

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE İŞLETME BASINCI  
VE KONUM AÇISININ DAMLA TAŞINIMINA ETKİSİ**

**Hazırlayan  
Emel ÇETİN**

**Danışman  
Doç. Dr. Bünyamin DEMİR**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Haziran 2019  
KAYSERİ**



**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE İŞLETME BASINCI  
VE KONUM AÇISININ DAMLA TAŞINIMINA ETKİSİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Emel ÇETİN**

**Danışman  
Doç. Dr. Bünyamin DEMİR**

**Haziran 2019  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Emel ÇETİN



Pülverizatör Memelerinde İşletme Basıncı ve Konum Açısının Damla Taşınımına Etkisi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Emel ÇETİN

Danışman

Doç. Dr. Binyamin DEMİR

Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Doç. Dr. Bünyamin DEMİR ve Doç. Dr. Bahadır SAYINCI danışmanlığında **Emel ÇETİN** tarafından hazırlanan “**Pülverizatör Memelerinde İşletme Basıncı ve Konum Açısının Damla Taşınımına Etkisi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

...27.../06/2019

(Tez savunma sınav tarihi yazılacaktır.)

**JÜRİ:**

Danışman : Doç. Dr. Bünyamin DEMİR

Üye : Doç. Dr. Faner YILDIZ

Üye : Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM

*[Handwritten signatures of the jury members]*

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 23/07/2019 tarih ve 1019/52-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

*[Handwritten signature of Prof. Dr. Mehmet AKKURT]*  
  
 ...27.../07/2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin tamamında bilgi ve tecrübesiyle bana katkı sağlayan, tezimin yürütülmesinde ve gerçekleştirilmesinde büyük emeği olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bünyamin DEMİR'e; tezimin tüm aşamalarında ve hazırlanmasında bana yardımcı olan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'ya çok teşekkür ederim.

Bana eğitim hayatım boyunca her konuda destek olan çok sevdiğim Anneme, Babama ve Kardeşlerime, çalışmalarım sırasında her türlü kolaylığı ve desteği sağlayan hayat arkadaşım çok değerli eşim Necati ÇETİN'e ve kızımıza çok teşekkür ederim.

Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP 2017-2-AP4-2565), teşekkür ederim.

**Emel ÇETİN**  
**Kayseri, 2019**

# PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE İŞLETME BASINCI VE KONUM AÇISININ DAMLA TAŞINIMINA ETKİSİ

Emel ÇETİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2018  
Danışmanlar: Doç. Dr. Bünyamin DEMİR  
Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, farklı konum açılarındaki kullanılan pülverizatör meme tiplerinin ikiz akışlı püskürtme başlıklarıyla birlikte kullanılarak, damla penetrasyonuna olan etkilerini belirlemektir. Araştırmada yedi farklı hidrolik meme tipi (standart yelpaze hüzmeli, ST; standart dar hüzmeli, STN; yüksek etki alanlı, LU; düşük sürüklenme potansiyelli, AD; hava emişli, IDK; çift akışlı hava emişli, IDKT) kullanılmış olup memeler ilerleme yönünde +15°, yer düzlemine dik 0° ve ilerleme yönünün tersi yönünde -15° açıyla konumlandırılmıştır. Kapalı bir tesiste kontrollü şartlarda yürütülen denemelerde örnekleme yüzeyi olarak suya duyarlı kart (WSP, 26×76 mm) kullanılmıştır. Püskürtme uygulamaları doğrusal hareketli hız kontrollü bir simülatörle 100 l/ha sabit uygulama hacminde yapılmıştır. WSP örnekleri yatay ve dikey konumda olmak üzere, hem metal direklerle hem de yapay bitkilerin (yaprak alan indeksi=1.84) kök boğazına yerleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, damlanın dikey düzlemde taşınma potansiyeli yataya göre oldukça düşük bulunmuştur. En yüksek kaplama ince yapılı damlalar üreten ST, STN, LU ve SC tip nozullarla sağlanmıştır. Açık hedefle karşılaştırıldığında, bitkinin kök boğazında belirlenen kaplama oranı oldukça düşük ve yetersiz bulunmuştur. Püskürtme uygulamalarının tümünde, dikey alın yüzeylerinde belirlenen kaplama ortalaması yatay düzlemde göre %86.1 oranında azalmıştır. Yatay düzlemde belirlenen kaplama ortalaması dikeye göre 7.2 kat daha fazla olmuştur. Orta ve kaba yapılı damlalar üreten memelerde, damlaların bitkinin kök boğazına transfer etkinliği ince yapılı olanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu oran AD, IDKT ve IDK tip memelerde sırasıyla %37.06, %37.85 ve %41.02 olarak belirlenmiştir. Meme konum açısının damla penetrasyonuna etkisi önemsiz bulunmuştur. Ancak, ilerleme yönü doğrultusunda verilen meme konum açısı dikey hedeflerin alın yüzeylerinde kaplama oranını arttırmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Pülverizatör, püskürtme yüksekliği, konum açısı, püskürtme memeleri, ilerleme hızı, kaplama oranı, dağılım düzgünlüğü



## EFFECTS OF OPERATIONAL PRESSURE AND POSITION ANGLE ON DROP TRANSPORT OF PULVERIZATOR NOZZLES

Emel ÇETİN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Master Thesis, November 2018

Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Bünyamin DEMİR  
Assoc. Prof. Dr. Bahadır SAYINCI

### ABSTRACT

This thesis was conducted to determine the effects of different position angles in twin-jet pulverizator nozzles on drop penetration of different nozzle types. Seven different nozzle types (standard flat fan, ST; standard narrow cone, STN; high-impact area, LU; low-drift potential, AD; air-induction, IDK; twin-jet air-induction, IDKT) were used and nozzles were positioned  $+15^\circ$  along the forward direction, perpendicular to ground surface  $0^\circ$  and reverse direction of forward  $-15^\circ$ . Experiments were conducted under controlled conditions of a closed facility. Water sensitive paper (WSP, 26x76 mm) was used as sampling surface. Sprays were performed with the aid of linear-move speed-controlled simulator at 100 l/ha constant application volume. WSP samples were placed vertically and horizontally over both the metal poles and root collar of artificial plants (leaf area index = 1.84). Present findings revealed that transport potential of spray drops was quite lower onto vertical planet than onto horizontal plane. The greatest coverage was achieved with ST, STN, LU and SC type nozzles producing fine droplets. As compared to open targets, the coverage ratio over root collar were quite low and insufficient. In all spray treatments, coverage ratio over vertical plane was 86.1% lower than the coverage ratio over horizontal plane. In other words, coverage ratio over the horizontal plane was 7.2 times greater than the coverage ratio over the vertical plane. Transfer efficiency of medium and coarse droplet-producing nozzles to root collar was greater than the transfer efficiency of fine droplet-producing nozzles. Such a ratio for AD, IDKT and IDK type nozzles was respectively determined as 37.06, 37.85 and 41.02%. According to present findings, effects of nozzle position angle on drop penetration were not found to be significant. However, nozzle position angle along the forward direction increased coverage ratios over the vertical planes.

**Keywords:** Pulverizator, spray height, inclination angle, spray nozzles, travel speed, coverage ratio, uniformity of distribution

## İÇİNDEKİLER

### PÜSKÜRTME MEMELERİNİN DÜŞÜK HACİMDE YÜZEY KAPLAMA VE DAMLA DAĞILIM DÜZGÜNLÜĞÜ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	ii
KABUL VE ONAY .....	iii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xii
<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>

## 1. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler .....	3
1.2. Literatür Özeti.....	10

## 2. BÖLÜM

### MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal .....	20
2.1.1. Yalpaze Hüzmeli Meme Tipleri.....	20
2.1.2. Deneme Yeri .....	22
2.1.3. Püskürtme Simülatörü .....	22
2.2. Yöntem .....	24
2.2.1. Örnekleme Yöntemi.....	24
2.2.2. Yüzey Kaplama Oranının Belirlenmesi.....	25
2.2.3. İstatistik Analiz .....	26

### 3. BÖLÜM

#### ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Varyans Analizi Sonuçları.....	27
3.2. Yatay ve Düşey Oryantasyonda Meme Tiplerinin Karşılaştırılması .....	28
3.3. Örneklemeye Bölgelerine Göre Yüzey Kaplama Oranının Değişimi.....	29
3.4. Meme Konum Açısına Göre Yüzey Kaplama Oranının Değişimi .....	30
3.5. Meme Tiplerinin Damla Penetrasyonu Açısından Karşılaştırılması.....	31

### 4. BÖLÜM

#### TARTIŞMA ve SONUÇ

4.1. Meme Tipine Göre Yatay ve Düşey Düzlemde Yüzey Kaplama Oranı (%)..	33
4.2. Örneklemeye Bölgelerine Taşınan Damlaların Yüzey Kaplama Oranı (%)....	34
4.3. Meme Konum Açısının Yüzey Kaplama Oranına Etkisi.....	34
4.4. Meme Tiplerinin Damla Penetrasyonu Açısından Karşılaştırılması.....	35
KAYNAKLAR .....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	45

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b><u>Birimi</u></b>	<b><u>Anlamı</u></b>
<b>CV</b>	: Varyasyon katsayısı
<b>F</b>	: Varyans analizi
<b>g</b>	: Gram
<b>ha</b>	: Hektar
<b>da</b>	: Dekar
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>l</b>	: Litre
<b>Kw</b>	: Kilowatt
<b>MPa</b>	: Megapascal
<b>Ø</b>	: Çap
<b>°</b>	: Derece
<b>Ort</b>	: Ortalama
<b>CAD</b>	: Computer Aided Design
<b>BSF</b>	: Brilliant Sulpho Flavin
<b>Q</b>	: Debi
<b>P</b>	: Üsssel regresyon eşitliği
<b>SD</b>	: Serbestlik derecesi
<b>SS</b>	: Standart sapma
<b>ST</b>	: Standart yelpaze hüzmeli meme
<b>LU</b>	: Yüksek etki alanlı meme
<b>STN</b>	: Standart dar hüzmeye açılı meme
<b>IDK</b>	: Hava emişli meme
<b>IDKT</b>	: Çift yarıklı hava emişli meme
<b>AD</b>	: Düşük sürüklenme potansiyelli meme
<b>SC</b>	: Multijet başlıklı standart
<b>WSP</b>	: Suya duyarlı kart
<b>dpi</b>	: Dots per inch
<b>UTHSCSA</b>	: The University of Texas Health Science Center
<b>DC</b>	: Direct Current

<b>h</b>	: Saat
<b>POM</b>	: Poliasetal
<b>PAMI</b>	: Prairie Tarım Makinaları Enstitüsü
<b>V</b>	: Hacim
<b>n</b>	: Motor devri
<b>N</b>	: Uygulama hacmi
<b>R</b>	: Çap
<b>B</b>	: Memeler arası mesafe
<b>M</b>	: Meme tipi
<b>A</b>	: Konum açısı
<b>B</b>	: Örneklem bölgesi

## ÇİZELGE LİSTESİ

- Çizelge 1.** Meme tipleri ve işletme parametreleri (200 kPa işletme basıncı ve sabit 100 l/ha uygulama hacmi) .....22
- Çizelge 2.** Damlaların yatay ve düşey oryantasyona taşınmasında meme tipi, konum açısı ve örnekleme bölgesinin etkisi.....28
- Çizelge 3.** Yatay ve düşey örnekleme yüzeylerinde kaplama oranı (%) ortalamalarının karşılaştırılması .....29



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b>	Yelpaze hüzmeli meme tipleri.....	21
<b>Şekil 2.</b>	Hidrolik memelerin monte edildiği ikiz püskürtme başlığı (Multijet twin spray cap, Lechler®, DE) .....	21
<b>Şekil 3.</b>	Püskürtme simülatörü genel görünümü .....	22
<b>Şekil 4.</b>	Püskürtme simülatörü yandan görünümü .....	23
<b>Şekil 5.</b>	Pülverizatör ve redüktörlü pompa .....	24
<b>Şekil 6.</b>	Metal direklere yerleştirilen kartlar .....	24
<b>Şekil 7.</b>	Yapay bitkinin kök boğazına yerleştirilen kartlar .....	25
<b>Şekil 8a, 8b.</b>	Örnekleme bölgelerine göre yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar $\pm 2$ ·standart hata değerleriyle gösterilmiştir) .....	29
<b>Şekil 9.</b>	Örnekleme yüzeylerine göre ortalama yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar $\pm 2$ ·standart hata değerleriyle gösterilmiştir) ...	30
<b>Şekil 10a, 10b.</b>	Meme konum açısına göre yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar $\pm 2$ ·standart hata değerleriyle gösterilmiştir) .....	31
<b>Şekil 11.</b>	Meme tiplerinin damla penetrasyonu açısından karşılaştırılması (ortalamalar $\pm 2$ ·standart hata değerleriyle gösterilmiştir).....	32

## GİRİŞ

Zararlı ve hastalık yönetiminde etkin bir kontrolün sürdürülebilmesi için, teşhisin erken dönemde yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, kimyasal uygulamalarda etkili maddenin hastalık ya da zararlı etmenin tespit edildiği bölgeye ulaşması biyolojik etkinliğin artırılması için önemlidir. Nitekim sebzelerde, bozkurt (*Agrotis* spp.) ve pas akarı (*Aculus lycopersici* Masee) gibi zararlıların ve sebzelerde kök boğazı yanıklığı (*Phytophthora capsici* Leon), beyaz çürüklük (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib), gövde nekrozu (*Pseudomonas corrugata*) ve kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers) gibi hastalık etmenlerinin daha çok bitkinin alın yüzeylerini oluşturan gövdede ve kök boğazı bölgelerinde görüldüğü saptanmıştır (Anonim, 2008). Bu kapsamda kullanılan kimyasallar çoğunlukla pülverizasyon yöntemiyle damlalar halinde hedefe iletilmektedir. Bu nedenle, kimyasalın hedefe ulaştırılmasında püskürtme sistemlerinin ve işletme koşullarının yapılan tanıya uygun bir yaklaşımla seçilmesi gerekmektedir.

Pülverizasyon karakteristiği açısından orta ve kaba yapılı damlaların kinetik enerjisi, duraklama mesafesi ve terminal hızları ince olanlara göre daha yüksek olduğundan (Sayıncı, 2016a) damlalar uzak mesafelere taşınabilmekte ve bitki tacının toprağa yakın olan bölgelerine daha fazla oranda ulaşabilmektedir (Zhu vd., 2002, 2004). Ancak, damlaların hedef yüzeyde birikimlerinin yanı sıra yatay ya da düşey yönde transferiyle ilgili bilgiye rastlanmamaktadır. Püskürtmenin düşey yönde hedefin alın yüzeylerine doğru gerçekleşmesi, bitki gövdesi ya da bitki kök boğazı bölgelerinde görülen hastalık ya da zararlı etmenlerle mücadele açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırmada, standart püskürtme uygulamalarından farklı olarak hidrolik memelerde damlaların hedefin hem alt bölgesine hem de düşey alın yüzeylerine transferi açısından çeşitli alternatifler araştırılmıştır. Amaç, farklı konum açılarında kullanılan pülverizatör meme tiplerinin ikiz akışlı püskürtme başlıklarıyla birlikte kullanılarak damla



penetrasyonuna olan etkilerini belirlemektir. Bu araştırmanın kapsamı, ikiz başlıklı püskürtme uygulamalarında yatay ve düşey alın yüzeylere damla transferini sağlayan en uygun meme tipi ve konum açısının ortaya konulmasıdır.



# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

### 1.1. Genel Bilgiler

Ürün kayıplarının en aza indirilmesi için yapılan bitki koruma uygulamaları; kimyasal, kültürel, biyolojik, fiziksel ve mekanik mücadele gibi yöntemlerden oluşmaktadır. Kimyasal mücadele, zararlı etmenlerini en yüksek düzeyde ortadan kaldırmayı amaçlayan, hızlı etkili ve kolay uygulanabilen en fazla tercih edilen tarımsal mücadele yöntemidir (Yağcıoğlu, 1993). Doğru bitki koruma ürününün seçilerek uygun zamanda, uygun dozda ve uygun bitki koruma makineleri ile uygulanması, makine ayarlarının ve kalibrasyonunun doğru yapılması ilaçlama işinin en önemli unsurlarındandır. Ayrıca zararlı etmenlerin yönetiminde kimyasal mücadelede kullanılan pestisitlerin tekniğe uygun olarak hedefe püskürtülmesi mücadelenin başarısında önemli bir rol oynamaktadır (Sayıncı, 2008). Bilinçsiz ve yanlış pestisit uygulamaları sonucunda; çevre ve insan sağlığı olumsuz olarak etkilenmekte, pestisit kayıpları meydana gelmekte ve aşırı pestisit kullanımı sebebiyle maliyetler artmaktadır (Yağcıoğlu, 1993; Dursun, 2000; Demir, 2015). Bu kapsamda yapılacak etkin bir pestisit uygulaması ile girdi maliyetlerinin azaltılması ve hedef dışına sürüklenmenin en aza indirilmesi mümkün olacaktır (Forney vd., 2016).

Zararlı etmenlerle mücadelede etken maddenin hedefe istenilen şekilde taşınması, hedefte tutunması, sürüklenmenin en aza indirilmesi ve tavsiye edilen dozda en yüksek biyolojik etkinliğin sağlanması istenmektedir. Pestisit uygulaması yaparken en önemli unsurların başında ilaçlama ekipmanı ve parçaları gelmektedir. İlaçlama makinelerinde yüksek performans elde etmek için teknik ve işlevsel özelliklerin standartlara uygun olmasının yanı sıra işletme parametrelerinin de optimum şekilde ayarlanması gerekmektedir

(Tuncer ve Güler, 1998; Dursun, 2000; Sayıncı, 2008; Demir, 2015; Çömlek, 2017; Çomaklı 2017).

Tarımsal ilaçlamada sıvının hedefe tutunma oranı ilaçlama makinesi, ilaç normu, bitki ve çevre arasındaki etkileşime göre değişim göstermektedir. Hastalık ve zararlılarla mücadelede pestisitlerin yaprak altına ulaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda ilaçlama ünitesi kaplama oranı ve pestisitlerin hedefe tutunmasında doğrudan etkilidir. Bu faktörlere doğrudan etki eden ilaçlama makinesi ve donanımlarının uygun bir şekilde seçilmesi ilaçlama etkinliğinin iyileştirilmesi bakımından kritik öneme sahiptir (Sumner vd., 2000).

Pestisit uygulamalarında genellikle tarla pülverizatörleriyle yapılan püskürtme işlemi, hidrolik memeler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Püskürtme memelerinin oluşturduğu damlanın karakteristiği memelerin tasarım özelliklerine göre değişim göstermektedir. Püskürtme paterninin homojen olması, hedefte yeterli miktarda kaplamanın sağlanması, sürüklenmenin azaltılması, bitkinin alt bölgesine etkili maddenin kolay ve hızlı bir şekilde ulaşması, çevreye ve operatöre bağlı olan riskleri en aza indirgeyerek pestisit uygulamasında en yüksek etkinliği elde etmek için farklı özelliklerde püskürtme memeleri tasarlanmaktadır (Dursun vd., 2005).

Kimyasal mücadelede dikkate alınan önemli konuların başında; zararlı tespitinin doğru yapılması, mücadele yönteminin belirlenmesi ve pestisit seçiminin uygun bir şekilde yapılması gelmektedir. Bununla birlikte pestisit uygulamalarının başarısı; pülverizatör parçalarının görevini etkin bir şekilde gerçekleştirmesine ve kimyasal içerikli maddeyi hedefe taşıyan ilaçlama ünitesine bağlıdır. Pülverizasyon tekniği büyük oranda püskürtme memeleri tarafından oluşturulan damlacığın karakteristiğine bağlı olmaktadır. Bu nedenle hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede püskürtme memesi kritik bir öneme sahiptir (Özkan vd., 1992; Sayıncı, 2008). Tasarımlarına bağlı olarak, farklı püskürtme özelliklerine sahip memeler geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir (Krishnan vd., 2004). Pestisit uygulama işlemini etkileyen spray özellikleri; püskürtme açısı, püskürtme paterni, hacimsel dağılım düzgünlüğü, sıvı tabaka uzunluğu ve uygulama normu olarak karşımıza çıkmaktadır (Stafford, 2000). Püskürtme ve konum açısı ilaçlama performansını önemli ölçüde etkileyen faktörlerdir. Püskürtme açısı; püskürtme memesi çıkışındaki spray zarfının teğetleri arasındaki açı olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak bu açı meme tipi, sıvı özellikleri ve sıvının püskürtüldüğü ortam koşullarından

etkilenebilmektedir (Shafae, 2011). İşletme basıncının artması, sprej açısını artırırken, akış oranını da basıncın kareköküyle doğru orantılı oranla artırmaktadır (Matthews, 2000).

Pestisit uygulamalarında kullanılan sprejler (hidrolik püskürtücüler gibi), sıvıyı farklı boyutta ve hızda damlacıklar halinde hedefe ulaştırmaktadır (Lefebvre, 1989). Damlacık yörüngesini ve hedefle olan etkileşimini etkilediği için hacimsel dağılımların ölçülmesi ve kontrol edilmesi önemlidir (Butler Ellis vd., 1997). Pestisit uygulama işlemini etkileyen diğer önemli sprej özellikleri; püskürtme açısı, püskürtme paterni, hacimsel dağılım düzgünlüğü, sıvı tabaka uzunluğu ve ilaçlama normudur. Ayrıca püskürtme memeleri tarafından üretilen damla karakteristikleri, tarımsal ilacın doğru seçilmesine de bağlıdır (Stafford, 2000). İdeal bir ilaçlamada, hedef dışı kayıpların en aza indirilmesi, biyolojik açıdan etkili dozun hedefe aktarılması ve tutunması için püskürtme verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması gerekmektedir (Hewitt, 1997).

İlaçlama ünitelerinde, damlacık boyutu, sürüklenmeye ilişkin en etkili faktörlerdendir (Satow vd., 1993; Carlsen vd., 2006). Damlacık dağılımı, meme türü, meme boyutu, sıvı özellikleri ve püskürtme basıncının yanında bitki deseni ve uygulanan pestisit biyolojik etkinliğine bağlıdır (Klein and Johnson 2002). Basınç arttığında, çoğu püskürtücü daha ince bir damlacık boyutu spektrumu üretir (Mueller and Womac, 1997; Ozkan, 1998; Etheridge vd., 1999). Damlacık boyutu, hızı ve yönü sürüklenmeyi etkilemektedir. Daha büyük damlacıklar momentumlarını daha uzun süre korurlar ve bu nedenle sürüklenme daha az olmaktadır. Her koşul altında sürüklenmeye neden olan spesifik bir damlacık boyut aralığı olmasa da birçok araştırmacı sürüklenme eğilimi gösteren damlacıkları 75 µm 'den daha küçük (Miller and Hadfield 1989; Hobson vd., 1993), 100 µm'den daha küçük (Bode, 1984), 150 µm'den daha küçük (Combella vd., 1996) ve 200 µm'den daha küçük (Bouse vd., 1990) olarak tanımlamıştır. Bununla birlikte 100 µm'den küçük damlalarda bulunan püskürtme hacmi ile sürüklenme arasında zayıf bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır (Butler Ellis and Bradley, 2002).

Damlacık spektrumu, orifis çıkışına, memenin püskürtme açısı ve çalışma hızına bağlı olup bu durum sprej kalitesini belirlemektedir. Bu sebeple istenen püskürtme paternini oluşturan bir meme seçmek önemlidir. Damlacık boyutları 10-1000 µm aralığında değişiklik göstermektedir. Tek bir memenin püskürtme paterni, uygulama basıncına,

meme yüksekliğine ve memenin yönlendirildiği açıya bağlıdır (Azimi vd., 1985). Kaplama oranı, damlacık boyutu, ilaçlama normu ve pestisit etkinliği gibi çeşitli sprey özelliklerinin de sürüklenme potansiyelini etkilediği tespit edilmiştir (Johnson vd., 2005).

Pestisit uygulamalarında pülverizasyonu sağlayan meme tipi, orifis ölçüsü, püskürtme açısı, konum açısı, püskürtme yüksekliği ve meme arası mesafeye bağlı yapısal özellikler, yardımcı hava akımlı ünitelerde hava hızı, hava debisi ve hava yönüyle ilgili mühendislik parametreleri, uygulama hacmi, ilerleme hızı ve püskürtme basıncına bağlı işletme parametreleri, pestisit uygulama zamanında hava sıcaklığı, hava nemi, rüzgar hızı ve rüzgar yönüne bağlı meteorolojik etmenler, yaprak ilaçlamasında bitki boyu, yaprak yüzey özelliği ve yaprak alan indeksine bağlı bitkisel özellikler ve püskürtülen sıvının viskozitesi, yoğunluğu, sıcaklığı ve yüzey gerilimine bağlı fiziksel özellikler pestisit uygulama performansını etkileyen faktörlerdir (Hoffmann and Salyani 1996; Panneton vd., 2000; Zhu vd., 2002; Bayat and Bozdoğan 2005).

Ön orifis odalı kaba yapılu damlalar üreten püskürtme memelerinde hacimsel dağılım düzgünlüğünün püskürtme yüksekliğine (40-70 cm) bağlı iyileştiği (Womac vd., 2001), düşük basınçlı standart memede en uygun yüksekliğin 38 cm olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 1995). Damla tutunma etkinliği elektrostatik yüklemeli döner diskli memelerde püskürtme yüksekliğindeki artışa bağlı olarak azaldığı ve en büyük tutunmanın 30 cm yükseklikte sağlandığı ortaya konmuştur. Döner diskli memelerde püskürtme yüksekliği arttıkça, yatay konumlu memeden teğetsel püskürtülen damlaların kinetik enerjisi azaldığından hedefe ulaşma süreleri artmakta ve türbülans etkisiyle hedef yüzeyde toplanma etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır (Dursun ve Çilingir, 1994). Bu tip püskürtme memelerinde 30 cm püskürtme yüksekliğinin altındaki damlaların hem düşey hem de yatay yönde, 50 cm üzerinde damlaların rüzgârsız hava koşulunda hedefe düşey yönde taşınabildiği belirtilmiştir (Bode vd., 1983).

Hacimsel dağılım düzgünlüğü, tarımsal ilaçlama uygulamalarında püskürtme memesi performansıyla ilgili en önemli göstergelerden birisidir (Wang vd., 1995). Prairie Tarım Makinaları Enstitüsü (PAMI, Kanada) laboratuvar koşullarında paternatörde durağan konumda yapılan ölçümlerde sıvı dağılımının %15 düzeyindeki varyasyon için kabul edilebilir seviyelerde olduğunu belirtmiş (Azimi vd., 1985; Bode vd., 1983), %10 düzeyindeki varyasyon için sıvı dağılımı “oldukça homojen” olarak ifade edilmiştir

(Azimi vd., 1985; Krishnan vd., 1988). Tarla koşullarında burada oluşan titreşim tekerlekte oluşan patinaj sebebiyle ilerleme hızındaki varyasyon ve rüzgâr sebebiyle meydana gelen hava türbülansları (Krishnan vd., 1993) hedef yüzeyde ilaç dağılım düzgünlüğünün bozulmasına neden olmaktadır (Womac vd., 2001).

Orifis ölçüsü, hidrolik memelerde aynı işletme şartlarında uygulama hacmine bağlı değişken durumundadır. Püskürtme meme ölçüsü, çalışma koşullarındaki parametrelere göre belirlendiğinden, farklı orifis büyüklüklerinde tasarlanmaktadır. Yabancı ot, hastalık ve zararlı etmenlerine karşı bitki yetiştirme süresi boyunca çoğunlukla aynı nominal ölçülü püskürtme memeleri kullanılmaktadır. Yüzeysel dağılım düzgünlüğünün herbisit uygulamalarında tekdüze olması, yaprak uygulamasında ise damla penetrasyonunun yüksek olması ve hedef yüzeyin yeterli miktarda kaplanması istenmektedir. Bu sebeple, bitkinin vejetatif gelişimine bağlı artan bitki boyu, yaprak alanı ve yoğunluğu damla penetrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, belirli sınırlarda uygulama hacminin artırılması yüzey kaplama yönünden istenilen bir özelliktir. Fakat, aynı ölçülerdeki püskürtme memelerinde işletme parametrelerinin istenilen sınırların dışında kullanılması uygulamanın başarısını azaltabilmektedir. İşletme basıncı artırıldığında basınç ile debi arasındaki ilişkiden dolayı damla taşınma artışı doğrusal olarak artmamakla birlikte, damla boyutu küçüldüğünden sürüklenme potansiyeli artış göstermektedir. Bu durumun aksine uygulama hacmini azaltmak için orifis ölçüsü büyük olan püskürtme memelerinde işletme basıncının azaltılması da damla dağılımındaki varyasyonu artırmaktadır (Salyani, 1999). Bu sebeple, büyük orifis ölçülü püskürtme memelerinde hacimsel dağılım düzgünlüğünün yüksek işletme basınçlarında iyileştiği bildirilmiştir (Azimi vd., 1985; Womac vd., 2001; Dursun vd., 2005).

Pülverizatörle yapılan pestisit uygulamalarında en uygun ilerleme hızının 6-8 km/h aralığında olduğu ve rüzgâr hızının fazla olduğu zamanlarda uygulamanın düşük hızlarda yapılması gerektiği belirtilmiştir (Teejet, 2013). Bununla birlikte, yapılan bazı araştırmalarda hedefe taşınan ilaç miktarının ilerleme hızıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir. Sürüklenme önleyici püskürtme memeleriyle gerçekleştirilen yüzeysel ilaçlamada, sabit uygulama normunda ilerleme hızının (6.4, 13.0, 19.0 ve 26.0 km/h) artışıyla hedef yüzeyde kaplama oranı, damla sayısı ve damla taşınma etkinliğinin arttığı saptanmıştır. Düşük ilerleme hızlarında hedef yüzeyin kaplama oranı (%14) yeterli bulunmamıştır (Womac vd., 2001). Aynı şekilde bahçe ilaçlamasında da hedef yüzeye

taşınan etkili madde miktarının ilerleme hızıyla birlikte arttığı belirtilmiştir (Whitney vd., 1989; Peterson ve Hogmire, 1995; Hogmire and Peterson, 1997).

Konik hüzmeli memeler ekonomik ve kolay temin edilebilmektedir. Bununla birlikte yüzey kaplama oranının fazla olması, ince yapılı damlalar oluşturması, montajı için özel bir ekipman gerektirmemesi, şeritsel uygulama tekniğine uygun olması ve yüksek basınçlarda kullanım avantajı gibi nedenlerle kullanıcının meme tercihinde ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Standart tip yelpaze hüzmeli meme tipleri için meme debisi, meme gövde rengi, nominal basınç ve püskürtme açısı değişkenleri standartlaştırılmıştır. Ancak, konik hüzmeli memelerde orifis çapı dışında meme debisi ve püskürtme açısıyla ilgili geliştirilmiş bir standart olmamakla birlikte, çiftçi düzeyinde ve bilimsel araştırmalar kapsamında referans değerlere rastlanmamıştır. Bağ, bahçe ve tarla ilaçlamalarında geniş kullanım alanına sahip olan konik hüzmeli memelerin işletme özelliklerinin bilinmesi pülverizatörün kalibrasyonu açısından büyük önem arz etmektedir. Püskürtme açısı, pülverizatörün püskürtme kolu yüksekliğini belirlerken başvurulan ilk ve tek püskürtme özelliğidir. Buna ilaveten, şeritsel pestisit uygulamalarında püskürtme açısının bilinmesi, püskürtme memesinin şeritsel hat üzerinde doğru bir şekilde konumlandırılması ve meme sayısının belirlenmesi bakımından büyük önem oluşturmaktadır (Çomaklı, 2017).

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'dir. Döner diskli memeye yürütülen denemelerde, memeler arası mesafe 110 cm, püskürtme yüksekliği 30 cm ve işletme basıncı 1.5 bar olarak bulunmuştur. Sabit işletme basıncında meme debisi 0.66 l/min olarak elde edilmiştir. Memelerin konum açısı 30° (Bode vd., 1983) olup, traktörün ilerleme yönüne zıt istikamette monte edilmiştir. Diskler, 12 voltluk DC motorla tahrik edilmektedir. Disk hızı, kayış kasnak mekanizmasıyla ayarlanabilmektedir (Micron, 2008, Sayıncı ve Bastaban, 2011).

Püskürtme memesin konum açısı, damlaların geniş bir yelpazede dağılmasını sağlamakla birlikte belli bir yükseklikte örtme alanına göre kaplama oranını artırmakta ve durağan şartlarda hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir. Hidrolik memelerin konum

açısı genellikle 0-30° arasında değişim gösterirken (Azimi vd., 1985) içi dolu konik hüzmeli memelerin konum açısı 30-45° arasında değişim göstermektedir (Srivastava vd., 1993; Teejet 2006; Sayıncı ve Bastaban 2009).

Meme konum açısının statik koşullarda, hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirdiği belirlenmiştir (Azimi vd., 1985). Fakat meme konum açısının artması damlanın düşey yöndeki kinetik enerjisini azaltmakta bu da penetrasyon etkinliğinin azalmasına sebep olmuştur. Değişen çevre koşullarında tarla çalışmalarına yönelik yeterli miktarda çalışma olmamakta yalnızca yerfıstığı ilaçlamasına yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada konum açıları 0-15° konumlandırılmış olup standart memelerin ilaç penetrasyonunun değişim göstermediği bildirilmiştir (Zhu vd., 2002). Püskürtme memesinin konum açısı, hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmekte, fakat damla hızı azaldığından konum açısı işletme koşulları ve püskürtme memesi tipine göre belirlenmelidir. Çalışma koşullarında işletme basıncının meme için önerilen seviyelerde kullanılması, ilaç kayıpları ve dağılımdaki varyasyonun azalması açısından önem göstermektedir (Sayıncı ve Bastaban 2009).

Suya duyarlı kartlar, ilaçlama ünitelerinin başarısını tespit etmek amacıyla kalitatif ölçümlerde kullanılmaktadır (Sumner vd., 2000). Püskürtme sırasında yüzeye temas eden damlalar yayılarak iz bırakmakta ve mavi renkli lekeler oluşmaktadır. Bu lekeler sayesinde kaplama oranı ve damla boyutu tespit edilebilmektedir. Bu amaçla “SigmaScan (Systat Software Inc., USA)”, “UTHSCSA ImageTool (The University of Texas Health Science Center, USA)” ve “Image-Pro Plus (Media Cybernetics Inc., USA)” gibi görüntü işleme yazılımlarından faydalanılmaktadır (Sayıncı ve Bastaban, 2009).

Suya duyarlı kartlar iyi bir tahminleme performansı göstermekte ve kaba ölçüm metodları içinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Damla boyut analizi amacıyla farklı örnekleme materyallerinin kıyaslandığı bir çalışmada, silikon yağı metodunda analizlerin daha hassas bir şekilde ele alınması gerektiği belirlenmiştir. Cam yüzeylerde küçük çaplı damlaların hızlı bir şekilde buharlaşma gösterdiğinden analizlerin yapılamadığı belirtilmiştir. Suya duyarlı kartlar ile damla boyutu kolay bir şekilde analiz edilmekte, fakat kalitatif ölçümlerde çevre ortamının olumsuz koşullarından korunması gerektiği tespit edilmiştir (Degré vd., 2001).



Suya duyarlı kart görüntülerinin alınması ve bilgisayar ortamına iyi bir çözünürlükte aktarılması için optik tarayıcılar (Franz, 1993), dijital kameralar (Panneton, 2002) ve video kameralar (Salyani and Fox, 1999) kullanılmaktadır. Görüntü işleme analizi ile suya duyarlı kartların kullanıldığı araştırmalarda görüntülerin farklı çözünürlüklerde ele alındığı saptanmıştır. Coates and Palumbo (1997), 400 dpi çözünürlükte suya duyarlı kartlarda damlaların kaplama oranını, Marçal and Cunha (2008) 600 dpi çözünürlüğün leke boyut analizi için en iyi tarama çözünürlüğü olduğunu tespit etmiştir. Sánchez and Medina (2004) araştırmalarında 2400 dpi çözünürlükte leke görüntülerinde en uygun eşik yoğunluğunda analize tabi tutmuştur.

50 µm'den küçük çaplı damlaların suya duyarlı kartlarda analiz edilemediği tespit edilmiştir (Coates, 1996). Çok ince yapılı damlalar, suya duyarlı kart yüzeyine taşınabilse bile tarayıcı ile analiz ortamına aktarıldığında görüntü işleme aşamasında sorunlar oluşabilmektedir. Bunun sebebi görüntü üzerinde belirli seviyede eşik uygulandıktan sonra küçük çaplı lekeler seçilemediğinden analiz edilememektedir. Leke boyut analizini sınırlandıran etmenlerden biri de yüzeye taşınan damlaların üst üste gelmesidir (Fox vd., 2001; Panneton, 2002). Analiz yapılmadan önce bu lekeler operatör kontrollü tahmin yoluyla seçilerek elimine edilmektedir.

## 1.2. Literatür Özeti

Azimi vd. (1985), çalışmalarında bazı hidrolik memelerde püskürtme yüksekliği, işletme basıncı, meme kapasitesi ve konum açısının, hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada hacimsel dağılım düzgünlüğünün belirlenmesinde paternatör (3 cm aralıklı 80 kanallı) kullanılmıştır. Bulgularda, hacimsel dağılım düzgünlüğünün püskürtme yüksekliği ve işletme basıncındaki artışla iyileştiği saptanmıştır. Araştırmalar sabit 51 cm püskürtme yüksekliğinde püskürtme memesi konum açısının 0°'den 30°'ye artırılması hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, meme orifis ölçüsü arttığında hacimsel dağılım düzgünlüğünün arttığı tespit edilmiştir. Yelpeze hüzmeli memelerde 207 kPa işletme basıncının altında yapılan denemelerde 51 cm sabit meme mesafesinde hacimsel dağılım düzgünlüğü %10'dan daha fazla bulunmuştur. Buna göre, meme mesafesinin 51 cm'den daha az olması durumunda püskürtme yüksekliği ve basınçta oluşabilecek azalış ve artışlara karşı daha az hassasiyet göstererek hacimsel dağılımın daha düzgün olabileceği ortaya konmuştur.

Franz (1993), çalışmasında taşınabilir tarayıcı ile suya duyarlı kartlar ve kromekote kartlar kullanılarak alınan görüntü verilerini; damla sayısı, damla büyüklüğü ve kaplama oranı bilgisine dönüştürmek için bir yazılım oluşturmuştur. Arazi koşullarında farklı nem seviyelerinde, suya duyarlı kartlar ve taşınabilir tarayıcı yardımıyla püskürtme dağılımını tespit etme işleminin büyük ölçüde ölçümü gerçekleştiren kişiye bağlı olduğunu belirlemiştir. Farklı nem seviyelerinde, suya duyarlı kartlar tarayıcı ve yazılım kullanarak göreceli karşılaştırma yoluyla analiz edilebildiği, seçilen eşik değerinin üzerinde 210-1050 µm çapları arasında değişen damlaların bulunduğu kartların, doğru bir biçimde analiz edilebileceğini belirtmiştir.

Wang vd. (1995), laboratuvar ortamında simüle edilen düzenekte Teejet XR11004 ölçülü standart yarık tip yelpaze huzmeli memede; işletme basıncı (138 kPa, 276 kPa, 414 kPa), püskürtme yüksekliği (30.5 cm, 38.1 cm, 45.7 cm) ve meme malzemesinin (pirinç, sertleştirilmiş paslanmaz çelik, seramik, polimer, paslanmaz çelik) hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisini araştırmıştır. Denemelerde püskürtme hattına üç adet meme bağlanmış ve örnekleme için püskürtme çubuğunun altına üç farklı yükseklikte şerit tipi toplayıcıların yer aldığı hareketli bir deney düzeneği yerleştirmişlerdir. En düşük varyasyonun 38,1 cm yükseklikte sağlandığı çalışma sonuçlarına göre püskürtme yüksekliğinin etkisi çok önemli, işletme basıncının hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Metal olmayan memelerde varyasyonun daha düşük olduğu saptanmış ve varyasyon katsayısı %9,6 ile %11,9 arasında değişim göstermiştir. Varyasyon katsayısı küçükten büyüğe doğru sırasıyla; %9.6 (seramik), %10.0 (polimer), %11.6 (sertleştirilmiş paslanmaz çelik), %11.9 (paslanmaz çelik) ve %11.9 (pirinç) olarak elde edilmiştir.

Yarpuz (1997), yaptığı çalışmada pnömatik pülverizasyon ile farklı uygulama hacimlerinin (5, 10, 15 ve 20 l/da), ilaç dağılım düzgünlüğü ve iş genişliği üzerindeki etkilerini saptamıştır. Pnömatik pülverizatörün yönlendirme borusu hareketli ve sabit konumlarda çalıştırılarak, teorik iş genişliği boyunca yatay ve düşey düzlemlerden örnekler alınmıştır. Araştırmada püskürtme sıvısı olarak BSF (Brillant Sulpho Flavin) içerikli su, toplama yüzeyi olarak filtre kâğıtları kullanılmıştır. Filtre kâğıtları üzerindeki iz maddesi miktarı fluorometrik yöntemle saptanmıştır. Yatay ve düşey hedefler üzerindeki iz maddesi miktarları ölçülerek, her uygulama hacmi için ortalama kalıntı

miktarı ve deęiřimi (%CV) hesaplanarak karřılařtırmalar yapılmıřtır. Sonuçlarda, en fazla kalıntı miktarı dūsey dūzlemde ve sabit meme konumunda bulunmuřtur. En dūřuk %CV, hareketli konumda, 15 l/da'lık uygulama hacminde yatay dūzlemde ortaya çıkmıřtır. Tūm uygulamalarda hareketli ve sabit konumda iř geniřlięi boyunca kalıntı miktarı %13,29 ile %56,38 arasında deęiřmiřtir.

Salyani ve Fox (1999), portakal bahçesinde 4 tekerrūrlū olarak gerçekleřtirdikleri çalıřmalarında 3 adet hava akımı destekli pūlverizatōrū farklı ilaç normu ve ilerleme hızlarında denemiřlerdir. Pūlverizasyon kalitesini belirlerken hedef yūzey olarak suya duyarlı kartlar ve yaęa duyarlı kartlar kullanmıřlardır. Denemede pūskūrtūlen sıvı petrol yaęı (Sunspray 7E) sabit oran olarak 37.5 l/ha ve su oranları ise 220-3750 l/ha olarak ele alınmıřtır. Hedef yūzeyler farklı yūkseklilerde tacın dıř kısmına ve ta iz dūřūmūnūn 0.3 ve 0.4 m iç kısmına konumlandırılmıřlardır. Suya duyarlı ve yaęa duyarlı kartların her birini ilaçlamada altta ve ūstte olmak ūzere iki komřu yapraęa yerleřtirmiřlerdir. Hedef yūzeyler gōrūntū iřleme teknięiyle analiz etmiřlerdir. Daęılım dūzgūnlūęūnūn deęerlendirilmesinde; yūzey kaplama oranı, ortalama damla çapı, hacimsel ortalama çap ve damla yoęunluęu gibi karakteristikler kullanılmıřtır. Çalıřmada daęılım paternlerinde ōnemli varyasyonların ortaya çıktıęını belirlemiřlerdir. Suya duyarlı kartlar ve yaęa duyarlı kartlar hedeflerin konumlandırıldıęı yerlerden ōnemli derecede etkilenmiřtir. Çalıřma sonucunda; ilaçlama kalitesinin belirlenmesinde, yūzey kaplanma oranını en gūvenilir parametre olarak ortaya koymuřlardır.

Degre vd. (2001), laboratuvar ortamında gerçekleřtirdikleri denemelerde, pūskūrtūlen çap deęerlerini gōrūntū iřleme yōntemiyle tespit etmiřlerdir. Bu kapsamda hedef yūzeylere yerleřtirilen, suya duyarlı kâęit (WSP), silikon yaę ve cam yūzeyler kullanmıřlardır. Yūzeyler ūzerinde oluřan damlaların hacimsel daęılımları belirlemiřlerdir. Çalıřmada, basınç deęeri olarak 200 kPa ve 400 kPa ve 100 l/ha ilaç normu seçmiřlerdir. Suya duyarlı kâęitlerin, kolay ve uzun sūreli muhafaza edilme sūreleri sebebiyle en avantajlı yūzey olduęunu bildirmiřlerdir. Suya duyarlı kâęitlerde, gōrūntū iřleme yōnteminin, mevcut yōntemlere gōre daha iyi sonuçlar verdięini ortaya koymuřlardır.

Zhu vd. (2002), çalıřmasında yerfıřtıęı ilaçlamasında yelpaze hūzmelili memede damla penetrasyonuna; konum açısı (0°-15°), bitki yūkseklilięi (ūst, orta ve alt bōlge), meme orifis

ölçüsü (8001VS, 8003VS, 8005VS), ekim yöntemi (tek ve çift sıralı ocağa ekim), ilaçlama dönemi ekimden 48, 68 ve 109 gün sonra, yaprak alan indeksi (her ilaçlama dönemi öncesi) ve yaprak yoğunluğunun (her ilaçlama dönemi öncesi) etkilerini araştırmışlardır. Araştırma boyunca 6.4 km/h traktör ilerleme hızı ve 276 kPa işletme basıncı sabit tutulmuştur. Toprak yüzeyinden 50 cm yükseklikten uygulama gerçekleştirilmiştir. Tek sıralı ekimde her sırada bir adet püskürtme memesi ve çift sıralı ekimde her sırada iki püskürtme memesi (meme arası mesafe 45 cm) konumlandırılmıştır. Bulgulara göre, ekim yöntemi ve konum açısının damla penetrasyonuna etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca üç ilaçlama döneminde bitkinin alt bölgesine taşınan etkili madde miktarı en düşük standart yelpaze hüzmeli memede belirlenmiş ve en yüksek taşınma ise hava emişli meme ile elde edilmiştir. Ekimden 48 gün sonra yapılan uygulamada bitkinin alt ve orta bölgelerinde tutunan etkili madde miktarı, meme orifis ölçüsüyle birlikte artmıştır. Fakat, geç dönemde bu artış önemsiz bulunmuştur. Ekimden 109 gün sonra yapılan uygulamada bitkinin üst bölgesine taşınan sıvı hacmi azaldığı tespit edilmiştir. Tüm meme tiplerinde yaprak alan indeksi arttıkça bitkinin alt bölgesindeki tutunma miktarının azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada, yaprak alan indeksi ve bitki yüksekliğinin damla penetrasyonu açısından daha önemli olduğu belirtilmiştir.

Fox vd. (2003), çalışmalarında yüzey kaplama oranlarının hesaplanmasında en kullanışlı yöntemlerden bir tanesinin suya duyarlı kartlarla yapılan analizler olduğunu bildirmişlerdir. Suya duyarlı kartlar üzerine su damladığı zaman mavi renge dönen parlak sarı madde ile kaplanmıştır. Damlaların yüzey kaplama oranını ve sayısını, gözle sayarak ve görüntü işleme tekniği kullanarak belirlemişlerdir. Gözle sayılan damlalarda damla yoğunluğu, bu konuda tecrübeli kişilerce sayıldığında, görüntü işleme yöntemine göre daha düşük bulunmuştur. Bu yöntemler arasındaki fark, hedefteki damla sayısı arttıkça ortaya çıkmıştır. Sonuçlara göre damlayla kaplı alan ile gözle sayımdan elde edilen sonuçlar arasında büyük farklar bulunmuştur.

Sánchez-Hermosilla ve Medina (2004), çalışmalarında pülverizatörlerde geliştirdikleri kaplama oranı ölçüm tekniğinde, üzerinde damlacıkların bulunduğu suya duyarlı kartları taramış ve bilgisayara aktarmışlardır. Görüntü önce gri seviyeye dönüştürülmüş ve ardından segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Damlacıklarda kenarları belirlemek amacıyla 3 farklı operatör tarafından CAD yazılımlarında analizler yapılmış ve en iyi eşik

değeri hesaplanmıştır. CAD yazılımı yardımıyla damlacığın kenarları bozulmadan zoom yapılabilir. Üç operatör tarafından belirlenen ölçümün ortalaması gerçek kaplama oranını belirlemiştir. Sonuç olarak, en iyi eşik değeri benzer şekilde kaplama oranı ve eşik değeri ilişkisinden hesaplanmıştır.

Sayınacı ve Bastaban (2008), ilacın hedef dışına taşınmasına etki eden rüzgâr hızı, meme tipi vb. faktörlerin etkisini minimuma indirmek için püskürtülen sıvının hedef yüzey üzerindeki etkinliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada, kalitatif yöntemlerle damla yoğunluğu tespit edilerek damlaların yüzey kaplama oranlarını ortaya koymuşlardır. Uygulamada suya duyarlı kartlar kullanılarak farklı görüntü işleme yazılımlarıyla damlaların oluşturduğu kaplama oranı belirlemişlerdir. Damla çapı ölçümü için ideal bir yöntem olan suya duyarlı kartlardan damla çapının pratik ve kısa sürede ölçüldüğü fakat püskürtme esnasında ortamın sıcaklığından dolayı buharlaşan küçük çaplı damlaların belirlenemediği ve daha net sonuçların elde edilmesi için analizlerin laboratuvar koşullarında yapılması gerekliliğini belirtmişlerdir.

Sehsah ve Kleisinger (2009), çalışmalarında pestisitlerin hedef dışı sürüklenmesinde rüzgâr hızı, uygulama basıncı ve bum yüksekliğinin etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmada, rüzgarların hedef dışı taşınmadaki etkisi ve rüzgâr hızının püskürtme paterni üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Yapay rüzgâr üretmek için elektrikli motora (2.2 kW) sahip aksel fan kullanmışlardır. Farklı püskürtme memesi tiplerinde püskürtme paternini değişimlerini ortaya koymuşlardır. İşletme basıncı değerleri 3, 4 ve 5 bar olarak ele almışlardır. Rüzgâr tüneli sonunda püskürtülen akışkan 150 adet silindir tüpünde toplamışlardır. Sonuç olarak püskürtme kolu yüksekliğinin hacimsel dağılım düzgünlüğünü doğrudan etkili olduğu belirlemişlerdir.

Sayınacı ve Bastaban (2011), çalışmalarında çift akışlı hidrolik memeler, konik hüzmeli, hava emişli, standart yelpaze hüzmeli döner diskli meme ve yardımcı hava akımlı püskürtme başlığı kullanılarak damla sürüklenme etkinliklerini kıyaslamışlardır. Bulgularda hava emişli ve çift akışlı hidrolik memelerde uygulanan sıvı hacminin %80-%99.5 aralığında hedefe iletildiğini belirlemişlerdir. Bu oranlar döner diskli memede %44-%51, standart yelpaze ve konik hüzmeli memelerde %66-%78, yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında %63-%64 aralığında değişmiştir. Patateste yaprak üzerine iletilen damlalar en yüksek %50 ile hava emişli ve %48 ile çift akışlı hidrolik memelerde

bulunmuştur. Yardımcı hava akımlı püskürtme başlığında damla sürüklenme etkinliği %23 ile diğer uygulamalara göre daha düşük tespit edilmiştir. Damlaların yaprak altına taşınma etkinliği en yüksek %14 ile yardımcı hava akımlı uygulamayla ortaya konmuştur.

Zhu vd. (2011), damla kaplama alanını ve kalıntı dağılımını pratik bir şekilde belirleyebilen taşınabilir tarayıcı geliştirmişlerdir. Çalışmada suya duyarlı ve kromekote kartlardan yararlanılmışlardır. Görüntü işleme amacıyla "DepositScan" isimli özel olarak tasarlanmış bir program kullanmışlardır. Ayrıca program, "ImageJ" tarafından oluşturulan bir dizi özel eklenti ile püskürtme kalıntılarının dağılımını tanımlayabilmektedir. Çalışmada, kartlar üzerindeki kalıntılar tarayıcı tarafından taranmış, bilgisayara aktarılmış ve program tek damla boyutunu, toplam damlacık sayısını, damlacık yoğunluğunu, sprey kaplama oranını ve kalıntı miktarını tablo olarak vermişlerdir. Sonuç olarak, taşınabilir tarama cihazının farklı çalışma şartlarında, püskürtme özelliklerini pratik bir şekilde belirlemede yardımcı olacağı belirtmişlerdir.

Cunha vd. (2012), suya duyarlı kartlar kullanılarak yaptıkları çalışmalarında ImageTool, DropletScan, Stain Master, Gotas Stain Analysis, Agro Scan, ve Spray image I and II gibi birkaç farklı görüntü işleme yazılımını, damlacık boyutu spektrumu, kaplama oranı ve manuel sayım ile doğrulanmış boyut dağılımı gibi özellikler açısından kıyaslamışlardır. Yazılımlar arasındaki farklar incelendiğinde; kaplama yoğunluğu için <math><3\%</math>, damla yoğunluğu için %6,7, kaplama alanı için <math><3\%</math> ve hacimsel medyan çapı için %11,5 olarak tespit edilmiştir. Buna ilaveten 16 damlacık boyut dağılımında, tüm programlar arasındaki fark %15'ten daha az olarak saptamışlardır. Ancak, görüntü işleme programlarının çoğunda, kaplama oranının %17'den büyük olduğu durumlarda kaplama yoğunluğu ölçümünde doğru sonuçlar vermediğini ortaya koymuşlardır. Çalışmada, Spray\_image II yazılımının, diğer programlara göre kaplama alanı, damla boyutu spektrumu ve damlacık boyut dağılımı için en hassas sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, damla özelliklerinin uygun bir görüntü işleme yazılımı tarafından doğru bir şekilde belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

Minov vd. (2013), araştırmalarında mevcut ölçüm teknikleri sonuçları ile yatay paternatör, Doppler Analiz lazer ve akış test tezgâhında görüntü işleme yöntemiyle elde edilen püskürtme özelliklerini mukayese etmişlerdir. Bu doğrultuda, beş farklı hidrolik püskürtme memesinin sıvı akış yüksekliği, püskürtme açısı ve paterni değişimlerini yeni

geliştirilen yüksek hızlı görüntüleme sistemiyle belirlemişlerdir. Farklı püskürtme basıncı ve meme kombinasyonlarında dört farklı yükseklikten püskürtme açıları belirlenmiştir. Firma tarafından nominal püskürtme açısı değeri  $80^\circ$  olarak verilmiş Albuz ATR kırmızı ve Albuz ATR turuncu konik hüzmeli memelerin, ölçülen püskürtme açısı değerleri sırasıyla;  $79.6-90^\circ$  ve  $80.7-96.9^\circ$  arasında tespit etmişlerdir. Nominal püskürtme açıları  $110^\circ$  olan TeeJet XR 110 01, TeeJet XR 110 04 ve TeeJet AI 110 04 yelpaze hüzmeli memelerde ise ölçülen püskürtme açıları sırasıyla  $108.5-119.0^\circ$ ,  $113.8-132.1^\circ$  ve  $117.6-123^\circ$  arasında değişim gösterdiği tespit etmişlerdir. Sıvı akış yüksekliği değerleri incelendiğinde en yüksek değer  $43.1$  mm ile TeeJet AI 110 04 meme tipinde, en düşük değer ise  $18.5$  mm ile TeeJet XR 110 01 meme tipinde ortaya çıkmıştır. Görüntü işleme tekniğiyle belirlenen püskürtme paterninin,  $400$  kPa basınçta, TeeJet XR 110 04 meme tipinde, 4 farklı yükseklikte  $22.1-85.9$  cm arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Sayınacı vd. (2013), çalışmalarında farklı meme tiplerinde ve girdap plakası kombinasyonlarının uygulama hacmini ve damla boyutunu değiştirdiğini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte paslanmaz çelik, plastik ve seramik meme tipleri ile paslanmaz çelik ve plastik girdap plakalarının hacimsel dağılım düzgünlüğü belirlenmiş olup %CV değerlerini karşılaştırmışlardır. Araştırmada 27 farklı püskürtme memesi ve girdap plakası kombinasyonunda 9 farklı işletme basıncında debi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Farklı renklerdeki plastik girdap plakalarının farklı özellikler gösterdiği ve püskürtme memesinin karakteristiğini değiştirdiği belirlenmiştir. İşletme şartları sabit tutularak püskürtme memelerinin hacimsel dağılım düzgünlüğü incelendiğinde, konik hüzmeli memelerin yelpaze hüzmeli memelerden daha küçük çapta damlacıklar ürettiği görülmüştür. Sonuç olarak, orifis çapı dar olan püskürtme memelerinin orifis çapı büyük olan püskürtme memelerine göre daha yüksek basınç değerlerinde çalıştırılması gerektiği tespit edilmiştir.

Minov vd. (2015), damla karakteristiklerini belirlemeyi hedefledikleri çalışmalarında; Damlanın oluşturulmasında ilk yöntem olarak talebe bağlı damla üretebilen ‘‘Droplet-on-Demand’’, ikinci yöntemde ise 4 farklı orifis boyutuna sahip sürekli damla üretebilen piezoelektrik esaslı tek damla jeneratörü kullanmışlardır. Damlacık jeneratörü ya tek bir damla ya da sürekli akış sağlayan düzenli boyutlarda damlalar üretebilmektedir. Çalışmada, yüksek hızlı görüntüleme sistemi ve farklı görüntü işleme algoritmaları kullanılmış olup değişik orifis ölçülerinde talebe bağlı damlacık üreten yöntemde çarpma

genişliği ve s¼rekli y¼ntemde frekans ve çarpma genişliğinin damlacıklar arası mesafe, damlacık hızı ve damlacık boyutu ¼zerindeki etkilerini ortaya koymuşlardır. Sistemin, talebe bağlı damlacık ¼reten y¼ntemde 134,1-461,5  $\mu\text{m}$  aralığında ve s¼rekli y¼ntemde ise 167,2-458,6  $\mu\text{m}$  aralığında değişen çaplarda damlacıklar ¼rettięini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, damlacık hızlarının s¼rekli y¼ntemde 1,8-4.7 m/s, talebe bağlı damlacık ¼reten y¼ntemde ise 0,08-1,8 m/s arasında değişim g¼sterdięini saptamışlardır. Damlacık g¼r¼nt¼s¼ analiz y¼ntemiyle, ¼l¼m y¼ntemi kullanılarak yapılan bulguların birbiriyle uyum g¼sterdięini belirlemişlerdir.

Sayınacı ve Kara (2015), yarıklı s¼zge, ek valfli silindirik s¼zge, yuvarlak ve silindirik s¼zge olmak ¼zere d¼rt farklı s¼zgecin p¼sk¼rtme memelerinin bazı işletme ¼zellikleri ¼zerine olan etkilerini araştırmışlardır. Testlerde kullanılan p¼sk¼rtme memelerini s¼zgeli ve s¼zgesiz olarak değişik kombinasyonlarla 1.5, 3.0, 4.0, 6.0 ve 8.0 bar olmak ¼zere 5 farklı basınçta denemeye tabii tutmuşlardır. Çalışmada s¼zge, basınç ve p¼sk¼rtme memesi kombinasyonları ile debi arasındaki ilişki ¼ssel regresyon eşitliği (P) olarak verilmiştir. Basınç ile p¼sk¼rtme memesi debisi arasındaki ilişki ise orifis katsayısıyla (k) birlikte verilmiştir. Sonuçlar kıyaslandığında en d¼ř¼k akış katsayısı ek valfli silindirik s¼zgete belirlenmiştir. Sabit işletme basıncında meme ve s¼zge kombinasyonlarının birbirinden farklılık g¼sterdięi saptanmıştır. Buna ilaveten ek valfli s¼zgelerin p¼sk¼rtme memelerinde  $\pm\%10$  nominal debiden sapma oranı limitini aştığını ifade etmişlerdir.

Vişacki vd. (2016), araştırmasında farklı p¼sk¼rtme y¼kseklięi (40, 50 ve 60 cm) ve işletme basıncında (200, 250, 300, 350, 400 ve 450 kPa) meme orifis ¼l¼s¼ 120-04 olan standart, hava emişli ve çift akışlı yelpaze h¼zmeli memelerin hacimsel dağılım (%CV) d¼zg¼nl¼ę¼n¼ tespit etmişlerdir. T¼m denemelerde en d¼ř¼k %CV'nin hava emişli yelpaze h¼zmeli memeye elde edildiği ve %CV ortalamalarının %10 sınırının altında kaldığını saptamışlardır. En y¼ksek %CV, %8.5-%7.2 aralığında standart memede sağlanmıştır. P¼sk¼rtme y¼kseklięi arttıķa hacimsel dağılımın iyileştiği ve hava emişli memede işletme basıncı arttıķa %CV'nin artma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Bu sebeple hava emişli memelerde işletme basıncının orta seviyede seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.



Connor Ferguson vd. (2016), hava emişli çift fanlı bir meme tipinde basınç, püskürtme memesi konumunun; damlacık sayısı yoğunluğu ve kaplama alanı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bulgularda, kaplama alanı ile meme tipi ve kaplama alanı ile basınç arasındaki ilişki arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur ( $P < 0.001$ ). GAT 11003, 207 kPa basınç değerinde %39.6 ile en yüksek kaplama alanına sahip olmuş ve bunu sırasıyla %38.3 ve %38.6'lük oranla TADF 11003 ve TADF 11005 meme tipi izlemiştir. Sonuçlarda meme tipinin damlacık sayısı yoğunluğu üzerinde anlamlı ( $P < 0.001$ ) bir etkisi olduğu, basıncında damla sayısı yoğunluğu için ( $P < 0.001$ ) önemli olduğunu belirlemişlerdir. 414 kPa basınç değerinde AITTJ 11003 ve MDD 11004 haricindeki tüm meme tiplerinde en yüksek damlacık sayısı yoğunluğu gözlemlenmiştir. En yüksek toplam damlacık sayısı yoğunluğunu 414 kPa basınçta, 73.0 ve 72.6 cm<sup>2</sup> değerlerde sırasıyla GAT 11003 ve GAT 11004 meme tipi ortaya koymuştur. Çalışılan tüm basınç değerlerinde GAT 11003'ün, en yüksek damlacık sayısı yoğunluğuna sahip olduğunu belirtmişlerdir. Test sonuçlarına göre, uygulamanın sürüklenme potansiyelini önemli ölçüde azaltmasının yanında kaplama alanındaki kaybın önlenmesi için kaba damla büyüklüğünün seçilebileceği ortaya konmuştur.

Çetin (2017), 3 bar püskürtme basıncında hüzme açısı ve püskürtme açısı değerlerini kıyaslamış ve değerlerin nominal açı değerlerine yaklaştığını belirlemiştir. Yelpeze hüzmeli memelerde püskürtme açısı ile orifis ölçüsü arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Çalışmada normal ve dar hüzme açılı memelerde, görüntü işleme operasyonu ile belirlenen hüzme açısı ortalama değerlerinin püskürtme açısı ortalama değerleriyle uyumlu olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, paternatörde yapılan püskürtme paterni testlerinin görüntü işleme operasyonu ile yapılabilirliği üzerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Görüntü analizi için MATLAB programı kullanılmış ve hat profili metoduyla meme orifis çıkışından itibaren renk dağılımı esasına dayalı olarak belirli bir yükseklikte püskürtme paternleri çizdirilmiştir. Parametreler değiştirilmeden çalıştırılan püskürtme memeleri paternatörde oluşan patern sonuçlarıyla mukayese edilmiş ve dağılımlar arasında benzerlik gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, paternatör testlerine alternatif olabilecek görüntü işleme tabanlı pratik bir yöntem geliştirilmiştir.



## 2. BÖLÜM

### MATERYAL ve YÖNTEM

#### 2.1. Materyal

Araştırmada, biri tek noktadan olmak üzere ikiz akışlı püskürtme uygulamalarında toplam yedi farklı yelpaze hüzmeli meme tipi kullanılmış ve üç farklı meme konum açısının damla penetrasyonuna olan etkileri incelenmiştir. Uygulamalar, sabit işletme basıncı (200 kPa) ve sabit uygulama hacmi (100 l/ha) koşullarında yapılmıştır. Konum açısının etkisini belirlemek için, bum kolu üzerine 50 cm aralıklarla monte edilen 6 adet meme ilerleme yönüne doğru +15°, yer düzlemine doğru 0° ve ilerleme yönünün tersi istikametinde olan -15°'lik açılarda monte edilmiştir.

#### 2.1.1. Yelpaze Hüzmeli Meme Tipleri

Araştırmada, ikiz akışlı uygulamalarda hava emişli (IDK), yüksek etki alanlı (LU), çift yarıkli (IDKT), düşük sürüklenme potansiyelli (AD), standart (ST) ve standart dar hüzmeli (STN) yelpaze hüzmeli memeler kullanılmıştır. Ayrıca püskürtme uygulamalarına multijet başlıklı SC tip standart yelpaze hüzmeli memeler dahil edilmiş ve konvansiyonel uygulamalar kapsamında tek noktadan püskürtme yapılmıştır (**Şekil 1**).



**Şekil 1.** Yelpaze hüzmeli meme tipleri

Araştırmada ikiz akışlı püskürtme uygulamaları için **Şekil 2**'de gösterilen çift bağlantılı meme başlığı kullanılmıştır.



Püskürtme uygulamaları sabit 200 kPa işletme basıncı ve 100 l/ha uygulama hacminde yapılmıştır. Farklı debiye sahip memelerle sabit uygulama hacminde püskürtme yapmak için ilerleme hızı değiştirilmiştir. İlerleme hızı **eşitlik (1)** kullanılarak belirlenmiştir. Püskürtme sırasında tıkanmayı önlemek için 50 mesh ölçülü silindirik tip süzgeçler kullanılmıştır (Sayıncı, 2014, 2015 ve 2016a). Çalışmada kullanılan meme tipleri ve işletme parametreleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

$$V = \frac{q \cdot 600}{B \cdot N} \quad (1)$$

$V$  : ilerleme hızı (km/h)

$q$  : meme debisi (l/dk@200 kPa)

$B$  : memeler arası mesafe (0,5 m)

$N$  : uygulama hacmi (100 l/ha)

**Çizelge 1.** Meme tipleri ve işletme parametreleri (200 kPa işletme basıncı ve sabit 100 l/ha uygulama hacmi)

*Meme tipi	Pülverizasyon yapısı	Meme sayısı (adet)	Püskürtme yüksekliği (cm)	Toplam debi (l/dk)	İlerleme hızı	
					m/s	km/h
IDK 120015	Kaba (C)	2	40	0.97	3.2	11.6
LU 120015	İnce (F)	2	40	0.97	3.2	11.6
IDKT 120015	Aşırı kaba (EC)	2	40	0.97	3.2	11.6
AD 11002	Orta (M)	2	40	1.29	4.3	15.5
ST 110015	İnce (F)	2	40	0.97	3.2	11.6
STN 80015	İnce (F)	2	70	0.97	3.2	11.6
SC 120025	İnce (F)	1	40	0.81	2.7	9.7

\*: IDK: hava emişli (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE); LU: yüksek etki alanlı (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE); IDKT: çift yarıkli hava emişli (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE); AD: düşük sürüklenme potansiyelli (Seramik, Albuz<sup>®</sup>, FR); ST: standart (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE); STN: dar hüzmeye açılı standart (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE); SC: multi-jet tip standart (POM, Lechler<sup>®</sup>, DE)

### 2.1.2. Deneme Yeri

Denemeler kapalı bir tesiste yürütülmüş olup iç ortamın sıcaklık ve bağıl nemi dijital bir termo-higrometreyle (TFA 30.5013 Dostmann GmbH & Co.KG, DE) ölçülmüştür.

### 2.1.3. Püskürtme Simülatörü

Püskürtme uygulamaları, Sayıncı (2016b) tarafından geliştirilen otomatik hız kontrollü doğrusal hareketli bir püskürtme simülatörüyle yapılmıştır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Püskürtme simülatörü genel görünümü

Simülâtörün kızak bölümü iki adet endüstriyel profile (90×180 mm) monte edilmiş daire kesitli indüksiyonlu millerden oluşmaktadır. Kızak üzerinde 12 metre doğrusal hareket edebilen arabanın çatısında güç kaynağı olarak 1000 W'lık servo motor (Delta ASDA-B2, Tayvan, TW) kullanılmakta olup hareket iletimi çevrim oranı 1/2.5 olan kayış-kasnak mekanizmasıyla sağlanmaktadır. Arabanın hareket kontrolü servo motor sürücüsüne bağlı kişisel bir bilgisayardan kontrol edilmektedir. Sürücü ve motor arasındaki haberleşme, Modbus protokolü üzerinden gerçekleşmektedir. Arabanın ilerleme hızı motor milinin devri değiştirilerek ayarlanmaktadır. Motor mili devri 1-5000 d/dk aralığında değişmekte olup simülâtör hızı 0.28-12.00 m/s aralığında geniş sınırlarda kontrol edilebilmektedir. Simülâtörün bum kolu 2.2 m uzunluğunda arabanın tek tarafında yana açılmış olup püskürtme yüksekliği mekanik olarak ayarlanabilmektedir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Püskürtme simülâtörü yandan görünümü

Hidrolik basınç Şekil 5'de gösterilen 600 litre kapasiteli polietilen depolu bir tarla pülverizatörden (TP600 Piton Taral®, TR) sağlanmıştır. Pülverizatörün pompa tipi piston-membranlı (TAR30, 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 hızda çalıştırılmıştır.



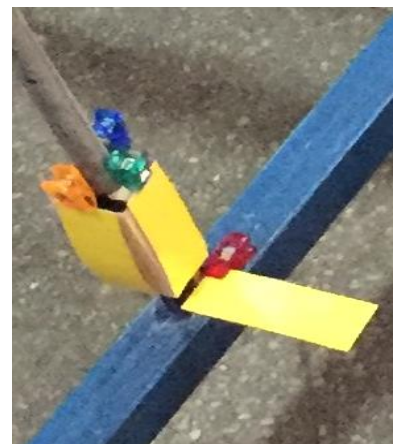
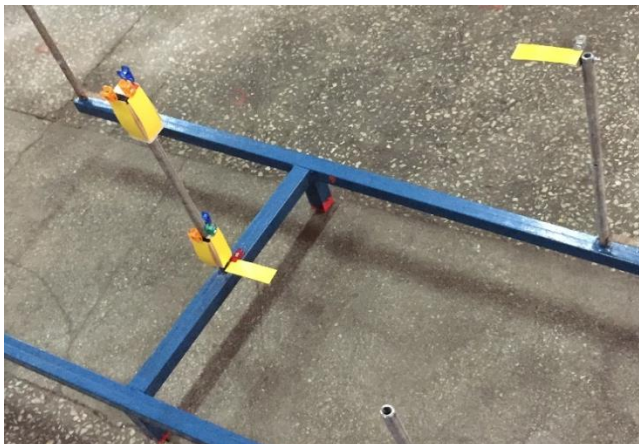


Şekil 5. Pülverizatör ve redüktörlü pompa

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Örnekleme Yöntemi

Örnekleme çalışmalarında suya duyarlı kart (WSP, 26×76 mm Novartis, Syngenta Crop Protection, Basel, CH) kullanılmıştır. Bir klipsle, 40 cm yüksekliğindeki galvaniz kaplı metal direğin üst ve alt bölgelerine dik pozisyonda yerleştirilen kartlar, üç yönlü konumlandırılmıştır. Birinci yön, ilerleme yönüne doğru ön alın yüzeyini; ikinci yön yan yüzeyi, üçüncü yön ise ilerleme yönünün arkasında kalan alın yüzeyini oluşturmuştur. Kartları üç yönde klipsle tutturmak için 30×30×80 mm ölçülerinde ahşap takozlar kullanılmıştır. Ayrıca, yataya taşınan damlaları örnekleme için direklerin her iki yüksekliğine zemine paralel olacak şekilde birer adet kart örneği daha yerleştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Metal direklere yerleştirilen kartlar

Damla penetrasyonu açısından karşılaştırma yapmak için yapay bitkiler kullanılmıştır. Saksıya yerleştirilen yapay bitkilerin taç çapı ortalama 68 cm ve yerden yüksekliği ortalama 56 cm olarak ölçülmüştür. Bitkiler 3×3 grup düzeninde 40×40 cm sıra aralığı ve üzeri mesafelerde yerleştirilmiş ve yaprak alan inseksi 1.84 olarak belirlenmiştir. Kartlar, metal direklerdeki yerleştirme düzeninde olduğu gibi bitkinin kök boğazına yerleştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Yapay bitkinin kök boğazına yerleştirilen kartlar

### 2.2.2. YüzeY Kaplama Oranının Belirlenmesi

Araştırma üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uygulamadan sonra ayrı ayrı toplanan kartlar, kuruması için bir süre beklenmiş ve özel kılıflara konularak muhafaza edilmiştir. Yatay ve düşey oryantasyonda olmak üzere meme tipi, konum açısı, örnekleme bölgesi ve alın yüzeyi olmak üzere ayrı ayrı sınıflandırılan WSP örnekleri tarayıcı kullanılarak 600 dpi çözünürlükte “.jpeg” uzantılı renkli resim dosyası formatında bilgisayara kaydedilmiştir. WSP görüntüleri, Image-J (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA, Java 1.6.0\_02) yazılımıyla gri tonlamalı görüntüye dönüştürülmüştür. Kart görüntülerine 0-255 aralığında uygulanacak eşik değeri ( $t$ , threshold), Sanchez-Hermosilla and Medina (2004) tarafından belirlenen eşitlik (2)'ye göre hesaplanmıştır.

$$t = 0.38g + 78.75 (R^2 = 0.91) \quad (2)$$



Görüntülerin ortalama grilik seviyesi ( $g$ , mean gray level) görüntü işleme yazılımında hazırlanan makro modül kullanılarak belirlenmiştir. Kart görüntülerinin her birine ayrı eşikleme yapılarak yüzey kaplama oranı yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

### **2.2.3. İstatistik Analiz**

İkiz akışlı püskürtme uygulamalarında meme tipi ve meme konum açısı faktörlerinin damla penetrasyonuna olan etkileri, tam faktöriyel düzende varyans analiziyle (ANOVA) belirlenmiştir. Analizler, örneklemin yapıldığı yatay ve düşey konuma göre ayrı ayrı yapılmıştır. Önemli bulunan faktörlerin ortalamaları arasındaki fark %95 önem düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. İstatistik analizler SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

## 3. BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Kapalı bir tesiste, kontrollü şartlarda yürütülen denemelerdeki iç ortam sıcaklığı ve bağıl nem sırasıyla 21.2-21.3 °C ve %37-%38 aralığında değişmiştir.

#### 3.1. Varyans Analizi Sonuçları

Çizelge 2’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre, damlaların hedefe taşınmasında örnekleme yerinin (bölge) çok önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ( $P < 0.05$ ). Bu sonuç, damlaların hedefin üst ve alt bölgelerine ve bitkinin toprağa yakın kök boğazı bölgelerine farklı oranlarda ulaştığını göstermektedir. Damlaların yatay düzlemde oluşturduğu yüzey kaplama oranı meme tipine göre değişmiştir. Ancak, düşeye ulaşan damlaların kaplama oranı incelendiğinde kullanılan meme tipinin etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Damlanın yatay yüzeye taşınmasında meme konum açısının önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Fakat, damlaların düşeye taşınmasında konum açısı istatistiksel açıdan etkili bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Bir diğer anlamda meme orifisinin ilerleme yönüne doğru, yer düzlemine dik ve ilerleme yönünün tersi istikametinde belirli bir açıyla konumlandırılması düşey oryantasyondaki yüzeylere ulaşan damlaların kaplama oranını değiştirmiştir.

**Çizelge 2.** Damlların yatay ve düşey oryantasyona taşınmasında meme tipi, konum açısı ve örnekleme bölgesinin etkisi

Örnekleme konumu	Varyasyon kaynakları	SD	KO	F	p
Yatay	<b>Meme tipi (M)</b>	<b>6</b>	<b>308.008</b>	<b>80.311</b>	<b>0.000**</b>
	Konum Açısı (A)	2	6.237	1.626	0.201 <sup>ns</sup>
	<b>Örnekleme Bölgesi (B)</b>	<b>2</b>	<b>3149.498</b>	<b>821.210</b>	<b>0.000**</b>
	<b>MxA</b>	<b>12</b>	<b>10.877</b>	<b>2.836</b>	<b>0.002**</b>
	<b>MxB</b>	<b>12</b>	<b>50.911</b>	<b>13.275</b>	<b>0.000**</b>
	<b>AxB</b>	<b>4</b>	<b>16.189</b>	<b>4.221</b>	<b>0.003**</b>
	<b>MxAxB</b>	<b>24</b>	<b>6.618</b>	<b>1.726</b>	<b>0.029*</b>
	Hata	126	3.835		
Genel	188				
Düşey	Meme tipi (M)	6	5.996	1.273	0.268 <sup>ns</sup>
	<b>Konum Açısı (A)</b>	<b>2</b>	<b>22.570</b>	<b>4.793</b>	<b>0.009**</b>
	<b>Örnekleme Bölgesi (B)</b>	<b>2</b>	<b>194.034</b>	<b>41.208</b>	<b>0.000**</b>
	MxA	12	1.929	0.410	0.960 <sup>ns</sup>
	MxB	12	2.371	0.504	0.913 <sup>ns</sup>
	AxB	4	7.978	1.694	0.150 <sup>ns</sup>
	MxAxB	24	2.531	0.538	0.966 <sup>ns</sup>
	Hata	504	4.709		
Genel	566				

\*: p<0.05 düzeyinde önemli,

\*\* : p<0.05 düzeyinde çok önemli,

<sup>ns</sup>: p<0.05 düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

### 3.2. Yatay ve Düşey Oryantasyonda Meme Tiplerinin Karşılaştırılması

Sabit 100 l/ha uygulama hacminde yapılan püskürtme uygulamalarında yatay düzleme taşınan damlların kaplama oranı en yüksek LU, SC, STN ve ST tip memelerde bulunmuştur (**Çizelge 3**). Meme tiplerinin tümünde düşey düzleme ulaşan püskürtme hacminin oldukça düşük olduğu belirlenmiş ve kaplama oranı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (P< 0.05). Yatay düzleme karşılaştırıldığında tüm memelerde düşey düzleme ulaşan damlların kaplama oranının %78.7-%89.6 aralığında azaldığı belirlenmiştir.

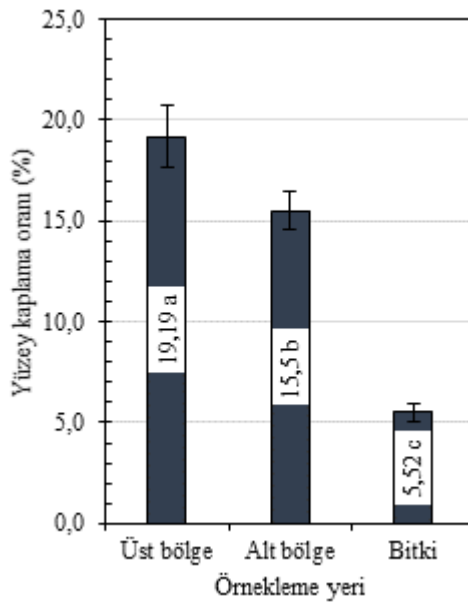
**Çizelge 3.** Yatay ve düşey örnekleme yüzeylerinde kaplama oranı (%) ortalamalarının karşılaştırılması

Meme tipi	Yatay (Ort.±SS)*	Düşey (Ort.±SS)*	Azalma oranı (%)
LU120015	16.59±8.83 a	1.72±3.14 a	89.6
SC120025	15.94±7.55 a	1.89±2.11 a	88.1
STN80015	15.86±7.12 a	1.73±2.60 a	89.1
ST110015	15.63±7.55 a	1.71±1.87 a	89.1
AD11002	11.72±4.87 b	2.45±2.43 a	79.1
IDKT120015	9.29±4.17 c	1.68±1.88 a	81.9
IDK120015	8.81±3.86 c	1.88±1.71 a	78.7
Tüm Ortalama	13.40±7.15	1.86±2.30	86.1

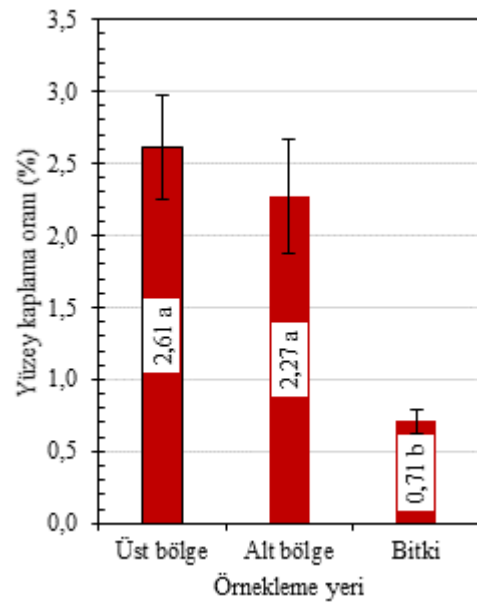
\*: Aynı sütunda aynı harfle (a-d) gösterilen ortalamalar Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre %95 önem düzeyinde farklı değildir.

### 3.3. Örnekleme Bölgelerine Göre Yüzey Kaplama Oranının Değişimi

Örneklemenin yapıldığı bölgeler incelendiğinde yatay oryantasyonda yüzey kaplama oranı ortalamaları üst bölgede, alt bölgede ve bitki kanopisinin içinde farklı bulunmuştur (Şekil 8a). Düşey alın yüzeyleri incelendiğinde ise üst ve alt bölgelerde belirlenen kaplama ortalamaları arasındaki fark önemsiz iken bitkinin kök boğazına ulaşan damla hacminin önemli seviyede düşük olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 8b).



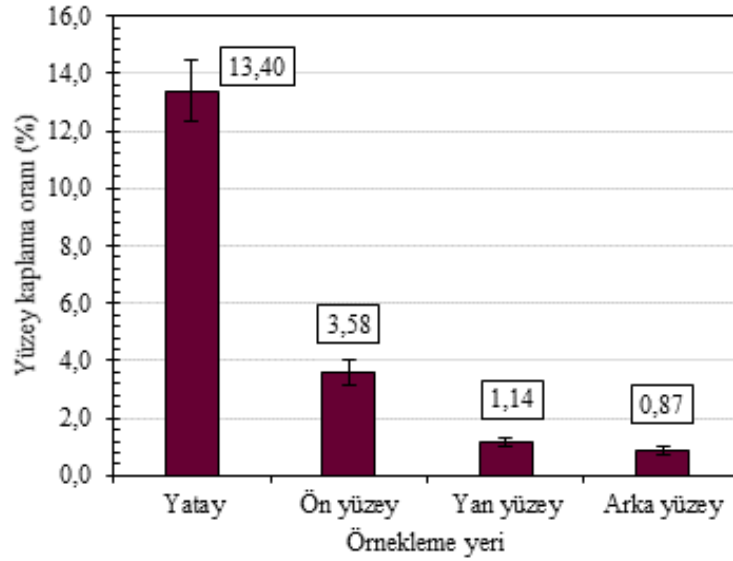
(a) Yatay düzlemde örnekleme



(b) Düşey alın yüzeylerinde örnekleme

**Şekil 8a, 8b.** Örnekleme bölgelerine göre yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar ±2·standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

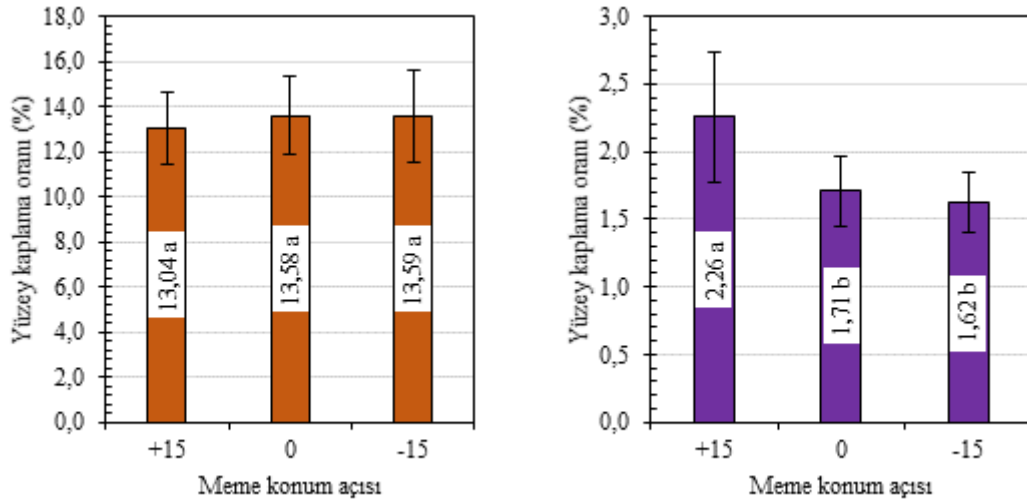
**Şekil 9**'a göre tüm örnekleme yüzeylerine ulaşan damlaların kaplama oranı ortalamalarının değişimi gösterilmiştir. En yüksek kaplama yatayda elde edilmiştir. Düşey düzlemde hedefin alın yüzeylerine ulaşan damlalar en çok ilerleme yönündeki “ön yüzeyde”, kaplama sağlarken, yan ve arka alın yüzeylerine çok düşük hacimlerde damlaların ulaştığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 9.** Örnekleme yüzeylerine göre ortalama yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar  $\pm 2$  standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

### 3.4. Meme Konum Açısına Göre Yüzey Kaplama Oranının Değişimi

Yüzey kaplama oranı açısından yatay düzlemde meme konum açısının önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ancak meme konum açısı ilerleme yönüne doğru ayarlandığında damlaların düşey alın yüzeylerindeki taşınma potansiyelinin önemli düzeyde arttığı görülmüştür (**Şekil 10a, 10b**).



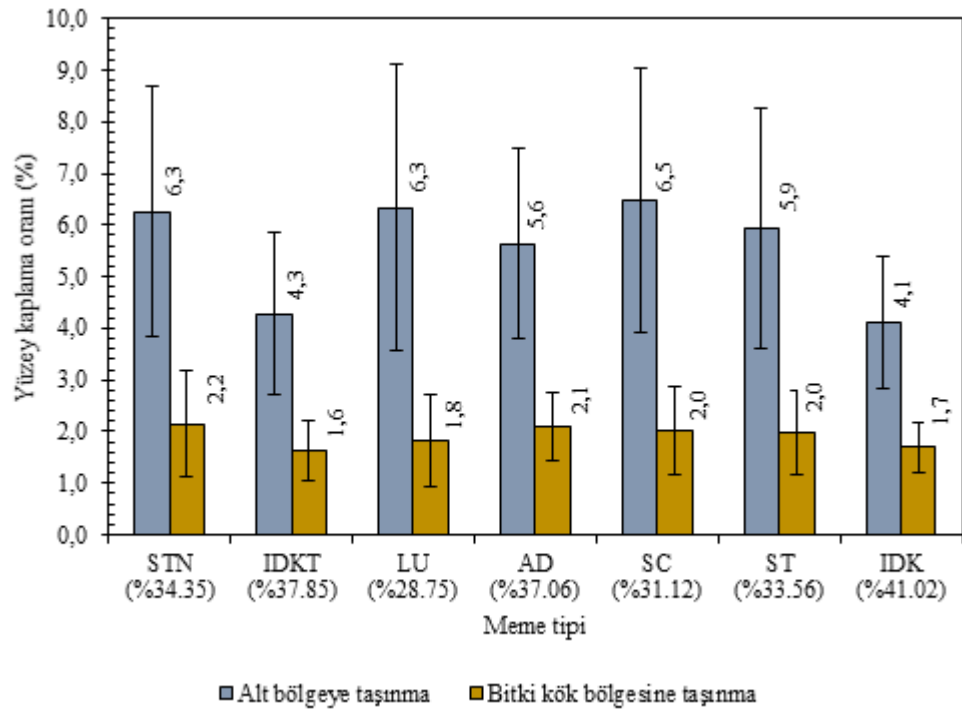
(a) Yatay düzlemde yüzey kaplama

(b) Düşey düzlemde yüzey kaplama

**Şekil 10a, 10b.** Meme konum açısına göre yüzey kaplama oranının karşılaştırılması (ortalamalar  $\pm 2$  standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

### 3.5. Meme Tiplerinin Damla Penetrasyonu Açısından Karşılaştırılması

**Şekil 11**'e göre damlaların alt bölgedeki kaplama oranının bitkinin kök bölgesinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre tüm meme tiplerinde bitkinin kök boğazına ulaşan damla hacminin oldukça düşük olduğu kanısına varılmıştır. Şekilde yatay eksen üzerinde gösterilen yüzde oranlar bitki kök bölgesinde belirlenen kaplamanın açık hedef olarak bırakılan alt bölgeye göre azalma oranını göstermekte olup damla taşınma potansiyelini göstermektedir.



**Şekil 11.** Meme tiplerinin damla penetrasyonu açısından karşılaştırılması (ortalamalar  $\pm 2$  standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

## 4. BÖLÜM

### TARTIŞMA ve SONUÇ

#### 4.1. Meme Tipine Göre Yatay ve Düşey Düzlemde Yüzey Kaplama Oranı (%)

Kimyasal uygulamalarında kullanılan püskürtme sistemlerinde aranan en temel özellik hedefe taşınan damlaların tüm yüzeylerde oluşturduğu kaplamanın yüksek düzeyde ve eşit oranda olmasıdır. Bu çalışmada kullanılan memelerin tümü yelpaze hüzmeye yapısına sahip olmasına karşın, gövde tasarımı açısından farklı yapılara sahip olduklarından damla karakteristikleri değişebilmektedir. Bu nedenle, aynı hacimde büyük çaplı damlalar düşük kaplama sağlarken küçük çaplı damlalar büyük kaplama sağlamaktadırlar (Sayıncı ve Bastaban, 2011). Damla transferi açısından değerlendirildiğinde, standart püskürtme uygulamalarında kullanılan memeler farklı hüzmeye açılarına sahip olsalar bile, damlalar yer düzlemine dik doğrultuda çoğunlukla yatay yüzeylere taşınmaktadır. Bu çalışmada, damlaların yatay düzlemde oluşturduğu kaplama oranı düşey alın yüzeylerine göre oldukça yüksek bulunmuştur. Püskürtme uygulamalarında damlanın hedefin düşey alın yüzeylerine ulaşmasında ikiz akışlı uygulamaların ve kullanılan meme tiplerinin önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan meme tipleri pülverizasyon karakteristiklerine göre üç kategoriye ayrılmaktadır. LU, SC, STN ve ST tip memeler ince yapılı (Lechler<sup>®</sup>, 2008); AD tip meme orta yapılı (Albuz<sup>®</sup>, 2017); IDKT ve IDK tip memeler kaba yapılı (Lechler<sup>®</sup>, 2008) damlalar üretmektedir. Teorikte sabit uygulama hacminde ince yapılı damlaların yüzey kaplama oranının orta ve kaba yapılı damlalara göre daha yüksek olması gerekmektedir (Sayıncı ve Bastaban, 2011). Nitekim, bu çalışmadaki bulgular mevcut sonucu doğrulamıştır. Tüm meme tiplerinin her iki düzlemde ölçülen kaplama ortalamaları karşılaştırıldığında yatay düzlemdeki kaplama ortalaması düşeye göre 7.2 kat



(13.40/1.86) daha fazla bulunmuştur. Diğer bir anlamda düşey düzlemdeki kaplama ortalamasının ise yataya göre %86.1 oranında azaldığı belirlenmiştir.

#### **4.2. Örnekleme Bölgelerine Taşınan Damlaların Yüzey Kaplama Oranı (%)**

Pülverizasyonda püskürtmenin homojen bir şekilde oluşması gerekmektedir. Bu durum, kimyasal uygulamalarında etkili maddenin hedefe homojen bir şekilde taşınması açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak, damlaların hedefe taşınmasında örnekleme yerinin de çok önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bir kültür bitkisinde hastalık ya da zararlı etmenler bitkinin yaprak altında, yaprak üstünde, yaprak sapında, yeni sürgünlerin çıktığı üst bölgede veya bitkinin alt bölgelerinde ve hatta toprağa yakın kök boğazı bölgelerinde bile görülebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, pülverizasyon uygulamalarında damlaların hedef zararlı veya hastalığın tespit edildiği bölgelere ulaşması biyolojik etkinlik açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, yapılan püskürtme uygulamalarının tümünde damlaların üst bölgeye, alt bölgeye ve bitki kanopisine farklı oranlarda ulaştığı belirlenmiştir.

Araştırmada karşılaştırma yapmak için örneklemin yapıldığı üst ve alt bölgeler özellikle açık hedef olarak bırakılmıştır. Bir diğer anlamda üst ve alt bölgedeki örnekleme yüzeylerinin oluşturulmasındaki temel amaç, damlanın yatay ve düşey doğrultuda taşınma potansiyelini açığa çıkarmaktır. Bu amaç doğrultusunda damlaların düşeydeki hedefin alın yüzeylerine ulaşma potansiyelinin oldukça zayıf olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, açık hedef olmasına rağmen damlalar alt bölgeyle karşılaştırıldığında meme orifisine yakın olan üst bölgede daha fazla kaplama elde edilmiştir. Düşey alın yüzeyleri ayrı ayrı incelendiğinde damlalar çoğunlukla ilerleme yönündeki ön alın yüzeylerine daha fazla ulaşırken, yan ve arka alın yüzeylerine ulaşan damlaların oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum bitki kök boğazı bölgesinde oluşan hastalık veya zararlı etmenlerin mücadelesinde dikkate alınması gereken önemli bir riski işaret etmektedir.

#### **4.3. Meme Konum Açısının Yüzey Kaplama Oranına Etkisi**

Hidrolik memelerde konum açısının çoğunlukla 0°-30° arasında değiştiği bildirilmiştir (Azimi vd., 1985). Meme konum açısı, pülverizasyon sonucu üretilen damlaların daha geniş bir yelpazede dağılmasını sağlayarak belirli bir yükseklikte örtme alanını

arttırmakta ve hacimsel dağılım düzgünlüğünü iyileştirmektedir. Ancak, hacimsel dağılım düzgünlüğü artarken damlanın orifisi terk etme hızını azaltarak püskürtme uygulamalarında düşük penetrasyona neden olduğu belirtilmiştir (Azimi vd., 1985). Bu konuda değişen çevre faktörlerinin rol oynadığı tarla çalışmalarına yönelik yeterince araştırma bulunmamakta olup sadece Zhu vd. (2002) tarafından yerfistığı ilaçlamasında 0°-15° açılarda konumlandırılmış standart memelerin damla penetrasyonunu değiştirmedeği bildirilmiştir.

İkiz akışlı püskürtmede memeler hem ilerleme yönüne doğru hem de tersi yönde düşeyle 30° açıyla püskürtme yapmaktadır. Buna göre ikiz akış formunda öne ve arkaya doğru toplam 60° açıyla püskürtme sağlanmaktadır. Mevcut konumda memelerin monte edildiği akış hattı üç farklı açı konumunda kullanılmıştır. I. konumda memeler zemine dik pozisyonda yerleştirilmiştir. II. konumda akış hattı ilerleme yönüne doğru 15° açıyla konumlandırılmıştır. Bu pozisyonda ikiz akışlı memelerde öne doğru düşeyle +45°, geriye doğru düşeyle -15° açıyla püskürtme yapılmaktadır. III. konum simetrik konumlandırma olup ilerleme yönünün tersi istikametinde oluşturulmuş ve aynı açılarda püskürtme elde edilmiştir.

Püskürtme konumlarına göre memelerin ilerleme yönüne doğru 15°'lik açıyla konumlandırılması damlaların hedefe taşınma etkinliğini ve dolayısıyla yüzey kaplama oranını arttırdığı belirlenmiştir. Ancak bu artışın yataya göre oldukça düşük seviyede kaldığı dikkat çekmektedir.

#### **4.4. Meme Tiplerinin Damla Penetrasyonu Açısından Karşılaştırılması**

Damla penetrasyonu açısından yapılan değerlendirmede bitki kök bölgesine ulaşan damla hacmi düşük olduğundan yeterince kaplama sağlanamamıştır. Alt bölgede bulunan yüzeyler açık hedef olduklarından damlanın taşınma potansiyeli üzerinde bitki taç çapı, bitki yüksekliği ve yaprak alan indeksi gibi bitkisel özelliklerin çok önemli bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bitkisel özellikler bakımından Zhu vd. (2002), damla penetrasyonunda yaprak alan indeksi ve bitki yüksekliği faktörlerinin yaprak yoğunluğundan daha önemli olduğunu işaret etmişlerdir. İnce yapılı damlalar üreten STN, LU, SC ve ST tip memeler her ne kadar yüksek kaplama sağlasa da rüzgârlı hava koşullarında yapılan uygulamalarda üretilen damlaların bir kısmının sürüklenmeye maruz

kalacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda Sayıncı (2016a), ince yapılı damlaların terminal hızı ve kinetik enerjisi düşük olduğundan sürüklenmeye daha duyarlı olduğunu belirlemiştir. Zhu vd. (2004) ise açık alanda yapılan yerfıstığı ilaçlamasında alt bölgede belirlenen en düşük taşınmanın ince yapılı damlalar üreten standart yelpaze hüzmeli memeye elde edildiğini belirlemiştir. Bu durumda AD, IDKT ve IDK tip memelerle üretilen orta ve kaba yapılı damlalar sürüklenmeye dirençli olduklarından mevcut kaplama oranını koruyacağı düşünülmektedir. Nitekim, bitkinin kök bölgesinde belirlenen kaplama ortalamaları alt bölgeyle karşılaştırıldığında damla taşınma potansiyelinin büyükten küçüğe doğru sırasıyla IDK, IDKT, AD, STN, ST, SC ve LU tip memelerle elde edildiği ve damla taşınma etkinliğinin sırasıyla %41.0, %37.9, %37.1, %34.3, %33.6, %31.1 ve %28.8 oranında olduğu belirlenmiştir.

Yürütülen bu araştırmanın ayrıca uygulama hacmi ve standart püskürtme uygulamaları olarak iki farklı açıdan irdelenmesi gerekmektedir. Birincisi, sabit 100 l/ha uygulama hacminde yürütülen bu çalışmada yapılan çalışmalar düşük hacimli (LV, low volume) uygulama kategorisinde yer almaktadır. Dolayısıyla, mevcut halde bitki kanopi yapısı da dikkate alınırsa yüzey kaplama oranını arttırmak için daha yüksek uygulama hacimlerinde püskürtmenin yapılması gerekmektedir. Nitekim, zararlı yönetiminde biyolojik etkinliği arttırmak için uygulama hacminin 150 l/ha'dan daha fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Bode vd., 1983). Uygulama hacminin düşük kategoride seçilmesinin nedeni suya duyarlı kart örneklerinde yüzey kaplama oranı değerinin %35 seviyesinin altında kalmasını sağlamaktır. Şu ana kadar yapılan ön çalışmalarda suya duyarlı kart yüzeyine ulaşan damlalar belirli bir uygulama hacminden sonra bindirme yaptığı ve görüntü işlemede hata varyansının artmasına neden olduğu kanısına varılmıştır. Bu kanı literatüre dayanarak değil, çok tekrarlı analizlerden elde edilen deneyime dayalı bir öngörü olarak değerlendirilmelidir. İkinci olarak yapılması gereken değerlendirmede ise çalışmada kullanılan meme tiplerinden biri standart yelpaze hüzmeli (SC tip) olup kaplama oranı bakımından ikiz akışlı uygulamalara benzerlik göstermiştir. Bu yönüyle SC tip memelerin kaplama oranı ve damla penetrasyonu ince yapılı damlalar üreten ikiz akışlı meme tiplerinin performansına eşdeğer bulunmuştur.

Sonuç olarak, bir kültür bitkisinin kök boğazı ya da gövde aksamında tespit edilen herhangi bir zararlı ve hastalık etmeninin kimyasal yönetimi için hidrolik memelere alternatif teşkil edecek veya hidrolik memelerde damla transferini destekleyecek pestisit

uygulama ekipmanlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Hidrolik memelerin tercih edilmesi durumunda uygulama hacminin bitkisel özelliklerin dikkate alınarak arttırılması (>100 l/ha) gerekmektedir. Meme konum açısının ilerleme yönüne doğru belirli bir açıyla konumlandırılması yüzey kaplama oranını arttırmıştır. Damla penetrasyonu açısından karşılaştırıldığında ikiz akışlı püskürtme uygulamaları standart püskürtme uygulamalarından farklı bulunmamıştır. Tüm uygulamalarda damlaların hedefin düşey alın yüzeylerine olan transferi oldukça düşük bulunmuştur.



## KAYNAKLAR

- Albuz<sup>®</sup>, 2017. Spray Nozzles. Albuz Catalog, France, 40 p. www. albuz-spray.com (Erişim: Nisan 2019).
- Anonim, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara. ISBN: 978-975-407-262-4.
- Azimi A. H., Carpenter, T. G. Reichard, D. L., 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. **Transactions of the ASAE**, **28**(5): 1410-1414.
- Bayat, A. and 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.
- 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.
- Bode, L. E., 1984. Downwind drift deposits by ground applications. *Proceedings Pesticide Drift Management Symposium*. p. 50.
- Bouse, L. F., Kirk I W, Bode L E. 1990. Effect of spray mixture on droplet size. **Transactions of the ASAE**. **33**(3): 783-788.
- Butler Ellis, M. C., Tuck, C. R., Miller, P. C. H., 1997. The effect of some adjuvants on sprays produced by agricultural flat fan nozzles. **Crop Protection** **16**:41–50.
- Butler Ellis, M. C., Bradley, A., 2002. The influence of formulation on spray drift. **Aspects of Applied Biology**. **66**: 51-258.
- Carlsen, S. C. K., Spliid, N. H., Svensmark, B., 2006. Drift of 10 herbicides after tractor spray application. 2. Primary drift (droplet drift). **Chemosphere**. **64**: 778-786.
- Coates, W., 1996. Spraying technologies for cotton: Deposition and Efficacy. **Applied Engineering in Agriculture**, **12** (3): 287-296.
- Coates, W., Palumbo, J., 1997. Deposition, off-target movement, and efficacy of Capture<sup>TM</sup> and Thiodan<sup>TM</sup> applied to cantaloupes using five sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, **13** (2): 181-188.
- Combella, J. H., Western N M, Richardson R G. 1996. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. **Crop Protection**. **15**(2): 147-152.

- Cunha, M., C., Carvalho, and A. R., Marcal., 2012. "Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets." **Biosystems Engineering** **111** (1): 11-23.
- Çetin N., 2017. Pülverizatör memelerinde püskürtme açısı ve akış düzgünlüğünün görüntü işleme operasyonu ile belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 74 s.
- Çomaklı, M., 2017. Poliasetal (POM) Meme Plakalarında Püskürtme Açısına Etki Eden Faktörler ve Pülverizasyon Karakteristikleri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 78 s.
- Çömlek, R., 2017. Püskürtme paterni test ünitesinin tasarımı, imalatı ve pülverizatör memelerinde akış kontrolü. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 60 s.
- Degré, A., Mostade, O., Huyghebaert, B., Tissot, S., Debouche, C., 2001. Comparison by image processing of target supports of spray droplets. **Transactions of the ASAE**, **44** (2): 217-222.
- Demir, B. 2015. İç Anadolu bölgesinin bitki koruma makineleri projeksiyonu. **Alnteri Zirai Bilimler Dergisi**, **28**(1), 27-32.
- Dursun, E. ve Çilingir, İ., 1994. Döner diskli memede elektrostatik yüklemeye etkinliğinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 20-22 Eylül, Antalya, 221-230.
- Dursun, E., 2000, Meme aşınmasının pülverizasyon karakteristiklerine etkileri. **Ekin Dergisi**, **6**, (21), 62-66.
- Dursun E., Çilingir, D. ve Erman, A., 2005. Tarımsal savaşım ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, 232, <http://www.zmo.org.tr/Etkinlikler>.
- Etheridge, R. E., Womac, A. R., Mueller, T. C., 1999. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venture-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**. **13**: 765-770.85.
- Ferguson, J. Connor, Andrew J. Hewitt, and Chris C. O'Donnell., 2016. "Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications." **Crop Protection** **89**: 231-238.

- Forney, H.S., 2016. Laboratory and Full Boom-Based Investigation of Nozzle Setup and Restriction Effects on Flow, Pressure and Spray Pattern Distribution. MS Thesis, Agricultural and Biological Systems Engineering, MS Thesis, University of Nebraska.
- Fox, R. D., Salyani, M., Cooper, J. A., Brazee R. D., 2001. Spot size comparisons on oil- and water- sensitive paper. **Applied Engineering in Agriculture**, **17**(2): 131-136.
- Fox, R. D., Derksen, R. C., Cooper, J. A., Krause, C. R., Ozkan, H. E., 2003. Visual and image system measurement of spray deposits using water-sensitive paper. **Applied engineering in agriculture**, **19**(5), 549-554.
- Franz, E., 1993. Spray coverage analysis using a hand-held scanner. *Transactions of the ASAE*, **36**(5): 1271-1278.
- Hewitt A J. 1997. Droplet size and agricultural spraying, Part I: Atomization, spray transport, deposition, drift and droplet size measurement techniques. **Atomization and Sprays**. **7**: 235-244.
- Hobson, P. A., Miller, P. C. H., Walklate, P. J., Tuck, C. R., Western, N. M., 1993. Spray drift from hydraulic spray nozzles: the use of a computer simulation model to examine factors influencing drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**. **54**: 293-305.
- Hoffmann, W. C. and Salyani, M., 1996. Spray deposition on citrus canopies under different meteorological conditions. **Transactions of the ASAE**, **39**(1): 17-32.
- Hogmire, H. W. and Peterson, D. L., 1997. Pest control on dwarf apples with o tunnel sprayer. **Crop Protection**, **16**(4): 365-369.
- Johnson, P. D., Rimmer, D. A., Garrod, A. N. I., Helps, J. E. & Mawdsley, C., 2005. Operator exposure when applying amenity herbicides by all-terrain vehicles and controlled droplet applicators. **Annals of Occupational Hygiene**, **49**, 25-32.
- Klein, R. N., Johnson, A. K., 2002. Nozzle tip selection and its effect on drift and efficacy. **Aspects of Applied Biology**. **66**: 217-224.
- Krishnan, P., Williams, T.H. and Kemble, L.J., 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. **Transactions of the ASAE**, **31** (2), 386-389.
- Krishnan, P., Gal, I., Kemble, L.J. and Gottfried S.L., 1993. Effect of sprayer bounce and

- wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, **36** (4), 997-1000.
- Krishnan, P., T. Evans, K. Ballal, L. J. Kemble., 2004. Scanning electron microscopic studies of new and used fan nozzles for agricultural sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, **20**(2): 133-137.
- Lechler<sup>®</sup>, 2008. Agricultural Spray Nozzles, 2018 US Catalog. <http://www.lechler.de> (Erişim: Nisan 2018).
- Lefebvre, A. H., 1989. Atomization and Sprays. Hemisphere Publishing Corporation USA. 434 p.
- 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.
- Matthews, G. A., 2000. Pesticide application methods. (Third ed.) (vols. 432) Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Micron, 2008. Micromax 3-speed. <http://www.micron.co.uk> (Erişim: Mayıs 2019).
- Miller P. C. H, Hadfield D J. 1989. A simulation model of the spray drift from hydraulic nozzles. **Journal of Agricultural Engineering Research**. **42**: 135-147.
- Minov, S. V., Nuyttens, D., Vangeyte, J., Pieters, J. G., & Cointault, F. 2013. Spray nozzle characterization using high speed imaging techniques. In Precision agriculture' 13 (pp. 569-576). Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Minov, S. V., Cointault, F., Vangeyte, J., Pieters, J. G., and Nuyttens, D., 2015. Droplet generation and characterization using a piezoelectric droplet generator and high speed imaging techniques. **Crop Protection**, **69**, 18-27.
- Mueller, T. C., Womac, A R. 1997. Effect of formulation and nozzle type on droplet size with isopropylamine and trimesium salts of glyphosate. **Weed Technology**. **11**: 639-643.
- Ozkan, H. E., Reichard, D. L. Ackerman. K. D., 1992. Effect of orifice wear on spray patterns from fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, **35**(4), 1091-1097.
- Ozkan, H. E., 1998. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. Food, Agricultural and Biological Engineering. **Extension FactSheet AEX 525-98**.
- Panneton, B., Phillion, H., Thériault, R. and Khelifi, M., 2000. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on potato plants. **Transactions of the ASAE**, **43** (3), 529-



534.

- Panneton, B., 2002. Image analysis of water sensitive cards for spray coverage experiments. **Applied Engineering in Agriculture**, **18**(2): 179-182.
- Peterson, D. L. and Hogmire, H. W., 1995. Evaluation of tunnel sprayer systems for dwarf fruit trees. **Applied Engineering in Agriculture**, **11**(6): 817-821.
- Salyani M., Fox R.D., 1999. Evaluation of spray quality by oil and water sensitive papers. **Transaction of the ASAE**. **42**;1, 37-43.
- Sanchez-Hermosilla, J., Medina, R., 2004. Adaptive threshold for droplet spot analysis using water-sensitive paper. **Applied Engineering in Agriculture**, **20**(5): 547-551.
- Satow, T., Miyamoto, K., Matsuda, K., Rambanda, M., 1993. Influence of droplet size of spray on drift characteristics. **Research Bulletin of Obihiro University**. **18**(2): 97-104.
- Sayıncı, B., 2008. Patates İlaçlamasında Döner diskli ve Hidrolik Memelerin Uygulama Performansları ve *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'ya Karşı Biyolojik Aktivitelerinin Spinosad ile Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Erzurum, 239 s.
- Sayıncı, B., Bastaban, S., 2008. İlaç Uygulama Performansının Değerlendirilmesinde Kalitatif ve Kantitatif Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, **24**(2), 133-140.
- Sayıncı, B., Bastaban, S., 2009. Hidrolik Memelerin İlaç Uygulama Performansını Etkileyen Faktörler. **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**, **2**, 35-41.
- 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. doi: 10.5897/AJAR10.480
- Sayıncı, B., Bastaban, S., 2011. Patates İlaçlamasında Farklı Tip Püskürtme Memelerinin Damla Taşınma Etkinlikleri. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **1**(1), 81-90.
- Sayıncı, B., Bozdoğan, N. Y., Yıldız, C. ve Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde

- akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, **9** (1), 9-20.
- Sayınacı, B., 2014. Effect of filter types and sizes on flow characteristics of standard flat-fan nozzles. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, **10**(2): 129-138.
- Sayınacı, B., 2015. Effect of strainer type, spray pressure, and orifice size on the discharge coefficient of standard flat-fan nozzles. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **39**: 692-704.
- Sayınacı, B. and Kara, M., 2015. The effects of strainer types on flow characteristics of anti-drift (AD) and multi-range (LU) flat-fan nozzles. **Journal of Agricultural Sciences**, **21** (4), 558-571.
- Sayınacı, 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**: 25-37.
- Sayınacı, B., 2016b. Doğrusal hareketli püskürtme simülatörü tasarımı ve üretimi. Atatürk Üniversitesi BAP Projesi, Proje No: BAP 2013/128, Erzurum.
- Sehsah, E. M. E. and Kleisinger, S., 2009. Study of some parameters affecting spray distribution uniformity pattenen. **Irrigation and Drainage**, **26** (1), 69-93.
- Shafae, M., Banitabaei, S. A., Ashjaee, M., & Esfahanian, V. 2011. Effect of flow conditions on spray cone angle of a two-fluid atomizer. **Journal of Mechanical Science and Technology**, **25**(2), 365-369.
- Srivastava AK, Goering CE, Rohrbach RG, 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook Number 6, p601, ISBN 0-929355- 33-4.
- Stafford, J. V., 2000. Implementing precision agriculture in the 21st century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, **76**(3), 267-275.
- Sumner, H. R., Herzog, G. A., Sumner, P.E., Bader, M. and Mullinix, B. G., 2000. Chemical application equipment for improved deposition in cotton. **The Journal of Cotton Science**, **4**: 19-27.
- Teejet® 2006. [www.teejet.com](http://www.teejet.com) (Erişim: Mayıs 2019).
- Teejet®, 2013. A User's Guide to Spray Nozzles. Teejet Technologies, [www.teejet.com](http://www.teejet.com), 58 p.
- Tuncer, A. ve Güler, H., 1998. Meyve bahçesi ve bağlarda kullanılan pülverizatörlerin

deney yöntemleri. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.

- Višacki, V., Sedlar, A., Gil, E., Bugarin, R., Turan, J., Janić, T. and Burg, P., 2016. Effects of sprayer boom height and operating pressure on the spray uniformity and distribution model development. **Applied Engineering in Agriculture**, **32** (3), 341- 346.
- Wang, L., Zhang, N., Slocombe, J.W., Thierstein, G.E. and Kuhlman, D.K., 1995. Experimental analysis of spray distribution pattern uniformity for agricultural nozzles. **Applied Engineering in Agriculture**, **11** (1), 51-55.
- Whitney, J. D., Salyani, M., Churchill, D. B., Knapp, J. L., Whiteside, J. O. and Linell, R. C., 1989. A field investigation to examine the effects of spray type, ground speed, and volume rate on spray deposition in Florida citrus. **Journal of Agricultural Research Engineering**, **42**(4): 275-283.
- Womac, A., Etheridge, R., Seibert, A., Hogan, D. and Ray, S., 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. **Transactions of the ASAE**, **44** (6), 1437-1444.
- Yağcıoğlu, A., 1993. Bitki Koruma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayın no: 508, 338 s. Bornova, İzmir.
- Yarpuz, N. 1997. Pnömatik pülverizasyonlarda ilaç uygulama hacminin dağılım düzgünlüğü ve is genişliği üzerindeki etkilerinin saptanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Enst. Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 41 s. Adana.
- 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.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Emel ÇETİN

Uyruğu: Türkiye (T.C.)

Doğum Tarihi ve Yeri: 1989, Konya

Medeni Durumu: Evli

E-mail: sariiemel@hotmail.com

Yazışma Adresi: Mevlâna mah. Halef Hoca cad. No:35/13 Talas/KAYSERİ

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği	
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları	2013

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013- 2014	T.C. Millî Eğitim Bakanlığı	Söz. Öğretmen
2014- 2016	Konya Şeker Beta Ziraat A.Ş.	Ziraat Müh.
2019- Halen	Dr. Yılmaz Tıbbi Bitkiler ve İlaç Hammaddeleri	Ziraat Müh.

### YABANCI DİL

İngilizce