



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Pülverizatör Memelerinde Damla Sıklığı ve Pülverizasyon Karakteristiklerinin Tahminlenmesi\*\***

**Bahadır SAYINCI<sup>1</sup>, Bünyamin DEMİR<sup>2</sup>, Nuri AÇIK<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yenişehir/Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Yenişehir/Mersin, Türkiye

<sup>3</sup>Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-posta: bsayinci@mersin.edu.tr

**Makale Bilgileri**

Geliş: 04.06.2019  
Kabul: 28.08.2019  
Online Yayınlanma 30.09.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.573698

**Anahtar kelimeler**

Damla çapı,  
Damla yoğunluğu,  
Hidrolik meme,  
Pestisit uygulama,  
Püskürtme,  
Suya duyarlı kağıt

**Öz:** Bu araştırmanın amacı, düşük hacimli pestisit uygulamalarında kullanılan farklı tip pülverizatör memelerinde birim alana ulaşan damla sayısını belirlemek ve pülverizasyon karakteristiklerini tahminlemektir. Denemelerde standart (ST), yüksek etki alanlı (LU), standart dar hüzmeye açılı (STD), konik hüzmeli (DC), düşük sürüklenme potansiyelli (AD), hava emişli (IDK) ve ikiz akışlı (IDKT) meme tipleri kullanılmıştır. Püskürtme uygulamaları otomatik hız kontrollü doğrusal hareketli bir simülör kullanılarak 300 kPa sabit işletme basıncı ve 80 l/ha uygulama hacminde yapılmıştır. Damla örnekleme için suya duyarlı kağıt (WSP, 26×76 mm), kullanılmış ve metal direklerin alt, orta ve üst bölgelerine yerleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ST, LU, STD, DC ve AD tip memelerle ince ve orta yapılı; IDK tip memeye orta ve kaba yapılı; IDKT tip memede ise kaba, çok kaba ve aşırı kaba yapılı damlaların üretildiği belirlenmiştir. Damla sıklığı ortalamaları ince ve orta yapılı damlalar üreten memelerde 88-202 adet/cm<sup>2</sup> aralığında; orta ve kaba yapılı damlalar üreten memelerde 47-48 adet/cm<sup>2</sup>; kaba, çok kaba ve aşırı kaba yapılı damlalar üreten memelerde 19-34 adet/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Kaba yapılı damlalar üreten IDKT tip memenin kullanıldığı püskürtme uygulamalarında biyolojik etkinliği arttırmak için damla sıklığının da artırılması gerekmektedir. Bu nedenle IDKT tip memenin kullanıldığı püskürtme uygulamalarında işletme basıncının önerilen basınç aralığında artırılarak daha küçük çaplı damlaların üretilmesi gerekmektedir.

**Estimation of Droplet Density and Spray Characteristics in Sprayer Nozzles**

**Article Info**

Received: 04.06.2019  
Accepted: 28.08.2019  
Online Published 30.09.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.573698

**Keywords**

Droplet diameter,  
Droplet density,  
Hydraulic nozzle,

**Abstract:** The aim of this study is to determine the number of drops reaching to the unit area with the different types sprayer nozzles used at low volume pesticide application and to estimate the spray characteristics. In the experiments, standard flat-fan (ST), multi range flat-fan (LU), standard flat-fan with narrow spray angle (STD), hollow cone (DC), drift guard (AD), air induction (IDK) and twinjet air induction (IDKT) nozzle types were used. The spray applications were carried out with a constant spray pressure of 300 kPa and an application volume of 80 l/ha using an automatic speed controlled linear moving spray simulator. Water sensitive papers (WSP, 26×76 mm) were used to take drop samples and placed to the top, middle and bottom parts of the metal poles. According to the research

Pesticide application,  
Spray,  
Water sensitive paper.

result, ST, LU, STD, DC and AD type nozzles produced fine and medium droplets. The medium and coarse droplets were produced with IDK type nozzle. The spray characteristic of the IDKT type nozzle was coarse, very coarse and extremely coarse droplets. The averages of drop density varied between 88-202 number  $cm^{-2}$  for the nozzles producing fine and medium droplets; 47-48 number  $cm^{-2}$  for the nozzles producing medium and coarse droplets; 19-34 number  $cm^{-2}$  for the nozzles producing coarse, very coarse and extremely coarse droplets. In order to improve the biological efficiency at spray application used the IDKT type nozzle producing coarse droplets, its drop density should be also increased. Therefore, in spray applications where IDKT type nozzle is used, it is necessary to increase the operating pressure within the recommended pressure range and to produce smaller diameter droplets.

2

\*\* Bu makale, danışmanlığını Doç. Dr. Bünyamin DEMİR ve Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'nın yaptığı ve Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen "Püskürtme memelerinin düşük hacimde yüzey kaplama ve damla dağılım düzgünlüğü açısından karşılaştırılması" başlıklı yüksek lisans tezinin özetidir.

## 1. Giriş

Hidrolik memelerde pülverizasyon, akışkan kütesinin hidrolik basınç etkisi altında damlalar halinde parçalanmasıyla oluşmaktadır. Pülverizasyon uygulamaları gerek makine sanayinde gerekse gıda endüstrisinde soğutma, tutuşma, kurutma, koruma ve kaplama vb. alanlarda kullanıldığı gibi tarımsal mücadelede çeşitli zararlı, hastalık ve yabancı otlara karşı pestisit uygulamalarında en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu alanda püskürtme uygulamaları pülverizatör adı verilen makinalarla gerçekleştirilmektedir. Çoğunlukla pozitif yer değiştirmeli alternatif hareketli pompaların kullanıldığı pülverizatörlerde püskürtme oluşumu hidrolik memelerle sağlanmaktadır. Günümüzde kullanım alanına ve amacına göre değişen yelpazede pülverizatörler bulunmakta olup teknolojik olarak mekatronik sistemlerle donatılmış çok çeşitli robotik uygulamalara da rastlamak mümkündür. İyi tarım uygulamalarında geniş yer bulan bu tür sistemlerde amaç, çevre ve operatör güvenliğini sağlamak ve pestisitlerin önerilen dozda büyük bir hassasiyetle yapılmasını mümkün kılmaktır. Bu kapsamda püskürtme uygulamalarında pülverizasyonun kalitesini ve karakteristiğini belirleyen en önemli pülverizatör donanımı hidrolik memelerdir.

Günümüz pülverizatörlerinde standart kategoride yelpaze hüzmeli memelerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Çıkış orifisi elipsoidal bir geometriye sahip bu tip memeler yarıklı tip olarak da bilinmektedir (Sayıncı ve Kara, 2015). Çoğunlukla ince yapılı damlalar üreten bu tip standart memelerde damla çapı, püskürtme basıncına bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Ancak yapısal olarak memelerde uzun gövde yapısı, çift orifis özelliği, venturi odalı hava emişli gövdeler, ön orifis odalı yapısal özellikler ve pnömatik etkiler pülverizasyonun karakteristiğini değiştiren önemli tasarım parametreleridir.

Pestisit uygulamalarında kullanılan hidrolik memelerin pülverizasyon karakteristiği çoğunlukla ince, orta ve kaba yapılı kategoriye girmekte olup, damla spektrumu püskürtme basıncından önemli ölçüde etkilenmektedir (Sayıncı ve ark., 2013). Hidrolik memelerde pülverizasyon karakteristiğinin farklı olması damlanın hedefe taşınma enerjisini, sürüklenme düzeyini ve terminal hızını etkileyerek damlaların hedefe taşınma potansiyelini ve penetrasyonunu etkileyebilmektedir (Sayıncı, 2016a; Sayıncı ve ark., 2019). Zararlı etmenlerle mücadelenin etkin bir şekilde sürdürülebilmesi için pestisitlerin içerdiği etkili maddenin birim alana damlalar halinde belirli sayıda ulaşması gerekmektedir. Bu kapsamda damla yoğunluğu sistemik etkili pestisitler için minimum 20 adet/ $cm^2$ , kontak etkili olanlar için 50 adet/ $cm^2$  olarak önerilmektedir (Çilingir ve Dursun, 2010). Uygulamada bu alt sınırlara ulaşmak için meme tipi değiştirilmekte ya da püskürtme basıncı veya birim alana püskürtülen damla hacmi artırılmaktadır.

Hedef yüzeyde damla sayısının belirlenmesinde yaygın olarak suya duyarlı kağıtlar (WSP) kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra uygulama sahasında damlaların sürüklenme düzeyi, dağılım düzgünlüğü ve damla penetrasyonu hakkında da önemli bilgilerin alınmasını sağlamakta ve kalibrasyon sürecinde pülverizatörlerde işletme parametrelerinin seçiminde belirleyici bir rol oynamaktadır. WSP yüzeyine temas eden damlalar mavi renge dönüşerek belirli bir yayılma oranıyla leke şeklinde iz

biraktığından çeşitli görüntü işleme sistemleriyle analiz edilebilmekte olup yüzey kaplama ve damla çapı tahminlemesi yapılarak pülverizasyon karakteristiği belirlenebilmektedir (Sayıncı ve Bastaban, 2011).

Bu çalışmada farklı tasarım özelliklerine sahip pülverizatör memeleri kullanılmış ve uygulamalar sabit işletme basıncı ve sabit uygulama hacminde yapılarak WSP yüzeylerine ulaşan damla sayısı belirlenmiştir. Birim alana ulaşan damla sayısı ve uygulama hacmine bağlı olarak her bir meme tipi için damla çapı tahminlenmiş ve pülverizasyon karakteristikleri literatür verileriyle incelenerek belirlenmiştir. Ayrıca püskürtme uygulamalarında damla örnekleme için standart bir uygulama metodolojisi bulunmadığından bu çalışmada geliştirilen damla örnekleme yöntemi ve görüntü işleme operasyonları uygulama metodu açısından başvuru niteliği taşımaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Pülverizatör meme tipleri ve işletme özellikleri

Araştırmada yedi farklı hidrolik meme tipi kullanılmış ve işletme özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Bu kapsamda konvansiyonel uygulamalarda yaygın olarak tercih edilen standart (ST), yüksek etki alanlı (LU), standart dar hüzmeye açılı (STD) ve konik hüzmeli meme (DC) tipleri kullanılmıştır. Bu memelerle birlikte orifis veya gövde tasarımı açısından farklı özelliklere sahip düşük sürüklenme potansiyelli (AD), hava emişli (IDK) ve ikiz akışlı (IDKT) meme tipleri kullanılmıştır. Tüm uygulamalar 300 kPa sabit işletme basıncında yapılmıştır. Debi ölçümleri dijital göstergeli bir kalibratörle (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti:  $\pm\%2.5$ ; ölçüm aralığı: 0.08-3.79 l/dk) belirlenmiştir. Püskürtme çalışmalarının tümü 80 l/ha sabit uygulama hacminde yapılmıştır. Meme tipi veya orifis ölçüsü farklı tüm meme tiplerinde uygulama hacmini sabit tutmak için her uygulama farklı ilerleme hızlarında yapılmıştır. Bu amaçla yapılan kalibrasyon çalışmalarında  $V = (q \cdot 600) / (B \cdot N)$  eşitliği ( $V$ : ilerleme hızı, km/h;  $q$ : meme debisi, l/dk;  $B$ : memeler arası mesafe, 0.50 m;  $N$ : uygulama hacmi, 80 l/ha) kullanılmıştır.

Çizelge 1. Pülverizatör meme tipleri ve işletme özellikleri (300 kPa sabit işletme basıncı ve 80 l/ha sabit uygulama hacmi).

Meme tipi*	Nominal meme ölçüsü ve malzemesi	Firma/Üretim	Meme debisi (l/dk)	İlerleme hızı m/s (km/h)	Püskürtme yüksekliği (cm)
ST	11001 POM	Tecsi, IT	0.39	1.64 (5.9)	40, 60, 80
	110015 POM	Tecsi, IT	0.59	2.47 (8.9)	40, 60, 80
LU	12001 HSS	Lechler, DE	0.39	1.64 (5.9)	40, 60, 80
	120015 POM	Lechler, DE	0.59	2.47 (8.9)	40, 60, 80
IDKT	120015 POM	Lechler, DE	0.59	2.47 (8.9)	40, 60, 80
	11002 POM	Airmix, DE	0.79	3.31 (11.9)	40, 60, 80
IDK	12001 POM	Lechler, DE	0.39	1.64 (5.9)	40, 60, 80
	120015 C	Albuz, FR	0.59	2.47 (8.9)	40, 60, 80
STD	80015 POM	Lechler, DE	0.59	2.47 (8.9)	65, 85, 105
	8002 POM	Lechler, DE	0.79	3.31 (11.9)	65, 85, 105
DC	Ø1.0/60 POM	Toyman, TR	0.41	1.72 (6.2)	65, 85, 105
	Ø1.2/62 POM	Toyman, TR	0.62	2.58 (9.3)	65, 85, 105
AD	120015 POM	Lechler, DE	0.59	2.47 (8.9)	40, 60, 80
	11002 C	Albuz, FR	0.79	3.31 (11.9)	40, 60, 80

\*: ST: standart yelpaze hüzmeli; LU: yüksek etki alanlı yelpaze hüzmeli; IDK: hava emişli yelpaze hüzmeli; IDKT: çift yarıklı hava emişli yelpaze hüzmeli; STD: dar hüzmeye açılı standart yelpaze hüzmeli; DC: içi boş konik hüzmeli meme plakası ve girdap plakası; AD: düşük sürüklenme potansiyelli yelpaze hüzmeli

\*\* : POM: poliasetal; HSS: sertleştirilmiş paslanmaz çelik; C: seramik

Yedi farklı hidrolik meme tipiyle yürütülen çalışmalar iki farklı ilerleme hızı ve üç farklı püskürtme yüksekliğinde yapılmış ve denemeler üç kez tekrarlanmıştır. Her meme tipinde uygulama hacmini sabitleyerek ilerleme hızının etkisini değerlendirmek için iki farklı orifis kullanılmıştır.

## 2.2. Püskürtme simülatörü

Püskürtme uygulamaları Sayıncı (2016b) tarafından geliştirilen otomatik hız kontrollü doğrusal hareketli bir püskürtme simülatörüyle yapılmıştır (Şekil 1a). Simülatörün ray uzunluğu 12 m olup üzerinde servo motor (1000 W, Delta ASDA-B2, 1-5000 d/dk, Tayvan, TW) tahrikli kompakt yapılı doğrusal hareketli araba bulunmaktadır. Arabanın ilerleme hızı motor sürücüsü üzerinden otomatik olarak ayarlanmakta olup kayış-kasnak tahrikli transmisyon milinin devri değiştirilerek kontrol edilmektedir. Kızak üzerinde hareket eden arabanın çatı aksamında 2.2 m uzunluğunda tek taraflı püskürtme çubuğu bulunmakta olup, aynı anda 5 adet meme 50 cm aralıklarla bağlanabilmektedir. Püskürtme çubuğunun yüksekliği çatı üzerindeki bağlantı noktalarının yeri değiştirilerek ayarlanabilmektedir.

## 2.3. Hidrolik basınç ünitesi

Püskürtme simülatörünün akış hattı 600 litre depo kapasiteli bir pülverizatörden (TP600 Piton Taral®, TR) oluşturulmuştur (Şekil 1b). Pülverizatörde kullanılan pompa tipi piston membranlı (çift pistonlu, 40 kg/cm<sup>2</sup> anma basıncı, 30 l/dk anma debisi, %67 verim, Taral®, TR) olup pompa mili redüktörlü bir elektrik motoruyla (MSD 90L2, 2780 d/dk, Gamak, TR) 600 d/dk'da çalıştırılmıştır.



Şekil 1. (a) Püskürtme simülatörü (b) Pülverizatör ve pompa.

## 2.4. Örnekleme yöntemi

Püskürtme uygulamalarında örnekleme yüzeyi olarak 26×76 mm ölçülerinde suya duyarlı kağıt (WSP, Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH) kullanılmış ve Şekil 2a'da gösterilen örnekleme alanı (0.5×4.8 m) içindeki metal direklere (14 adet, 40 cm yükseklik) yerleştirilmiştir. Direklerin alt, orta ve üst bölgelerine sac levha monte edilerek WSP örneklerinin bir klips ile sabitlenmesi sağlanmıştır (Şekil 2b). Bu düzende örneklemenin aynı anda üç farklı yükseklikten yapılması sağlanmıştır.



Şekil 2. WSP örnekleme (a) Örnekleme alanı (b) WSP örneklerinin metal direklere yerleştirilmesi.

## 2.5. Leke analizi ve görüntü işleme uygulaması

Püskürtme uygulamalarından sonra sınıflandırılarak toplanan WSP örnekleri bir tarayıcıyla (HP Scanjet 4850, US) 600 dpi çözünürlükte gri tonlamalı ve \*.jpg formatında taranmış ve kişisel bir bilgisayara aktarılmıştır. WSP görüntülerinin örnekleme alanı (cm<sup>2</sup>) ImageJ (version 1.38x, Wayne Rasband, National Institutes of Health, US) yazılımıyla makro yazılarak belirlenmiştir. Gri tonlamalı görüntüleri siyah-beyaz (binary image, ikili görüntü) görüntüye dönüştürmek için 0-255 aralığında uygulanacak eşik değeri (*t*, threshold), Sanches-Hermosilla ve Medina (2004) tarafından belirlenen doğrusal eşitliğe [ $t = 0.38g + 78.75$ ] ( $R^2=0.91$ ) göre belirlenmiştir. Görüntülerin ortalama grilik seviyesi (*g*) makro yazılarak belirlenmiştir.

## 2.6. Değişkenlerin belirlenmesi

Birim alanda damla sayısını hesaplamak için WSP yüzeyinde görüntü işlemeyle belirlenen leke sayısı (adet), örnekleme alanına oranlanmış ( $2.6 \times 7.6 = 19.76$  cm<sup>2</sup>) ve sonuçlar adet/cm<sup>2</sup> olarak kaydedilmiştir.

Pülverizatör memelerinin sabit işletme basıncında ürettikleri damlaların çapı (*d*, µm), damla sıklığı (*n*, adet/cm<sup>2</sup>) ve uygulama hacmine (*N*, l/ha) bağlı olarak Eşitlik (1) kullanılarak tahminlenmiştir (Matthews, 2000; Bauer ve Raetano, 2003; Sun ve ark., 2015).

$$d = 100 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{60 \cdot N}{\pi \cdot n}\right)} \quad (1)$$

Pülverizatör memelerinde damla çapı kategorisi ASABE S572.1 standardına göre belirlenmiştir (ASABE, 2009). Bu standarda göre damla çapları sekiz kategoride sınıflandırılmış ve renklerine göre sırasıyla mor, kırmızı, turuncu, sarı, mavi, yeşil, beyaz ve siyah olmak üzere standartlaştırılmıştır. Birçok araştırmacı pülverizasyon kategorilerinde damla çapları için farklı referans aralıklarını kullandıkları saptanmış ve bunlar Çizelge 2’de verilmiştir. Bu çalışmada memelerin damla çapı karakteristikleri Hypro® (2018) ve Lechler® (2018) kataloglarında belirtilen referans çaplara göre belirlenmiştir.

Çizelge 2. Damla çapı ( $d$ ,  $\mu\text{m}$ ) kategorileri (ASABE S572.1 standardına göre sınıflandırma) ve referans aralıklar.

Pülverizasyon karakteristiği (Damla çapı kategorisi)	Damla çap aralığı ( $\mu\text{m}$ )								Damla çapı renk kategorisi
	Hypro® (2018) Lechler® (2018)	Albuz® (2016)	Hipkins ve Grisso (2014)	Hypropumps (2006)	Spandl (2010)	Wolf (2017)	Kruger ve ark. (2013); Arag® (2017)	Matthews ve ark. (2014)	
Aşırı ince (XF)*	60 <	-	60 <	-	50 <	-	~ 50	50 <	mor
Çok ince (VF)	61-105	159 <	60-145	100 <	51-145	150 <	136 <	51-100	kırmızı
İnce (F)	106-235	159-231	145-225	100-175	145-225	151-250	136-177	101-200	turuncu
Orta (M)	236-340	232-326	226-325	175-250	226-325	251-350	177-218	201-300	sarı
Kaba (C)	341-403	327-386	326-400	250-375	326-400	351-450	218-349	> 300	mavi
Çok kaba (VC)	404-502	387-484	401-500	375-450	401-500	451-550	349-428	-	yeşil
Aşırı kaba (XC)	503-665	485-553	501-650	> 450	501-660	> 551	428-622	-	beyaz
Çok aşırı kaba (UC)	> 665	> 553	> 650	-	> 661	-	> 622	-	siyah

\*: XF: extremely fine; VF: very fine; F: fine; M: medium; C: coarse; VC: very coarse; XC: extremely coarse; UC: ultra coarse

### 3. Bulgular

Birim alana ulaşan damla sayısına (damla sıklığı) göre tüm memelerde damla çapı tahminlemesi yapılmış ve ortalamalar Çizelge 3’de verilmiştir. Damla çapları üretici firmaların belirttiği çap sınıfına ve literatürlere dayanılarak kategorize edilmiştir.

Çizelge 3. Damla sıklığı (adet/cm<sup>2</sup>, ort±SS), damla çapı tahminleri ( $\mu\text{m}$ , ort±SS) ve damla çapı kategorisi (80 l/ha sabit uygulama hacmi ve 300 kPa sabit işletme basıncı)

<sup>1</sup> Meme tipi	Orifis ölçüsü	Damla sıklığı (adet/cm <sup>2</sup> ) @80 l/ha	Damla çapı tahminleri ( $\mu\text{m}$ ) @300 kPa	<sup>2</sup> Damla çapı kategorisi	Meme üreticisinin bildirdiği damla çapı kategorisi (Literatür)	
AD	120015	141±27	223±15	F-M	M	Lechler® (2018)
	11002	88±18	262±17	F-M	F	Albuz® (2016)
DC	Ø1.0/C23	149±20	218±11	F-M	F	Hypro® (2018)
	Ø1.2/Sarı	132±25	228±15	F-M	F	Hypro® (2018)
STD	80015	202±41	198±14	F	-	-
	8002	174±36	208±15	F-M	-	-
IDK	12001	47±12	323±25	M-C	M	Lechler® (2018)
	120015	48±10	320±22	M-C	C	Lechler® (2018)
IDKT	120015	19±5	437±35	C-XC	VC	Lechler® (2018)
	11002	34±10	361±32	M-VC	XC	Albuz® (2016)
LU	12001	185±37	204±13	F	F	Lechler® (2018)
	120015	163±33	213±14	F-M	F	Lechler® (2018)
ST	11001	186±36	203±12	F	F	Serim ve Özdemir (2012)
	110015	171±28	209±12	F	F	Serim ve Özdemir (2012)

<sup>1</sup>: ST: standart yelpaze hüzmeli; LU: yüksek etki alanlı yelpaze hüzmeli; IDK: hava emişli yelpaze hüzmeli; IDKT: çift yarık hava emişli yelpaze hüzmeli; STD: dar hüzmeye açılı standart yelpaze hüzmeli; DC: içi boş konik hüzmeli meme plakası ve girdap plaketi; AD: düşük sürüklenme potansiyelli yelpaze hüzmeli

<sup>2</sup>: Damla çapı kategorisi Lechler® (2018) ve Hypro® (2018) kaynaklarında belirtilen referans aralıkları kullanılarak belirlenmiştir. Çap kategorisini belirlemede ortalama damla çapının [ $\pm 2 \cdot$  Standart sapma] aralığına giren değerler kullanılmıştır.

Sabit 300 kPa işletme basıncında ST, LU, STD, DC ve AD tip memelerin ortalama 198-262 µm çap aralığında ince ve orta yapılı damlalar ürettiği belirlenmiştir. IDK tip memede pülverizasyon sınıfı orta ve kaba yapılı olup damla çapı ortalaması 320 ve 323 µm olarak tahminlenmiştir. IDKT tip memede ise damlalar kaba, çok kaba ve aşırı kaba sınıfında bulunmakta olup çap ortalaması 361 ve 437 µm aralığında değişmiştir.

Sabit 80 l/ha uygulama hacminde damla sıklığı ince ve orta yapılı damlalar üreten memelerde 88-202 adet/cm<sup>2</sup> aralığında; orta ve kaba yapılı damlalar üreten memede ortalama 47 ve 48 adet/cm<sup>2</sup>; kaba, çok kaba ve aşırı kaba yapılı damlalar üreten memede ortalama 19 ve 34 adet/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Pülverizasyon karakteristiklerine göre hidrolik meme tiplerinin farklı çaplarda damlalar ürettiği ve buna bağlı olarak hedefe püskürtülen damla sayısının meme tiplerine göre değiştiği belirlenmiştir. Damla çapı kategorilerine göre küçük çaptan büyük çapa doğru standart (ST) memede ince yapılı; yüksek etki alanlı (LU), dar hüzmeye açılı (STD), içi boş konik hüzmeli (DC) ve düşük sürüklenme potansiyelli (AD) memelerde ince ve orta yapılı; hava emişli (IDK) memede orta ve kaba yapılı ve hava emişli çift yarıklı (IDKT) memede çok ve aşırı kaba yapılı damlaların üretildiği saptanmıştır. Aynı tip memede orifis ölçüsü arttıkça daha büyük çaplı damlalar üretilmiş ve damla sayısının azalmasına neden olmuştur.

Damla çapı kategorileri, çap ortalamalarının standart sapma değişimleri (ort±2·SS) dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu kategoriler üretici firmanın belirttiği çap sınıflarıyla büyük ölçüde uyumlu bulunmuştur. Ancak üreticiler ASABE standartlarındaki (ASABE, 2009) referans aralıklarını farklı kullandıklarından tahmini çap kategorileri ile üreticilerin bildirdiği kategoriler arasında küçük farklılıkların oluşmasına neden olmuştur.

Pestisit uygulamalarında küçük çaplı damlaların biyolojik etkinliği arttırdığı ve özellikle 100 µm'den küçük çaplı damlaların insektisit ve fungusit uygulamalarında yüksek etkiye (Matthews ve ark., 2014) sahip olduğu bilinmektedir. Kimyasalların püskürtme yöntemiyle uygulandığı bitki koruma makinelerinde damlaların hedefe taşınabilmesi, hedef yüzeyde tutunabilmesi, damlanın bitki kanopisine penetrasyonu, hedef yüzeyi kaplayabilmesi ve sürüklenme potansiyeli damla boyutuna bağlı olarak değişmektedir (Nuyttens ve ark., 2007). Bu nedenle uygulamaların çok büyük ya da çok küçük ölçülü damlalarla yapılması mücadelenin başarısını sınırlandırabilmektedir. Büyük çaplı damlaların enerjisi ve buna bağlı terminal hızı yüksek olduğundan (Sayıncı, 2016a) sürüklenme sorunu minimize edilirken, hedef yüzeyde tutunamama ve yüzeyde düşük kaplama sorunları oluşabilmektedir. Küçük çaplı damlaların enerjisi düşük olduğundan havada asılı kalabilmekte, hedefe ulaşmadan buharlaşabilmekte (Bayat ve Bozdoğan, 2005) veya rüzgar nedeniyle hedef dışına sürüklenmektedir. Bu gerekçelerden dolayı pestisit uygulamalarında pülverizasyonun optimum ölçülerde oluşması, sürüklenme nedeniyle oluşan çevre kirliliğini önleme ve mücadelenin başarısını artırma açısından önem taşımaktadır.

Zararlı etmenlerle mücadelede biyolojik etkinliğin yeterli düzeyde olabilmesi için birim alana ulaşan en düşük damla sayısının sistemik etkili pestisitler için 20 adet/cm<sup>2</sup>, kontak etkili olanlar için en düşük 50 adet/cm<sup>2</sup> olması gerekmektedir (Çilingir ve Dursun, 2010). IDK ve IDKT nin damla sayısı ortalamaları incelendiğinde, kontak etkili preparatlar için önerilen değerlerin altında kaldığı dikkat çekmektedir. Düşük sürüklenme potansiyeline sahip olan bu tip hava emişli memelerde işletme basıncının önerilen aralıkta artırılarak daha fazla sayıda damlanın transfer edilmesi gerekmektedir. İnce ve orta yapılı damlalar üreten ST, STD, LU, DC ve AD tip memelerde damla sıklığının yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır.

Sabit işletme basıncında orifis alanı büyük olan memelerde damlanın parçalanma direnci küçük olanlara göre artmış ve damla boyutu artma eğilimi göstermiştir. Bu durum birim alana eşit hacimde püskürtme yapılmasına karşın damla sıklığının beklendiği şekilde azalmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada sabit basınçta aynı debiyi sağlmasına rağmen tasarım özellikleri benzer, ancak farklı üreticilere ait memelerde pülverizasyon karakteristiklerinin anlamlı düzeyde değiştiği gözlemlenmiştir. Meme tiplerinin büyük çoğunluğunda orifis alanı arttıkça damla çapı artma eğilimi göstermiştir. Ancak büyük orifisli IDKT tip memede damla çapı küçük orifisli karşılaştırıldığında azalmıştır. Benzer gövde yapısına sahip olmalarına karşın farklı üreticilere ait memelerde pülverizasyon karakteristiği önemli düzeyde değişmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından 2017-2-AP4-2565 proje numarasıyla desteklenmiştir.

## Kaynakça

- Albuz® (2016). Spray nozzles, albuz catalog 2016. <http://albuz-spray.com> Erişim tarihi: 01.04.2018.
- Arag® (2017). Nozzle holder, caps and nozzle tips catalogue (revision). [www.aragnet.com](http://www.aragnet.com) Erişim tarihi: 01.05.2017.
- ASABE (2009). *Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. Standard 572.1* American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.
- Bauer, F. C., & Raetano, C. G. (2003). Air-assisted boom sprayer and spray deposition on bean plants. *Scientia Agricola*, 60 (2), 211-215.
- Bayat, A., & Bozdogan, 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.
- Çilingir, İ., & Dursun, E. (2010). *Bitki Koruma Makinaları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 151, Ders Kitabı: 484, 2. Baskı, Ankara, 248 s.
- Hipkins, P., & Grisso, R. B. (2014). *Droplet Chart/Selection Guide*. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University, Publication, 442-031.
- Hypro® (2018). Hypro nozzle catalogue. <http://www.hypro-eu.com> Erişim tarihi: 01.04.2018.
- Hypropumps (2006). Spraytip catalog. [www.hypropumps.com](http://www.hypropumps.com) Erişim tarihi: 01.11.2017.
- Kruger, G. R., Klein, R. N., & Ogg, C. L. (2013). Spray drift of pesticides. nebraska extension. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g1773/build/g1773.htm>. Erişim tarihi: 01.05.2017.
- Lechler® (2018). Agricultural spray nozzles, 2018 US Catalog. <http://www.lechler.de> Erişim tarihi: 01.04.2018.
- Mathews, G. (2000). Pesticide Application Methods. Third Edition, Blackwell Science Ltd. 432 p.
- Nuyttens, D., Baetens, K., De Schamphelleire M., & Sonck, B. (2007). Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering* 97 (3), 333-345.
- Sanchez-Hermosilla, J., & Medina, R. (2004). Adaptive threshold for droplet spot analysis using water-sensitive paper. *Applied Engineering in Agriculture* 20 (5), 547-551.
- Sayıncı, B. (2016a). The influence of strainer types on the flow and droplet velocity characteristics of ceramic flat - fan nozzles. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 40 (1), 25-37.
- Sayıncı, B. (2016b). *Doğrusal hareketli püskürtme simülatorü tasarımı ve üretimi*. Atatürk Üniversitesi BAP Projesi, Proje No: BAP 2013/128, Erzurum.
- Sayıncı, B., & Kara, M. (2015). The effects of strainer types on flow characteristics of anti-drift (AD) and multi-range (LU) flat-fan nozzles. *Tarım Bilimleri Dergisi* 21(4), 558-571.
- Sayıncı, B., Yarpuz-Bozdoğan, N., Yıldız, C., & Demir, B. (2013). Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bil. Derg.* 9(1), 9-20.
- Sayıncı, B., & Bastaban, S. (2011). Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition in potato plant. *African Journal of Agricultural Research* 6 (2), 352-362
- Sayıncı, B., Çömlek, R., & Çomaklı, M. (2019). Konik hüzmeli poliasetal (pom) pülverizatör memelerinde damla kinematığı. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (1), 94-105.
- Spandl (2010). Comparing drift reduction technology. winfield solutions, shoreview, minnesota. <https://www.extension.umn.edu/agriculture/agpro-fessionals/cpm/2010> Erişim tarihi: 01.11.2017
- Sun, W., Li, Q., Fan, Y., Wan, Y., Wang, T., & Cong, B. (2015). Effect Factor Analysis of Spraying Quality for Agricultural Chemicals. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 8(11), 221-230.
- Wolf (2017). Educating Applicators about Droplet Size. Wolf Consulting & Research LLC, <https://tpsalliance.org/pdf/topics/Wolf-2-TPSA-2012.pdf>. Erişim tarihi: 01.11.2017.