin taşınma etkinliği %80-%99.5 aralığında değişmiştir. Bu oranlar, standart yelpaze hüzmeli ve konik hüzmeli memelerde %66-%78, döner diskli memede %44-%51, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında %63-%64 aralığında belirlenmiştir. Patates bitkisinin üst bölgesinde yaprak üstüne ulaşan damlaların taşınma etkinliği, en yüksek hava emişli (%50) ve çift akışlı (%48) hidrolik memelerde bulunmuştur. Yardımcı hava akımlı püskürtme başlığının taşınma etkinliği (%23), diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Üst bölgede damlaların yaprak altına taşınma etkinliği, en yüksek yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında (%14) bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Püskürtme memeleri, Damla taşınma etkinliği, Damla çapı, Patates

Drop Transportation Efficiency of Different Types of Spray Nozzles into Potato Canopies

ABSTRACT: In this study, drop transportation efficiency of standard flat fan, hollow cone, air induction and twin jet hydraulic nozzles (4 bar operational pressure), and spinning disc nozzle (1.5 bar operational pressure, 4500 min⁻¹ disc speed) and air-assisted spray head (1.5 bar operational pressure, 3500 min⁻¹ fan speed, 20-25 m s⁻¹ air speed) were compared. Trials were conducted on concrete floor and in the field conditions on potato canopies. In the trials conducted on concrete floor, positive and a significant correlation (Pearson correlation coefficient r=0.689, p<0.000) was found between application rate (l ha⁻¹) and spray coverage (%) and, spray coverage varied very significantly according to droplet diameter (D_{V.50}). In the trials conducted on concrete floor, transportation efficiency of applied liquid volume with air induction and twin jet hydraulic nozzles were changed between 80% and 99.5%. These ratios were determined between 66% and 78% for flat fan and hollow cone nozzles, 44% and 51% for spinning disc nozzle, 63% and 64% for air assisted spray head. At the top of potato plant, the highest transportation efficiency of drops reaching the upper side of the leaves were determined with air induction (50%) and twin jet (%48) hydraulic nozzles. Air-assisted spray head had the lowest transportation efficiency (23%) than other spray nozzles. At the top of the plant, the highest transportation efficiency under side of the leaves was found at air assisted spray head (14%).

Keywords: Spray nozzles, Drop transportation efficiency, Drop diameter, Potato

* Bu araştırma Doktora tezinden hazırlanmış olup, Atatürk Üniversitesi Araştırma Fonu (BAP 2006/20 ve BAP 2007/15) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK 107 O 262) tarafından desteklenmiştir.

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Erzurum.

Sorumlu yazar/Corresponding author: Bahadır SAYINCI, bsayinci@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), endüstride ham madde olarak kullanılması ve dış satım potansiyeline sahip olması nedeniyle önemli bir endüstri bitkisidir (Kara et al., 2005). Patatesin 2009 yılı verilerine göre Türkiye'deki ekiliş alanı 143 bin hektar, üretimi 4.4 milyon ton ve verimi ise 30.8 ton ha⁻¹'dir. Türkiye, bugün dünyada patates üretim alanında 21. üretim miktarında 14. ve ürün veriminde 20. sırada yer almaktadır (FAO, 2009). Türkiye'nin Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nde patates üreticilerinin yaklaşık %85'inin hastalık ve zararlılarla mücadelede pestisit kullandıkları ve en önemli zararlı etmeninin ise patates böceği olduğu belirtilmiştir. Bu bölgedeki üreticilerin yaklaşık %97'sinin patates böceğiyle mücadele ettiği saptanmıştır (Kara et al., 2006).

Türkiye'de kültür bitkilerine zarar veren etmenlerin mücadelesinde çoğunlukla konvansiyonel tarla pülverizatörleri kullanılmaktadır. Yüzeysel püskürtme yapan bu pülverizatörlerde, yaygın olarak içi boş konik hüzmeli ve yelpaze hüzmeli standart hidrolik memeler kullanılmaktadır (Aksoy ve Bayat, 1996; Dursun et al., 2005). Standart yelpaze hüzmeli memeler herbisit uygulamaları için elverişli olup insektisit ve fungusit uygulamalarında da kullanılmaktadır (Zhu et al. 2004). Konik hüzmeli hidrolik memeler ise, hedef yüzeyde yüksek oranda kaplama sağlamak için tasarlanmıştır (Srivastava et al., 1993). Zhu et al. (2004), konik hüzmeli memeye ekimden 104 gün sonra yapılan yerfıstığı ilaçlamasında bitkinin alt bölgesine ulaşan ilaç miktarının standart yelpaze hüzmeli memeye göre 1.7 kat daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Standart tip hidrolik memelerde sürüklenmeye duyarlı olan damlaların (100 µm<) oranı, ön orifis odalı ya da hava emişli hidrolik memelere nazaran daha yüksektir (Soysal ve Bayat, 2006). İlaçlamada küçük çaplı damlalar yaprakların alt yüzeylerine ve bitkinin toprağa yakın olan yapraklarına yeterince penetre olamadığından (Zeren ve Bayat, 1995), en uygun koşullarda bile aktif maddenin ancak %25'inin hedefe ulaşabildiği, %75'lik kısmının ise rüzgarla tarla dışına veya tarla yüzeyine taşındığı belirtilmektedir (Law, 1982). Nitekim Zhu et al. (2002) tarafından yürütülen bir araştırmada, orifis ölçüsü 8003 olan standart yelpaze hüzmeli memeye yerfıstığı bitkisinin üst bölgesine taşınan ilaç miktarının orta bölgeye göre 10.5 kat, alt bölgeye göre 62 kat daha fazla olduğu saptanmıştır.

Sürüklenmeyi azaltmak için temelde iki farklı yöntemden yararlanılmaktadır. Birincisi, ince yapıları damlaların sürüklenmesini azaltan ekipmanları kullanmak,

ikincisi de pülverizasyondaki damla boyut dağılımını değiştirmektir (Jensen et al., 2001). Pülverizasyonda 100 µm'den küçük çaplı damlaların oranını azaltmak için düşük sürüklenme önleyici yeni nesil hidrolik memeler geliştirilmiştir. Ön orifis odasına sahip bu tip memelerde, sıvının giriş basıncı azalarak daha büyük çaplı damlaların oluşması sağlanmaktadır. Bu tip hidrolik memelerle üretilen damlaların orifisi terk etme hızı, aynı pülverizasyon karakteristiğine sahip standart tip hidrolik memelere göre daha düşüktür. Nuyttens et al. (2007) tarafından yürütülen bir araştırmada, düşük sürüklenme önleyici (Albus ADI 11002, 3.0 bar, 0.8 l min⁻¹, D_{v,50}=342 µm) ve standart yelpaze hüzmeli memelerle (Hardi ISO F10 06, 3.0 bar, 2.4 l min⁻¹, D_{v,50}=345 µm) üretilen damlaların çıkış hızları sırasıyla 2.7 m s⁻¹ ve 6.6 m s⁻¹ olarak belirlenmiştir.

İlaç kayıplarını azaltmak için tasarlanan hava emişli hidrolik memelerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Womac et al., 2001). Bu tip memeler iki ayrı orifis odasına sahiptir. Bunlardan biri sıvı akış kontrolünü, daha büyük olan diğeri sıvı dağılım deseninin oluşmasını sağlamaktadır. Her iki orifis arasında bir venturi bölgesi bulunmakta ve meme gövdesine hava emilmektedir. Bu bölgede hava ve sıvı karışarak sıvı hüzmesi içinde hava balonları oluşmakta ve daha düşük bir basınçla çıkış orifisine yönlendirilmektedir (Bayat ve Bozdoğan, 2003). Yerfıstığı ilaçlamasına yönelik yürütülen bir araştırmada, hava emişli hidrolik memeye bitkinin alt bölgelerine ulaşan ilaç miktarının standart yelpaze hüzmeli memeye göre 2.6 kat arttığı saptanmıştır (Zhu et al., 2004).

İlaçlama sırasında damla spektrumunun geniş olması, pülverizasyonda çok büyük ve küçük çaplı damlaların oluştuğunu göstermekte ve hedef yüzeyde üniform olmayan bir kaplamanın oluşmasına neden olabilmektedir. Damla spektrumları yönüyle karşılaştırıldığında döner diskli memeler, hidrolik memelere göre daha üniform ölçülerde damlalar üretebilmektedir. Tasarım özelliğinden dolayı döner diskli memelerde sadece disk devri ve meme debisini değiştirerek zararlı etmenlere göre istenen damla boyutu sağlanabilmektedir. Örneğin, döner diskli bir memede (Micromax, Micron, UK) 5000 min⁻¹ hızda ve 0.144 l min⁻¹ debide üretilen damlaların boyutu 80-90 µm; 3500 min⁻¹ hızda ve 0.288 l min⁻¹ debide üretilen damlaların boyutu 130-140 µm olarak belirtilmiştir (Holland et al., 1997). Döner diskli memeler kontrollü çaplarda damlalar üretirken penetrasyonu arttırmak, sürüklenmeyi azaltmak ve hedef yüzeyde daha homojen kaplama sağlamak için meme üzerine ek olarak fan ilave edilmiştir. Piché et al. (2000), yardımcı hava akımlı püskürtme memelerinin optimum

koşullarda sürüklenmeyi %50-90 arasında azalttığını belirtmektedir. Optimum hava hızının belirlenmesine yönelik yürütülen araştırmalarda, döner diskli memeler için 25 m s^{-1} (Bayat and Bozdoğan, 2005), tamamıyla yaprak altı ilaçlamasına yönelik kullanılan hidrolik memelerde 35 m s^{-1} (Panneton et al., 2000) olarak belirlenmiştir.

Tarımsal ilaç uygulamalarında pülverizasyon sonucu oluşan damlaların küçük çaplı olması, yüzey kaplama oranını arttırdığından biyolojik etkinliğin de artmasını sağlayabilir. Ancak bu tip memelerde sürüklenme nedeniyle oluşan ilaç kayıplarının artması, daha fazla pestisit kullanımını gerektirebilir. Orta ve kaba yapılı damlalar üreten hidrolik memelerde ise, ilaç kayıplarının standart memelere göre daha düşük olması beklenir. Diğer taraftan bu tip memelerin yüzey kaplama oranı standart hidrolik memelere göre daha düşük olduğundan etkili bir ilaçlamanın gereksinimlerini de karşılayabilmelidirler. Bu çalışmada orifis ölçüleri benzer dört farklı hidrolik meme tipi, düşük hacim uygulamalı döner diskli meme ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı olmak üzere altı farklı püskürtme memesi kullanılmış ve bunların sabit ilerleme hızı ve sabit işletme basıncı koşullarında olumlu ve olumsuz yönleri bir arada değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, patates ilaçlamasında kullanılan farklı tip püskürtme memelerinin damla taşınma etkinliklerini karşılaştırmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Püskürtme Memeleri

Bu çalışmada, standart yelpaze hüzmeli hidrolik meme (FF11002, Tecsi SRL, Treviglio (BG), IT), içi boş konik hüzmeli hidrolik meme (DC2-25, Tim Ø1.0 Timsan Ltd., İst., TR), hava emişli hidrolik meme (Agrotop AI11002 GmbH, Obertraubling, DEU), hava emişli çift akışlı hidrolik meme (AVI11002, Albus AVI TWIN, Ceramiques Techniques Desmarguest, Exreux, FRA,) döner diskli meme (CDA, Micromax®, Micron Sprayer Ltd., Bromyard, UK) ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı (PA, Proptec™ Rotary Atomizer, Ledebuhr Industries, Inc., MI, US) olmak üzere altı farklı meme tipi kullanılmıştır.

Hidrolik memelerle yürütülen denemelerde memeler arası mesafe 50 cm, püskürtme yüksekliği 50 cm ve işletme basıncı 4 bar'dır. Sabit işletme basıncında yelpaze hüzmeli, konik hüzmeli, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerin debileri sırasıyla 0.83, 0.87, 0.90 ve 0.90 l min^{-1} 'dir.

Döner diskli memeye yürütülen denemelerde, memeler arası mesafe 110 cm, püskürtme yüksekliği 30

cm ve işletme basıncı 1.5 bar'dır. Sabit işletme basıncında meme debisi 0.66 l min^{-1} 'dir. Memelerin konum açısı 30° (Bode et al., 1983) olup, traktörün ilerleme yönüne zıt istikamette monte edilmiştir. Diskler, 12 V'luk DC motorla tahrik edilmektedir. Disk hızı, kayış kasnak mekanizmasıyla ayarlanabilmektedir (Micron, 2008). Diskin dönme hızı, 4500 min^{-1} olarak belirlenmiştir.

Yardımcı hava akımlı püskürtme başlığıyla yürütülen denemelerde, başlıklar arası mesafe 140 cm, püskürtme yüksekliği 70 cm ve işletme basıncı 1.5 bar'dır. Sabit işletme basıncında meme debisi 1.32 l min^{-1} 'dir. Başlığın konum açısı 45° olup, traktörün ilerleme yönüne doğru monte edilmiştir. Püskürtme başlıkları, 152 mm çapında disk şeklindedir. Döner diskin çevresinde 12 meshlik kafes bulunmaktadır. Hava akımı, döner kafesin miline bağlı 5 kanatlı bir fan ile sağlanmakta ve 30 km h^{-1} hava hızında $300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ debide hava üretmektedir. Fanın optimum çalışma devri, $1500-5000 \text{ min}^{-1}$ aralığındadır. Fanın ve döner kafesin bağlı olduğu mil, hidrolik motor ile döndürülmektedir. Traktör hidroliğinden tahrik edilen hidrolik motorun maksimum güç gereksinimi 4.5 kW, basınç gereksinimi 166 bar'dır. Hidrolik akışkanın debisi ise optimum 15 l min^{-1} 'dir (Ledebuhr, 2008). Laboratuvar ortamında yapılan ölçümlerde, diskin dönme hızı 3500 min^{-1} , hava hızı $20-25 \text{ km h}^{-1}$ aralığında belirlenmiştir.

Deneme Traktörü ve Pülverizatör

Araştırmada, 49.4 kW (2100 min^{-1}) gücünde standart tarım traktörü (Ford 5000S) kullanılmıştır. Traktörün hızı, hız radarıyla (DJRVS II model, DICKEY-John Corp., Auburn, IL) kontrol edilmiştir. Denemeler, $5.5-6.2 \text{ km h}^{-1}$ ilerleme hızı aralığında yürütülmüştür.

Denemelerde, iş genişliği 12 m olan 600 litre depo kapasiteli, volümetrik basınç kontrol ünitesi (Arag®, Rubiera, IT), traktöre asılır tip tarla pülverizatörü (Tara A.Ş., İstanbul, TR) kullanılmıştır.

Püskürtme Sıvısı

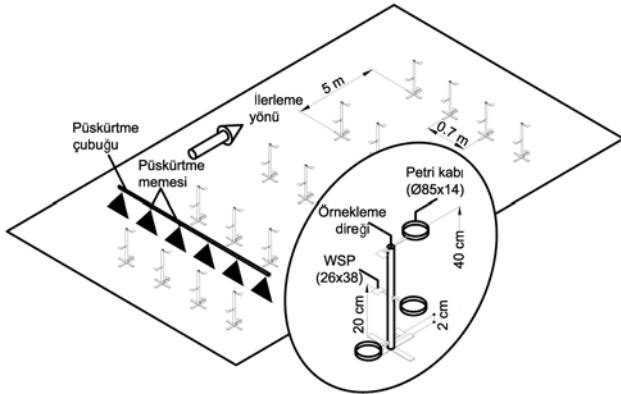
Püskürtme sıvısına "Brilliant Blue (FD&C Blue No. 1, AJANTA Food Colours Chemical Ind., IN)" adıyla anılan toz formunda mavi renkli sentetik gıda boyası karıştırılmıştır. Karışımın konsantrasyonu, püskürtme memelerinin uygulama hacimlerine göre belirlenmiştir. Depodaki karışımın konsantrasyonunu doğrulamak amacıyla da her uygulama sonunda meme ucundan örnek alınmıştır.

Kantitatif ölçümlerde T60U Model UV/VIS spektrofotometresi (PG Instruments Ltd., UK) kullanılmıştır. Absorbans okumaları 629 nm dalga boyunda yapılmıştır. Konsantrasyon ve absorbans arasındaki ilişkiyi belirlemek için 1000 ppm 'lik stok çözeltilen bir dizi

standart seri hazırlanmış ve her birinin absorbanı ölçülerek aralarındaki ilişki doğrusal regresyon eşitliğiyle belirlenmiştir.

Örnekleme Direklerinde Yürütülen Denemeler

Püskürtme memelerinin bazı pülverizasyon karakteristiklerini belirlemek için beton zeminde (10×150 m) denemeler yürütülmüştür. Püskürtme bölgesine 40 cm uzunluğunda 20 adet örnekleme direği (su borusu, 1/2") konulmuştur. Direkler, 0.70×5.0 m (sıra arası×sıra üzeri) mesafelerde 4×5 matris formunda yerleştirilmiştir. Direklerin üst, orta ve alt bölgelerine monte edilen sac çubuklara bir klipsle suya duyarlı kart (WSP, 26×38 mm, Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH) ve petri kabı (Ø85×14 mm, Isolab, Laborgeräte GmbH, DEU) tutturulmuştur. Yükseklik boyunca yerleştirilen her iki örnekleme materyali, düşey ekseninde farklı yönere tutturularak damlaların tüm yüzeylere ulaşması sağlanmıştır (Şekil 1). Beton zeminde yürütülen denemeler, üç tekerrürlü yürütülmüştür.



Şekil 1. Örnekleme direklerine yerleştirilen petri kabı ve suya duyarlı kart örnekleri

İlaç Damlalarının Taşınma Etkinliğinin Belirlenmesi

Uygulamadan sonra örnekleme direklerinin üst, orta ve alt bölgelerine yerleştirilen petri kabı örnekleri sınıflandırılarak toplanmıştır. Petri kabına ulaşan maddenin yıkamak için her birine 25 ml saf su konulmuş ve 5-10 s süreyle karıştırılmıştır. Cam tüplere aktarılan çözeltilerin konsantrasyonu ($\mu\text{g ml}^{-1}$) spektrofotometrede belirlenmiştir. Birim alana ulaşan sıvı hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$) (1) numaralı eşitlikle hesaplanmıştır (Zhu et al., 2002). Hedefe ulaşan damlaların taşınma etkinliğinin hesaplanmasında (2) numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$M = [(C \times P) / S] / A_y \quad (1)$$

$$TE = (M / N) \times 100 \quad (2)$$

M : birim alana ulaşan sıvı hacmi, $\mu\text{l cm}^{-2}$

C : örneğin konsantrasyonu, $\mu\text{g ml}^{-1}$

P : hedef yüzeyde tutunan maddeyi yıkamak için kullanılan çözücü miktarı, ml

S : püskürtülen sıvının konsantrasyonu, $\mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$

A_y : örnekleme yüzeyinin alanı, cm^2

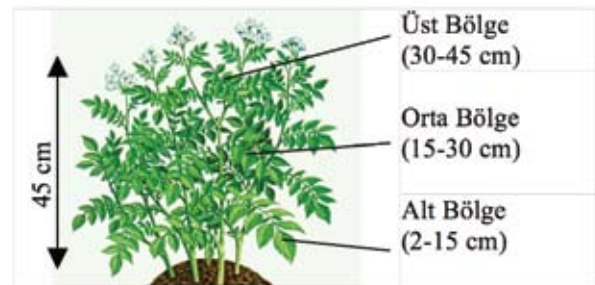
TE : püskürtülen damlaların hedefe taşınma etkinliği, %

N : uygulama hacmi, $\mu\text{l cm}^{-2}$

Tarla Denemeleri ve Örnekleme Yöntemi

Tarla denemeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat İşletme Müdürlüğü'ne (Erzurum) ait deneme alanlarında yürütülmüştür. Deneme, 24 dekarlık bir alanda, şansa bağlı bloklar deneme planına göre kurulmuştur. Araştırma, 3 blokta yürütülmüş ve her birinde 49 m²'lik (4.2×11.6 m) 6 adet deneme parseli yer almıştır. Deneme parsellerinin tümü güney-kuzey istikametinde kurulmuş ve parsel aralarında 20 m'lik mesafeler bırakılmıştır. Araştırmada, "marfona" çeşit patates tohumluğu kullanılmıştır. Patates dikimi, 18.05.2007 tarihinde karık usulü yapılmıştır (Kara et al., 2005). Yumrular, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 40 cm olmak üzere 6 sıralı dikilmiştir. Gübreleme işlemi elle serpmeye usulü, boğaz doldurma işlemi boğaz doldurma aletiyle, yabancı ot mücadelesi çapalamayla ve sulama işlemleri karık sulama yöntemiyle yapılmıştır.

Tarla denemeleri, dikimden 75 gün sonra başlamış ve örnekleme işlemi 10 günde tamamlanmıştır. Bu dönemde bitki yüksekliği ortalama 46 cm, kanopi genişliği ortalama 60 cm'dir. Uygulamalardan önce her bir deneme parselinin ortasındaki 3 sıradan şansa bağlı 4 bitki seçilmiştir. Bitkilerin üst, orta ve alt bölgelerinden seçilen 4 yaprağın üst ve alt yüzeylerine suya duyarlı kart (26×38 cm) zımbalanmıştır. Patates bitkisinde örnekleme bölgeleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Püskürtmeden sonra yerinden çıkarılan kartlar, plastik kılıflara konulmuştur.



Şekil 2. Patates bitkisinde örnekleme bölgeleri

Meteorolojik veriler, kablosuz hava istasyonu (Davis Vantage Pro2TM Plus 06162EU, Davis Instruments, CA) ölçülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme ortamlarına ait bazı meteorolojik veriler

	Beton zeminde yürütülen denemeler		Tarla denemeleri	
	Ort.	Min-maks	Ort.	Min-maks
Sıcaklık (°C)	24	20-29	28	25-33
Nispi nem (%)	26	13-44	32	15-45
Rüzgar hızı (m s ⁻¹)	0.8	0.0-3.6	2.9	0.0-5.8
Hakim rüzgar yönü*	BGB		DKD	

*: BGB: batı-güneybatı, DKD: doğu-kuzeydoğu

Suya Duyarlı Kart Örneklerinin Analizi

Beton zeminde ve tarlada yapılan uygulamalardan sonra toplanan kart örnekleri, bir tarayıcıyla (HP Scanjet 4850, Hewlett-Packard Development Company, L.P.) 600 dpi (600 pixels/25.4 mm) çözünürlükte taranmıştır (Marçal and Cunha, 2008). Her bir kart görüntüsüne sabit değerde eşik uygulanarak ikinci bir görüntü oluşturulmuş ve kart yüzeyindeki lekelerin çapı ve yüzey kaplama oranı UTHSCSA Image Tool 3.0 (The University of Texas Health Science, TX) görüntü işleme programıyla belirlenmiştir (Zhu et al., 2008).

Pülverizasyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Kart yüzeyindeki siyah pikseli lekelerin çapı "pixel" birimiyle ölçülmüş, yüzey kaplama oranı yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Püskürtme memelerinin damla karakteristiklerini belirlemek için her bir kart görüntüsünde üst üste binmiş ve birbiriyle yakın komşuluğu bulunan lekeler GIMP 2.4 (Image Manipulation Software) programıyla seçilerek elimine edilmiştir. Karakteristik damla çaplarını hesaplamak için Microsoft Excel'de makro program yazılmıştır. Bu programda öncelikle "pixel" birimiyle ölçülen leke çapları, görüntünün tarama çözünürlüğü (42.3 µm pixel⁻¹) esas alınarak "µm" birimine dönüştürülmüştür (Uremis et al., 2004). Leke çapını (Ds), gerçek damla çapına (Dg) dönüştürmek için $Dg=1.033 \times D_s^{0.879}$ eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitlik, üretici firmanın katalogundaki tablo değerleri kullanılarak belirlenmiştir (Syngenta, 2002). Damla karakteristikleri, Srivastava et al. (1993) tarafından belirtilen yöntemle göre hesaplanmıştır. Analizler 20 adet çap sınıfı aralığında yapılmıştır. Bu programda toplam damla hacmini oluşturan damlaların %10 ve %90'ını ($D_{V,10}$ ve $D_{V,90}$) oluşturan çap değerleri, hacimsel ortanca çap ($D_{V,50}$) değeri, 100 ve 200 µm'den küçük çaplı damlaların hacimsel (V_{100} ve V_{200}) dağılım oranları (%) ve damla homojenlik katsayısı [$r=(D_{V,90}-D_{V,10})/D_{V,50}$] hesaplanmıştır.

Uygulama Hacminin Kalibrasyonu

Pülverizasyon sonucu oluşan damlaların yüzey kaplama oranı, uygulama hacmine göre değişmektedir. Aynı işletme parametrelerinde olsalar bile püskürtme memelerinin damla spektrumları arasındaki farklılıklar da yüzey kaplama oranını önemli ölçüde değiştirebilmektedir (Soysal ve Bayat, 2006). Bunun yanı sıra, normal koşullarda suya duyarlı kartlarla 50 µm'den küçük çaplı damlaların buharlaşmadan dolayı kayıtlı edilemediği bildirilmiş ve bu nedenle yüzey kaplamanın da azaldığı belirtilmiştir (Coates and Palumbo, 1997).

Bu çalışmada kullanılan püskürtme memeleri, sa-bit işletme koşullarında farklı debi sağladıklarından bir dizi kalibrasyon yapılmıştır. Bu ölçümlerde, püskürtme memelerinin uygulama hacimleri ve hacimsel ortanca çap değerleri ile örnekleme direklerinin üst, orta ve alt bölgelerinden ölçülen maksimum yüzey kaplama değerleri arasındaki ilişki regresyon analiziyle test edilmiştir. Uygulama hacmi (UH, l ha⁻¹) ve hacimsel ortanca çapa ($D_{V,50}$, µm) bağlı olarak hesaplanan maksimum yüzey kaplama oranı (Mak. YKO, %) eşitliği, (3) nolu doğrusal regresyon eşitliğiyle açıklanmıştır.

$$\text{Mak. YKO (\%)} = (\text{UH, l ha}^{-1})x + (D_{V,50}, \mu\text{m})x + c \quad (3)$$

Tarla koşullarında bitki yapraklarından ölçülen yüzey kaplama oranı değerleri (%), (4) nolu eşitlikte yerine yazılarak (Coates and Palumbo, 1997) püskürtme memeleriyle üretilen damlaların taşınma etkinlikleri (TE, %) belirlenmiştir.

$$\text{TE, \%} = \frac{\text{Bitki yapraklarından ölçülen YKO, \%}}{\text{Maksimum YKO, \%}} \cdot 100 \quad (4)$$

Veri Analizi

Varyans analizinden önce püskürtme memelerinin her tekerrürü için box-plot grafikleri çizilmiş ve uç değer analizi yapılmıştır (Kalaycı, 2006). Bu analiz sonucunda, aşırı ve çok aşırı olarak belirlenen uç değerler veri setinden çıkarılmıştır. Varyans homojenliğini sağlamak için tüm verilere logaritmik transformasyon [$\log(x+1)$] uygulanmıştır. Tarla koşullarında yürütülen denemelerden elde edilen veriler, şansa bağlı bloklar deneme planına göre tekrarlı ölçüm düzeninde varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistik modelde blok ve püskürtme memeleri grupları arası ana faktör, bitki bölgesi (üst, orta ve alt) ve yaprak yüzeyi (yaprak üstü ve yaprak altı) değişkenleri, grup içindeki alt grupları temsil eden değişkenler olarak alınmıştır. Önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar 0.05 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle (Duncan's Multiple Range)

belirlenmiştir. İstatistik analizler, SPSS (SPSSX, 2004) paket programıyla yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Püskürtme Memelerinin Bazı Pülverizasyon Karakteristikleri

Beton zeminde yürütülen denemelerde püskürtme memelerinin bazı pülverizasyon özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Damlaların hedefe taşınma etkinliği en yüksek hava emişli (%91-%100) ve çift akışlı (%80-%96) hidrolik memelerle sağlanmış ve yüzey kaplama oranı %28-%32 aralığında değişmiştir. Konik hüzmeli (%70-%78) ve yelpaze hüzmeli (%66-%71) hidrolik memelerin taşınma etkinliği, hava emişli hidrolik memelerden daha düşük olmasına karşın yüzey kaplama oranına ait ortalamalar %30-%33 aralığında değişmiştir. Damlaların hedefe taşınma etkinliği en düşük, döner diskli memede (%44-%51) ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında (%63-%64) bulunmuş ve yüzey kaplama oranları sırasıyla %8.8-%9.1 ve %14-%18 aralığında belirlenmiştir.

Püskürtme memelerinin uygulama hacimleri ve bazı pülverizasyon özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 3’te verilmiştir. Bu çalışmada, uygulama hacmi arttıkça birim alana ulaşan sıvı hacmi ($r=0.817$, $p<0.000$) ve yüzey kaplama oranı ($r=0.689$, $p<0.000$) doğrusal olarak artmıştır. Hedefe ulaşan sıvı hacmi ve yüzey kaplama oranı arasında pozitif yönlü

ve anlamlı bir ilişkinin olduğu saptanmıştır ($r=0.625$, $p<0.000$).

Püskürtme memelerinin bazı damla karakteristikleri Çizelge 4’te verilmiştir. Hacimsel ortanca çaplara göre standart yelpaze hüzmeli (234 μm), konik hüzmeli (226 μm), döner diskli (224 μm) ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığıyla (210 μm) ince yapılı, hava emişli (365 μm) ve çift akışlı (355 μm) hidrolik memelerle kaba yapılı damlalar hedefe taşınmıştır. Hacimsel dağılımda ince yapılı damlalar üreten püskürtme memelerinde 100 μm ve 200 μm ’den küçük çaplı damlaların hedefe taşınma oranı sırasıyla %2-%8 ve %35-%43 aralığında; kaba yapılı damlalar üreten hidrolik memelerde sırasıyla %1.6-%1.7 ve %11.7-%12.3 aralığında bulunmuştur. Homojenlik katsayısı, ince ve kaba yapılı damlalar üreten memelerde sırasıyla 0.80-0.94 ve 1.03-1.08 aralığında belirlenmiştir.

Püskürtme memeleriyle 100-250 μm çap aralığında hedefe taşınan damlaların hacimsel dağılım oranı Şekil 3’te gösterilmiştir. Standart yelpaze hüzmeli, konik hüzmeli ve döner diskli memelerde hedefe taşınan 250 μm ’den küçük çaplı damlaların hacimsel dağılım oranı %57-%64 aralığında, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında %74 ve kaba yapılı damlalar üreten püskürtme memelerinde %22.2-%22.6 aralığında değişmiştir. Şekil 4’te ise ince yapılı damlalar üreten püskürtme memelerinin damla spektrumunun, kaba yapılı damlalar üreten püskürtme memelerine göre daha dar olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Beton zeminde yürütülen denemelerde püskürtme memelerinin pülverizasyon özellikleri

Püskürtme memeleri*	Tekerrür	Uygulama hacmi (l ha ⁻¹)	Yüzey kaplama oranı (%)	Hedefe ulaşan sıvı hacmi ($\mu\text{l cm}^{-2}$)	Damlaların taşınma etkinliği (%)
FF11002	1	167	32.0	1.093	65.5
	2	164	33.0	1.161	70.8
	3	173	29.9	1.173	67.8
DC2-25	1	169	33.2	1.312	77.6
	2	174	31.9	1.355	77.8
	3	172	31.1	1.197	69.6
A111002	1	183	31.5	1.821	99.5
	2	180	26.4	1.670	92.8
	3	186	28.4	1.684	90.5
AV111002	1	178	30.1	1.705	95.8
	2	181	27.4	1.583	87.5
	3	178	28.4	1.423	80.0
CDA	1	59	9.1	0.260	44.0
	2	59	8.8	0.265	45.0
	3	58	9.0	0.297	51.1
PA	1	96	18.4	0.614	64.0
	2	99	14.1	0.621	62.7
	3	98	17.2	0.612	62.5

* FF11002: standart yelpaze hüzmeli hidrolik meme, DC2-25: içi boş hüzmeli hidrolik meme, A111002: hava emişli hidrolik meme, AV111002: hava emişli çift akışlı hidrolik meme CDA: döner diskli meme, PA: yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı

Çizelge 3. Beton zeminde yürütülen denemelerde püskürtme memelerinin bazı işletme ve pülverizasyon özellikleri arasındaki korelasyonu

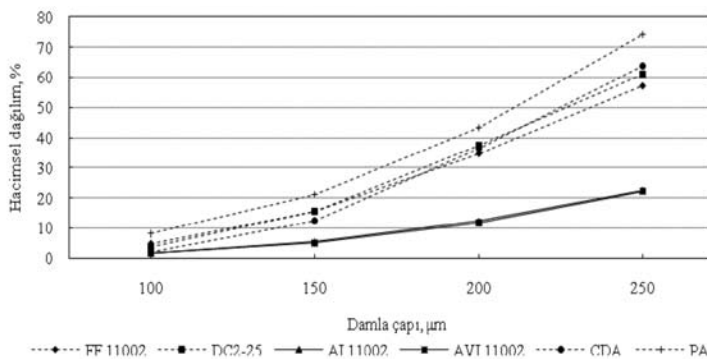
	Pearson korelasyon katsayısı (r)		
	Uygulama hacmi (l ha ⁻¹)	Hedefe ulaşan sıvı hacmi (µl cm ⁻²)	Yüzey kaplama oranı (%)
Uygulama hacmi (l ha ⁻¹)	1 (n=1080)	0.817 0.000** (n=1046)	0.689 0.000** (n=1054)
Hedefe ulaşan sıvı hacmi (µl cm ⁻²)		1 (n=1046)	0.625 0.000** (n=1023)

** p<0.01 düzeyinde istatistiksel açıdan çok önemli ; n: örnek sayısı

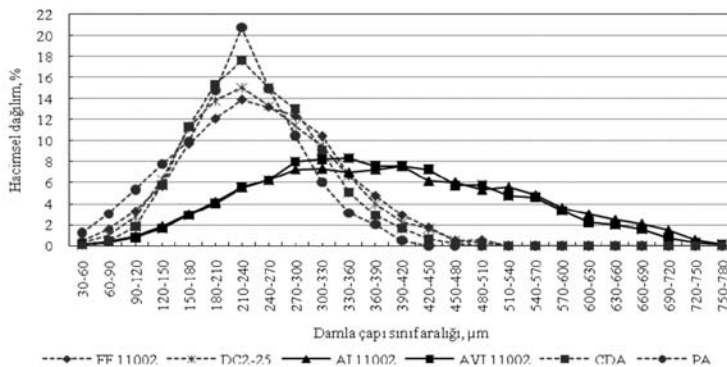
Çizelge 4. Püskürtme memelerin bazı damla karakteristikleri (Ort±SH)

Püskürtme memeleri	Meme debisi (l min ⁻¹)	V ₁₀₀ (%)	V ₂₀₀ (%)	D _{V0.1} (µm)	D _{V0.50} (µm)	D _{V0.90} (µm)	r	D.Ç.K.*
FF11002	0.83	4.9±1.1	34.8±4.3	129±8.7	234±15.2	350±30.6	0.94±0.07	F
DC2-25	0.87	3.6±0.8	37.3±5.7	133±9.0	226±13.1	341±23.5	0.92±0.07	F
AI11002	0.90	1.7±0.3	12.3±1.6	185±8.1	365±12.9	580±23.4	1.08±0.06	C
AVI 11002	0.90	1.6±0.4	11.7±2.5	189±13.6	355±17.5	554±19.3	1.03±0.11	M/C
CDA	0.66	2.0±0.7	36.5±4.6	142±8.0	224±9.6	322±19.6	0.80±0.06	F
PA	1.32	8.1±3.4	43.4±9.4	108±17.2	210±15.5	297±16.9	0.90±0.09	F

* Damla çapı kategorisi: Nuyttens *et al.* (2007)'ün BCPC'ye göre sınıflandırdığı damla çapı kategorisine göre belirlenmiştir (F: İnce, M: Orta, C: Kaba)



Şekil 3. Püskürtme memeleriyle hedefe taşınan ince yapılı damlaların hacimsel dağılım oranı (%)



Şekil 4. Püskürtme memelerinde damla çaplarının hacimsel dağılım oranı (%)

Regresyon analizi sonucuna göre püskürtme memelerinin maksimum yüzey kaplama oranı (Mak. YKO, %), uygulama hacmi (UH, l ha⁻¹) ve hacimsel ortanca çapa (D_{V.50}, µm) göre çok önemli düzeyde değişmiş ve aralarındaki ilişki (5) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$\text{Mak. YKO} = (0.358 \times \text{UH}) - (0.154 \times \text{D}_{V.05}) + 33.052 \quad (5)$$

(R²=0.975)

Patates İlaçlamasında Damla Taşınma Etkinliğinin Belirlenmesi

Damla taşınma etkinliğine (%) ait ortalamalar Çizelge 5'te verilmiştir. Bitkinin üst bölgesinde damlaların yaprak üstüne taşınma etkinliği hidrolik memelerde daha yüksek olup, ortalamalar %38-%50 aralığında değişmiştir. Kaba yapılı damlalar üreten hava emişli (%50) ve çift akışlı hidrolik memelerin (%48) ortalamaları, ince yapılı damlalar üreten standart yelpaze hüzmeli (%38) ve konik hüzmeli (%44) memelerden daha fazladır. Düşük hacimli uygulamalarda ise ortalamalar, hidrolik memelerden daha düşük bulunmuştur. Döner diskli memeye üretilen damlaların taşınma etkinliği, yardımcı hava akımlı uygulamadan 1.6 kat daha yüksektir. Orta bölgede yardımcı hava püskürtme başlığıyla üretilen damlaların yaprak üstüne

taşınma etkinliği (%10) en düşük olup, diğer püskürtme memelerine ait ortalamalar (%29-%35) benzer bulunmuştur. Alt bölgede, yaprak üstündeki tüm ortalamalar benzer olup, %12-%16 aralığında değişmiştir.

Üst ve alt bölgelerde damlaların yaprak altına taşınma etkinliği, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında (%14 ve %3) önemli düzeyde artmıştır. Diğer püskürtme memelerine ait ortalamalar üst ve orta bölgede sırasıyla %0.9-%3.4 ve %0.5 ve %1.1 aralığında değişmiş ve ortalamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Alt bölgede yardımcı hava akımlı püskürtme başlığına ait taşınma etkinliğinin (%1.0), diğer püskürtme memelerinden daha yüksek olduğu söylenebilir. Standart yelpaze hüzmeli, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelere ait ortalamalar (%0.6-%0.7), yardımcı hava akımlı püskürtme başlığına yakındır. Alt bölgede en düşük taşınma etkinliği, konik hüzmeli (%0.3) ve döner diskli (%0.5) memelerde bulunmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Beton zeminde yürütülen denemelerde hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerle hedefe taşınan damlaların taşınma etkinliği, standart yelpaze ve konik hüzmeli hidrolik memelerden daha yüksek bulunmasına karşın yüzey kaplama oranı daha düşüktür. Bu sonuç, hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerde kaba yapılı damlaların üretildiğini göstermiştir. Nitekim Soysal ve Bayat (2006) tarafından yürütülen bir araştırmada 200 l ha⁻¹ sabit uygulama hacminde ve 3 bar sabit işletme basıncında çalıştırılan XR11002, DG11002, TT11002 ve AI11002 tip hidrolik memelerde hacimsel ortanca çaplar ($D_{V,50}$) sırasıyla 221, 282, 332 ve 411 μm olarak belirlenmiş ve yüzey kaplama oranı sırasıyla, %12.2,

%13.8, %9.7 ve %7.3 olarak bulunmuştur. İnce yapılı damlalar üreten püskürtme memelerinde $D_{V,90}$ ve $D_{V,10}$ çapları arasındaki fark, $D_{V,50}$ çapından daha düşük olduğundan homojenlik katsayısı ideal olan 1 değerinden daha küçük bulunmuştur. İlaçlamanın yüksek sıcaklık ve düşük nem ortamında yapılması, ilaç damlalarının buharlaşmasına neden olurken (Kirk et al., 1992; Hoffmann and Salyani, 1996), rüzgar hızının yüksek olması damlaların sürüklenme potansiyelini arttırmaktadır (Piché et al., 2000). Bu nedenle $D_{V,10}$ çaplı damlaların toplam hacimde kapladığı oran azalmış ve hedef yüzeye daha büyük çaplı damlaların taşınmasına neden olmuştur. Rüzgar hızının 2-3 m s⁻¹ olması durumunda sürüklenme potansiyeli düşük damlalarla ilaçlama yapmak için $D_{V,10}$ boyutunun minimum 115 μm olarak önerildiği bildirilmektedir (Soysal ve Bayat, 2006). Açık hava koşullarında yürütülen bu araştırmada $D_{V,10}$ çapına göre ince yapılı damlalar üreten püskürtme memelerinde hedefe taşınan damlaların çapı, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı hariç, belirtilen bu referans değerinden yüksektir. Rüzgar hızı aralığının 0.0-3.6 m s⁻¹ olduğu bu araştırmada hedefe taşınan en küçük $D_{V,10}$ çapı, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında 108 μm , diğer püskürtme memelerinde 129 μm olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre, ince yapılı damlaların taşınma etkinliğinin yardımcı hava akımının etkisiyle arttığı sonucuna varılabilir.

Tarımsal ilaç uygulamalarında 200 μm 'den küçük çaplı damlalar, meteorolojik faktörlerden etkilenecek buharlaşma yoluyla ya da hedef dışına taşınarak sürüklenmektedir (Bozdoğan ve Bayat, 2003). Buna karşın, hedefe ulaştıklarında homojen olarak dağıldıkları için daha iyi zararlı kontrolü sağlamakta ve yaprak yüzeyinde tutunma oranları daha yüksek olduğu için yüzeyden kayarak düşmeleri söz konusu olmamaktadır (Zeren ve

Çizelge 5. Patates ilaçlamasında püskürtme memelerinin damla taşınma etkinliklerinin karşılaştırılması

Yaprak yüzeyi	Püskürtme memeleri	Uygulama hacmi, (l ha ⁻¹)	Üst bölge		Orta bölge		Alt bölge	
Yaprak üstü	FF11002	161	38.1±3.6	abA*	30.0±4.7	aB	12.4±2.4	aC
	DC2-25	168	43.7±3.1	abA	29.4±3.7	aB	10.9±2.3	aC
	AI11002	176	50.0±4.4	aA	33.5±3.3	aB	13.8±2.0	aC
	AVI11002	195	48.2±2.8	aA	30.3±2.5	aB	13.0±1.7	aC
	CDA	66	37.2±4.2	bA	35.2±3.5	aA	12.3±2.0	aB
	PA	89	23.1±3.9	cA	10.2±2.0	bB	16.3±3.3	aB
Yaprak altı	FF11002	161	3.4±1.5	bA	0.8±0.2	bB	0.6±0.2	abB
	DC2-25	168	0.9±0.2	bA	0.5±0.2	bA	0.3±0.1	bA
	AI11002	176	1.6±0.5	bA	0.8±0.2	bAB	0.6±0.2	abB
	AVI11002	195	2.3±0.5	bA	0.8±0.3	bB	0.7±0.3	abB
	CDA	66	2.9±0.9	bA	1.1±0.3	bB	0.5±0.1	bB
	PA	89	14.0±3.2	aA	3.0±1.3	aB	1.0±0.1	aC

* Aynı sütunda küçük harfle (a-c) gösterilen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Aynı satırda büyük harfle (A-C) gösterilen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde istatistiksel açıdan önemlidir.

Bayat, 1995). Bayat ve Bozdoğan (2003), 1.5, 2.5 ve 3.5 m s⁻¹ rüzgar hızı koşullarında en fazla sürüklenme mesafesinin standart yelpaze hüzmeli memede, en düşük hava emişli memede oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada standart yelpaze hüzmeli, konik hüzmeli, döner diskli ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığıyla hedefe ulaşan damlaların büyük oranı, faydalı spektrum bölgesindedir. Ancak, hedefe ulaşan sıvı hacmi incelendiğinde sürüklenme nedeniyle oluşan kayıpların, kaba yapılı damlalar üreten memelere göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada püskürtme memelerinin pülverizasyon karakteristikleri, açık havada ortalama 0.8 m s⁻¹ rüzgar hızı, 24 °C sıcaklık ve %26 nispi nem koşullarında belirlenmiştir. Ölçüm yöntemine göre değerlendirildiğinde damla çapı analizleri, hedefe ulaşan damlalar üzerinden yapılmıştır. FF11002, DC2-25, AI11002 ve AVI11002 tip memelerde 4 bar işletme basıncında belirlenen damlaların D_{v,50} çapı sırasıyla 234, 226, 365 ve 355 µm olarak bulunmuştur. Hidrolik memelere ait çap değerleri literatür verileriyle uyumludur. Örneğin, Soy-sal ve Bayat (2006) tarafından yürütülen bir araştırmada XR11002 ve AI11002 tip memeler için 4 bar işletme basıncında belirlenen D_{v,50} çapı sırasıyla 210 µm ve 371 µm olarak belirlenmiştir.

Döner diskli memeye (CDA) diskin 5000 min⁻¹ devrinde 75-150 µm (D_{v,50}) çap aralığında (Micon, 2008), yardımcı hava akımlı püskürtme başlığıyla (PA) 4000 min⁻¹ devirde 100-120 µm (D_{v,50}) çap aralığında damlaların üretildiği bildirilmiştir (Bozdoğan ve Bayat, 2003). Bu çalışmada döner diskli ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığının D_{v,50} çapları sırasıyla 224 ve 210 µm olarak belirlenmiş ve bu değerler literatür verilerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmadaki damla çapı ölçümlerinde püskürtme sıvısı olarak su yerine brilliant mavisi karışımı kullanılmış ve ölçümler açık hava koşullarında hedef yüzeye taşınan damlalar üzerinden yapılmıştır. Ayrıca düşük hacimli püskürtme memelerinin doz normunu eşitlemek için kullanılan karışımın konsantrasyonu hidrolik memelere göre daha yüksek oranda ayarlanmıştır. Döner diskli meme için hazırlanan karışımın konsantrasyonu hidrolik memelere göre 2.2 kat, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığına göre 1.6 kat daha fazla olmuştur. Düşük hacimli uygulamalarda daha yoğun konsantrasyonun kullanılması, püskürtme sıvısının yüzey gerilimini arttırmış olabilir. Nitekim sıvının yüzey gerilimi arttığında damla çapının da arttığı bildirilmiştir (Delevan, 2003). Ayrıca düşük hacimli uygulamalarda ince yapılı damlaların buharlaşma ve sürüklenme etkisiyle kayba uğraması, hedefe ulaşan küçük çaplı damlaların oranını azaltmış olabilir.

Püskürtme memelerinin tümünde damlaların yaprak altına taşınma etkinliği, yaprak üstüne göre daha fazladır. Kaba yapılı damlalar üreten hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerde damlaların yaprak üstündeki taşınma etkinliği artmıştır. Bu sonuç, beton zeminde yürütülen deneme bulgularını doğrulamıştır. Bitkinin orta ve alt bölgeleri incelendiğinde ise püskürtme memelerine ait ortalamalar değişmemiş, hatta orta bölgede yardımcı hava akımlı püskürtme başlığına ait taşınma etkinliği daha düşük bulunmuştur. Piché et al. (2000) yardımcı hava akımlı pülverizatörlerde, 25 m s⁻¹'den daha yüksek hava hızlarında sürüklenmenin kontrol altına alındığını bildirmiştir. Panneton et al. (2000) tarafından yürütülen bir araştırmada da, damlaların yaprak altına taşınma etkinliğinin yüksek hava hızlarında (>25 m s⁻¹) arttığı ve tamamıyla yaprak altı ilaçlamasına yönelik uygulamalarda ise en uygun hava hızının 35 m s⁻¹ olması gerektiği bildirilmiştir. Bozdoğan ve Bayat (2003), 4000 min⁻¹ fan devrinde ve 25 m s⁻¹'lik damla taşınma hızında küçük çaplı damlaların (100-120 µm) daha etkin kontrol edildiğini, sürüklenme mesafesinin azaldığını ve 1.5, 2.5 ve 3.5 ms⁻¹'lik rüzgar hızı koşullarında 20 l ha⁻¹'lık uygulama hacminde belirlenen hacimsel yer değiştiririnin 40 l ha⁻¹'lık uygulama hacmine göre daha düşük olduğunu saptamıştır.

Bu çalışmada kullanılan yardımcı hava akımlı püskürtme başlığının fan devri 3500 min⁻¹ ve hava hızı 20-25 m s⁻¹ aralığında olup, tarla çalışmalarında 89 l ha⁻¹ uygulama hacminde püskürtme yapılmıştır. Bu koşullarda yardımcı hava akımlı püskürtme başlığının damla taşınma etkinliği, hidrolik memelerden ve döner diskli memeden daha düşük bulunmuştur. Beton zeminde yürütülen denemelerde rüzgar hızı 0.0-3.6 m s⁻¹ aralığında değişmiş ve yardımcı hava akımlı uygulamayla damlaların taşınma etkinliği, döner diskli memeden daha yüksek bulunmuştur. Rüzgar hızı değişim aralığının (0.0-5.8 m s⁻¹) daha yüksek olduğu tarla çalışmalarında ise yardımcı hava akımının ince yapılı damlaların taşınma etkinliğini iyileştirmediği sonucuna varılmıştır. Buna karşın, yardımcı hava akımlı uygulamalarda damlanın yaprak altına taşınma etkinliği bitkinin tüm bölgelerinde önemli düzeyde artmıştır.

Sonraki bir dönemde, optimum rüzgar hızı koşullarında yardımcı hava akımlı uygulamaların yüksek hava hızında (25-35 m s⁻¹) ve düşük uygulama hacimlerinde (20 l ha⁻¹) kullanılması durumunda yüzeysel ilaç uygulamaları için en uygun püskürtme yüksekliğinin ve en uygun başlıklar arası mesafenin belirlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, H., Bayat, A., 1996. Micromax tip döner diskli memeye ait işleme karakteristikleri ve ilaç uygulama etkinliğinin saptanması. 6. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 2-6 Eylül, Ankara, 400-407.
- Bayat, A., Bozdoğan, N.Y., 2003. Yeni tip püskürtme memelerinin (DG, AI ve TT) ilaç sürüklenme potansiyellerinin bir rüzgar tüneline saptanması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(3): 47-56.
- Bayat, A., Bozdoğan, N.Y., 2005. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. Crop Protection, 24: 651-960.
- Bode, L.E., Butler, B.J., Pearson, S.L., Bouse, L.F., 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. Transactions of the ASAE, 24(4): 999-1004.
- Bozdoğan, N.Y., Bayat, A., 2003. Hava akımlı döner diskli bir memenin (Turbofan) farklı işleme koşullarındaki sürüklenme potansiyelinin rüzgar tüneline saptanması. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, Konya, 216-222.
- Coates, W., Palumbo, J., 1997. Deposition, off-target movement, and efficacy of Capture™ and Thiodan™ applied to cantaloupes using five sprayers. Applied Engineering in Agriculture, 13(2): 181-188.
- Delevan, 2003. Delevan Spray Technologies. Total Control, Industrial Nozzles and Accessories. Delevan Ltd., England.
- Dursun E., Çilingir, İ., Erman, A., 2005. Tarımsal savaşım ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, <http://www.zmo.org.tr/etkinlikler>. (Erişim: Mayıs 2005).
- FAO, 2009. FAOSTAT Agricultural Database Web Page, www.fao.org. (Erişim: Ocak 2011).
- Hoffmann, W.C., Salyani, M., 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. Transactions of the ASAE, 39(1): 17-32.
- Holland, J.M., Jepson, P.C., Jones, E.C., Turner, C.A., 1997. Comparison of spinning disc atomisers and flat fan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereal crops. Crop Protection, 16(2): 179-185.
- Jensen, P.K., Jørgensen, L.N., Kirknel, E., 2001. Biological efficacy of herbicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. Crop Protection, 20: 57-64.
- Kalaycı, Ş., 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 426s.
- Kara, K., Kavurmacı, Z., Öztürk, E., Polat, T., 2005. Farklı dikim metodlarının değişik tarihlerde ön-sürgünlendirmeye alınan patateslerin (*Solanum Tuberosum* L.) verim ve verim unsurları üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 279-284.
- Kara A., Kaya, C., Kısa, T.D.Z., Pehlivan, M., Kadioğlu, S., Taçoğlu, M., 2006. Kuzeydoğu Anadolu'da Patates Üretimi ve Sorunları. IV. Ulusal Patates Kongresi, Niğde, 6-8 Eylül, 285-291.
- Kirk, L.W., Bouse, L.F., Carlton, J.B., Franz, E., Stermer, R.A., 1992. Aerial spray deposition in cotton. Transactions of the ASAE, 35(5): 1393-1399.
- Law, S.E., 1982. Spatial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. Journal of Economic Entomology, 75(3): 542-544.
- Ledebuhr, 2008. Proptec™ Rotary Atomizers. www.ledebuhr.net (Erişim: Temmuz 2008).
- Marçal, A.R.S., Cunha, M., 2008. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. Transactions of the ASABE, 51(3): 811-821.
- Micron, 2008. Micromax 3-speed. <http://www.micron.co.uk> (Erişim: Ağustos 2008).
- Nuytens, D., Baetens, K., De Schampheleire, M., Sonck, B., 2007. Effect of nozzle type, size, and pressure on spray droplet characteristics. Biosystems Engineering, 97(3): 333-345.
- Panneton, B., Pillion, H., Thériault, R., Khelifi, M., 2000. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. Transactions of the ASAE, 43(3): 529-534.
- Piché, M., Panneton, B., Thériault, R., 2000. Reduced drift from air-assisted spraying. Canadian Agricultural Engineering, 43(3): 117-122.
- Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R. G., 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook Number 6, ISBN 0-929355-33-4, 601p.
- SPSSX, 2004. SPSSX for Windows Release. 13.0 (Sep 01. 1993). Copyright SPSS Inc., 1989-2004. New York. USA.
- Soysal, A., Bayat, A., 2006. Herbisit uygulamalarında kullanılan düşük sürüklenme potansiyelli memelerin püskürtme tekniği açısından değerlendirilmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2(3): 189-195.
- Syngenta, 2002. Water sensitive paper for monitoring spray distributions. CH-4002, Basle, Switzerland: Syngenta Crop Protection AG.
- Uremis, I., Bayat, A., Uludag, A., Bozdoğan, N., Aksoy, E., Soysal, A., Gonen, O., 2004. Studies on different herbicide application methods in second-crop maize fields. Crop Protection, 23: 1137-1144.
- Womac, A., Etheridge, R., Seibert, A., Hogan, D., Ray, S., 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. Transactions of the ASAE, 44(6): 1437-1444.
- Zeren, Y., Bayat, A., 1995. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu Ders Kitabı. Genel Yayın No: 108, Ders Kitabı Yayın No: 27, Adana, 351s.
- Zhu, H., Rowland, D.L., Dorner, J.W., Derksen, R.C., Sorensen, R.B., 2002. Influence of plant structure, orifice size, and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. Transactions of the ASAE, 45(5): 1295-1301.
- Zhu, H., Dorner, J.W., Rowland, D.L., Derksen, R.C., Ozkan, H.E., 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. Biosystems Engineering, 87(3): 275-273.
- Zhu, H., Zondag, R.H., Derksen, R.C., Reding, M., Krause, C.R., 2008. Influence of spray volume on spray deposition and coverage within nursery trees. Journal of Environmental Horticulture, 26(1): 51-57.