

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

---

**Turunçgil Ağaçlarına Yüksek Uygulama Hacimlerinde İlaç  
Uygulamak İçin Döner Başlıklı Bir Hidrolik Sistem Tasarımı  
Ve Prototip İmalatı**

---

**Ali KARA**

*Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı*

Eylül, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Turunçgil Ağaçlarına Yüksek Uygulama Hacimlerinde İlaç  
Uygulamak İçin Döner Başlıklı Bir Hidrolik Sistem Tasarımı  
Ve Prototip İmalatı**

**Ali KARA**

*Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı*

Bu Yüksek Lisans Tezi 03/09/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği /-Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Ali BAYAT (Danışman) .....

: Doç. Dr. Ali BOLAT .....

: Dr. Öğr. Üyesi Alper SOYSAL .....

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.**

Tez No:

**Prof. Dr. Sadık DİNÇER**  
Enstitü Müdürü

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi BAP Proje Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**

**Proje No: 15205 (FYL-2022-15205)**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	13
3.1. Materyal .....	13
3.1.1. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatör Prototip İmalatı.....	13
3.1.2 Düşey Çubuklu Salınım Hareketli Pülverizatör.....	16
3.1.4. Bahçe denemeleri.....	17
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Deneme Planı.....	18
3.2.2. Hedef Yüzeyde Kaplama Oranın ölçülmesi .....	19
3.2.3 Damla Birikintisi Olarak İlaç Kayıplarının Belirlenmesi .....	22
3.2.4. Araştırma Sonuçlarının İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi .....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	23
4.1. Uygulama hacmine bağlı olarak pülverizatörlerle sağlanan kaplama ve birikinti miktarları.....	23
4.1.1 Döner başlıklı pülverizatörle farklı dönü hızlarındaki kaplama ve damla birikinti miktarları.....	23
4.2. Döner başlıklı pülverizatör ve salınım hareketli pülverizatörlerle uygulamalarda zemindeki ilaç kayıplarının karşılaştırılması.....	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	31
KAYNAKLAR .....	33
ÖZGEÇMİŞ .....	39

---

**Turunçgil Ağaçlarına Yüksek Uygulama Hacimlerinde İlaç  
Uygulamak İçin Döner Başlıklı Bir Hidrolik Sistem Tasarımı Ve  
Prototip İmalatı**

---

**Ali KARA**

*Danışman: Prof. Dr. Ali BAYAT*

*Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı*

**ÖZ**

Bu çalışmada, turunçgil ağaçlarına yüksek uygulama hacimlerinde püskürtme yapmak için “Hidrolik Döner Başlıklı bir Pülverizatör Prototip” imalatı yapılmış ve turunçgil üreticileri tarafından yaygın kullanılan düşey çubuklu salınım hareketli bir pülverizatörle bahçe koşullarında karşılaştırılmıştır. İmal edilen prototip püskürtme sistemi mevcut asılır tip bir pülverizatörün tek tarafına (sağ yan) düşey yerleştirilmiş her biri 3 adet memeden oluşan 2 adet dönü hızı ayarlanabilir döner başlıktan oluşmaktadır. Çalışmada üretilen prototipin püskürtme başlığı dönü hızının ağaç üzerindeki kaplama ve birikinti miktarlarına etkisini araştırmak için 81 ve 68 d/min dönü hızlarında işletilmiştir. Üretilen prototip pülverizatör üç farklı uygulama hacminde (839, 998 ve 1520 L/ha) ve karşılaştırma pülverizatörü olarak seçilen düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör sadece 1520 L/ha uygulama hacminde işletilerek W. Murcott mandalina ağaçları (Taç yüksekliği 3 m) üzerinde sağlanan kaplama, birikinti ve yere akan ilaç kayıpları ölçülerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bahçe denemelerinde beher ağaç üzerinde traktör ilerleme doğrultusuna göre 0°, 45° ve 90° açı konumlarında, ağaç tacı iç ve dış bölümünde olmak üzere düşey düzlemde alt, orta ve üst bölgelerde örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yüzeyi olarak suya duyarlı kağıtlar kullanılmış ve bu kağıtlar üzerindeki damla verileri kullanılarak, hedef yüzeylerdeki kaplama oranı, birikinti miktarları İmage J görüntü işleme programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre; hidrolik döner başlığın dönü hızı ağaç tacı üzerindeki kaplama oranı ve birikinti miktarı ve yere akan ilaç kayıpları üzerinde etkili olmuştur. Dönü hızındaki artış (81 d/min) kaplama ve birikintiyi artırırken iken ilaç kayıplarını da azaltmıştır. Aynı uygulama hacminde döner başlıklı sistem düşey çubuklu salınım hareketli sisteme göre ağaç tacının içinde daha az kaplama sağlarken, ağaç tacının dışında daha fazla kaplama sağlamıştır. Aynı uygulama hacminde döner başlıklı sistem düşey çubuklu salınım hareketli sisteme göre daha fazla birikinti miktarı sağlamasına rağmen döner başlıklı sistem daha az ilaç (damlacık) kayıpları oluşturmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatör, yüksek uygulama hacmi, Düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör., damla birikintisi ve kaplama oranı, turunçgil ilaçlama

CUKUROVA UNIVERSTY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

---

**Design and Prototype Manufacturing of a Hydraulic System with a Rotating Head for Pesticide Application in Citrus Trees at High Application Volumes**

---

Ali KARA

*Advisor. Prof.Dr.Ali BAYAT*

*Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering*

**ABSTRACT**

In this study, a “Hydraulic Rotary-Head Sprayer Prototype” was manufactured to spray citrus trees at high application volumes and compared with a vertical boom oscillating motion sprayer commonly used by citrus farmers under orchard conditions. The manufactured prototype spraying system consists of 2 rotary-heads, each with 3 nozzles, placed vertically on one side (right side) of an existing mounted -type sprayer. In the study, the sprayer of the prototype manufactured was operated at 81 and 68 rpm rotation speeds of rotary spray head to investigate the effect of rotation speed on the coverage and deposit amounts on the tree. The prototype sprayer was operated at three different application volumes (839, 998 and 1520 L/ha) and the vertical boom oscillating motion sprayer selected as the comparison sprayer was operated at only 1520 L/ha application volume and comparisons were made by measuring the coverage, droplet depositions and ground loss of spray on W. Murcott citrus trees (crown height 3 m). In the orchard experiments, sampling was carried out on each tree at 0°, 45° and 90° azimuth positions according to the direction of tractor progress, in the lower, middle and upper regions of the vertical plane, including the inner and outer parts of the tree crown. Water-sensitive papers were used as sampling surfaces and amounts of the coverage rate and droplet deposition on the target surfaces were calculated with the Image J image processing program using the droplet data on these papers. According to the obtained data; the rotation speed of the hydraulic rotary spray head was effective on the amount of the coverage rate and droplet deposition on the tree crown and ground loss of spray droplets. The increase in rotation speed (81 rpm) increased the coverage and droplet deposition while decreasing the droplet losses on ground. At the same application volume, the rotary head system provided less coverage inside the tree crown and more coverage outside the tree crown compared to the vertical rod oscillating system. Although the rotary head system provided more debris than the vertical rod oscillating system at the same application volume, the rotary head system produced less drug (droplet) losses.

**Keywords:** Hydraulic Rotary Head Sprayer, high application volume, Vertical rod oscillating motion sprayer, drop accumulation and coverage rate, citrus spraying

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumu belirleyen, geliştirilmesinde ve gerçekleşmesinde büyük emeği olan ve tecrübelerini her zaman benimle paylaşan çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Ali BAYAT'a çok teşekkür ederim. Çalışmanın prototiplerinin çizilmesinde fikir ve sürecin her anında yardımcı olup destek veren Arş. Gör. Medet İTMEÇ'e, görüntü işleme konusunda bilgi ve destek veren Doç. Dr. Barış ÖZLÜOYMAK'a ve prototipin imalatından denemelere kadar benimle çalışan Dr. Kemal AMAYA'ya, çok teşekkür ederim.

Denemeler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizinde yardımcı olup yönlendiren Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Kemal ARSLAN'a çok teşekkür ederim

Prototipin imalat sürecinde başta Fevzi ŞAHBAZ ve Cem KORKMAZ olmak üzere tüm atölye ekibine teşekkür ederim.

Hayatımda her zaman maddi manevi yanımda olan, beni büyütüp bugünlere getiren anneme, babama ve tüm aileme teşekkür ediyorum.

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Pülverizatörler ve İşletme Karakteristikleri .....	17
Çizelge 4.1. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 81 d/min 'de yaptığı kaplama üzerine hacim, bölge ve açı etkilerinin üç yönlü varyans analizi sonuçları .....	23
Çizelge 4.2. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 68 d/min 'de yaptığı kaplama üzerine hacim, bölge ve açı etkilerinin üç yönlü varyans analizi sonuçları .....	24
Çizelge 4.3. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde yaprak yüzeylerinde sağlanan ortalama kaplama değerleri .....	26
Çizelge 4.4. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde yaprak yüzeylerinde sağlanan ortalama birikinti değerleri.....	27
Çizelge 4.5. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün farklı dönü hızlarında işletilmesinde meydana gelen yere ulaşan ortalama ilaç kayıplarına ait veriler .....	28
Çizelge 4.6. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde zemindeki ilaç kayıpları ortalama kaplama değerleri (%).....	29
Çizelge 4.7. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde zemindeki ilaç kayıpları ortalama birikinti değerleri (%).....	29

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Kimyasal uygulama teknolojisi de son yüzyıldaki değişim (Bode ve Bretthauer, 2008).....	3
Şekil 1.2. Meyve ağaçlarına uygulanan geleneksel ve değişken oranlı püskürtme yöntemlerinin ilaç tüketiminin karşılaştırılması (Moltó ve ark. 2001).....	6
Şekil 2.1 Salınım hızı (62-70 salınım/min.) ve ilerleme hızına bağlı olarak ağaç üzerinde gerçekleşen ilaç dağılımı değişimi (Carmen, 1975). ....	7
Şekil 3.1. Hidrolik döner başlıklı prototip tasarımı.....	14
Şekil 3.2. Hidrolik döner başlıkların pülverizatör şasesine bağlantı biçimi .....	14
Şekil 3.3. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatörün bahçede çalıştırılması .....	15
Şekil 3.4. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatörün düşeyde ilaç dağılımının fiziksel görüntüsü .....	15
Şekil 3.5. Düşey Çubuklu Salınım Hareketli Pülverizatör .....	16
Şekil 3.6. Denemelerde suya duyarlı kağıtların yerleşim açıları.....	18
Şekil 3.7. Denemelerde suya duyarlı kağıtların yerleşim yükseklikleri.....	18
Şekil 3.8. Denemelerde suya duyarlı kağıtların (wsp) yerleşimine örnek.....	19
Şekil 3.9. Suya duyarlı kağıt deneme öncesi (sol resim) ve sonrası (sağ resim) görüntüsü.....	19
Şekil 3.10. Suya duyarlı kağıtların bilgisayar ortamına aktarılmış görüntüsü .....	20
Şekil 3.11. Suya duyarlı kağıtların bilgisayar ortamında işleme aşamasının görüntüleri .....	21
Şekil 3.12. Zemindeki ilaç kayıplarının belirlenmesi için suya duyarlı kağıtların yerleşimi ....	22

## SİMGELER VE KISALTMALAR

DPI : Dot Per İnce (bir inç uzunluğundaki bir kesite sığan piksel sayısı)

WSP : water sensitive paper (suya duyarlı kağıt)

CV : Coefficient of Variation (Değişim katsayısı)

L : Litre

ha : hektar

m/s : metre/saniye

km/h : kilometre /saat

d/min : dakikada dönüş sayısı

DDK : dakikada dönüş sayısı



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel

Yaşamsal faaliyetimizin olmazsa olmazı olan bitkisel ve hayvansal ürünler, birçok süreçten geçerek sofralarımıza ulaşmakta ve hayatın devam etmesini sağlamaktadırlar. İnsan nüfusundaki artışa bağlı olarak gıda ihtiyacının artması nedeniyle, bitkisel ve hayvansal üretim, ilgili personeller tarafından üretimde kesinti olmadan devam etmek zorundadır (Kadioğlu, 2012). Bitkisel üretimdeki verimlilik ve ürün kalitesi bitki hastalık ve zararlıları ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, üretimde verimin artırılması ve elde edilen ürünün korunması, tarımsal mücadele ile sağlanabilmektedir.

Bitkisel üretimde görülen hastalık ve zararlıların neden olduğu kayıpların en aza indirgenmesi amacıyla yapılan tarımsal mücadele uygulamaları; fiziksel ve mekanik mücadele, biyolojik ve biyoteknik mücadele, kimyasal mücadele, kültürel önlemler, tahmin ve erken uyarı, karantina ve sertifikasyon önlemleri olarak sıralanabilir. Bu yöntemler içerisinde gerek uygulama kolaylığı ve gerekse etkisinin kısa zamanda görülmesi nedeniyle kimyasal mücadele yöntemi en yaygın kullanılan yöntemdir (Matthews 1979; Yağcıoğlu, 1993; Zeren ve Bayat, 1995; Çilingir ve Dursun 2010; Temel ve Öztekin, 2020).

Sivri ve Çanakçı (2024)'nin bildirdiğine göre, kimyasal yöntemler ile farklı formlardaki tarım ilaçları (pestisitler); yaprak, gövde, toprak, kapalı alan, açık alan vb. hedef yüzeylere uygulanmaktadır. Amacına uygun bir biçimde kullanılmadığında ilaçların kimyasal etkisinin; gıda güvenliği, iş sağlığı ve güvenliği ile çevre sağlığına olumsuz etkileri olması nedeniyle, günümüzde tarımda kimyasalların kullanımına yönelik araştırmalar artmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği tarafından gündeme getirilen Yeşil Mutabakat kapsamında, sürdürülebilir ve daha sağlıklı bir gıda üretim sistemi ile toprağın, havanın ve gıdanın korunmasına yönelik kimyasal kullanımının azaltılmasına vurgu yaparak, 2030 yılına kadar pestisit kullanımının %50 azaltılması hedeflenmiştir (EU, 2022). Bu doğrultuda, kimyasal ilaç uygulamalarının azaltılmasına yönelik entegre mücadele yöntemleri önerilmekle (Sayın ve ark., 2021) birlikte, kullanılan bitki koruma ürünleri ve makinalarının doğru seçilmesi ile çalışma şartları beklenen etki açısından önemlidir.

İlaçlamadan beklenen yararın görülebilmesi için, uygulanan ilaç dozunun iyi ayarlanması ve ilaçlama için doğru zamanın seçilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca, dekara atılan ilaç miktarı, püskürtülen damlanın çapı, damlanın bitki üzerindeki kaplama oranı ve damla penetrasyonu gibi damla özellikleri ile rüzgâr, sıcaklık ve nem gibi iklim faktörleri de ilaçlamadan beklenen etkiyi görebilmek açısından önemlidir. İlaçlamada beklenen etkiyi önleyen ilaçlama makinesinden kaynaklanan sorunlar da bulunmaktadır.

Hedef ağaçlara gereğinden fazla ilaç püskürtülmesi, çevre kirliliği, ilaçlama maliyetinin yükselmesi, tarımsal ürünlerin güvenliğinin tehlikeye girmesi gibi sonuçlara neden olurken, gereğinden az püskürtülen ilaç da bitki zararlılarının ilaç direncini yükselterek ileride yapılacak

ilaçlama işlemlerinin etki oranını düşürmektedir. Bu nedenlerden dolayı, hem bitki koruma ürünlerinin kullanımını azaltmak, hem de daha başarılı bir ilaçlama yapabilmek amacıyla çevre dostu püskürtme teknikleri geliştirilmektedir (Gil ve ark., 2007; Kadioğlu, 2012). Başlangıçta daha çok sadece hedef bitki üzerine püskürtme otomasyonu yeterli iken, günümüzde artık buna ilave olarak, her bir ağacın ayrı ayrı değerlendirilip taç hacmine göre uygulama yapılması hedeflenmektedir. Böylece, hem ağaç üzerine istenen düzeyde ilaç ulaşmış olacak ve sadece aç/kapa sistemlerine göre daha çok ilaç tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu şekilde, değişken oranlarda uygulama hacminde ilaçlama yapabilmek için, öncelikle, taç hacminin bir takım sensör ya da görüntü alıcılarla algılanıp hesaplanması, hesaplanan hacme göre püskürtme sıvısının ilgili hedef bölgeye püskürtülmesi gerekmektedir.

Önler (2012)'in bildirdiğine göre; tarımda kimyasal ilaç kullanımı toplam üretim maliyetinde önemli bir yer tutmaktadır. Meyve bahçelerinde uygulanan klasik ilaçlama yöntemlerinde ilaçlanacak tarımsal arazinin tek düze özellikte olduğu kabul edilerek, her yere aynı miktarda ilaç uygulaması yapılmaktadır. Ancak, meyve ağaçlarının aralarında boşluklar bulunmakta ve ağacın farklı bölgeleri arasında ilaçlama ihtiyacı olarak farklı ihtiyaçlar bulunduğu için, yere göre ilaç uygulaması, kimyasal kullanımını azaltabilmektedir. Zararlı etkilerin en aza indirilmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli şartlar; ilacın uygulanmasında kullanılacak yöntem ve makinanın seçimidir. Bağcılık ve meyvecilikte kullanılan kimyasal uygulamalarda genellikle mantarlar ve uçucu olmayan diğer zararlılara karşı mücadele yapılmakta ve kaplama ilaçlama yöntemi uygulanmaktadır. Kplama ilaçlamada amaç, doğru olarak belirlenen hedefin en az kimyasalla tamamen kaplanabilmesidir. Bu ise, ancak en küçük damla boyu elde edilmesi ve bu damlaların hedefin tamamına ulaştırılabilmesiyle mümkündür. Bunun dışında, aynı büyüme sezonunda ağaçlarda farklı şekil ve boyutlar bulunabildiği gibi, aynı ağacın alt, üst ve orta bölgelerindeki yaprak yoğunluklarında bile farklılıklar bulunabilmektedir. Bu farklar, ilaçlama uygulama verimini arttırmak ve çevresel kirlenmeyi azaltmak için uygulanan dozun sürekli ayarlanmasını gerektirmektedir (Solanelles ve ark.,2002). Klasik ilaçlamada yoğunluk farkları dikkate alınmadan her yere aynı miktarda ilaç atılmakta, bu ise ilaç tasarrufu konusundaki etkinliği azaltması yanında çevreyi olumsuz etkileyebilmektedir.

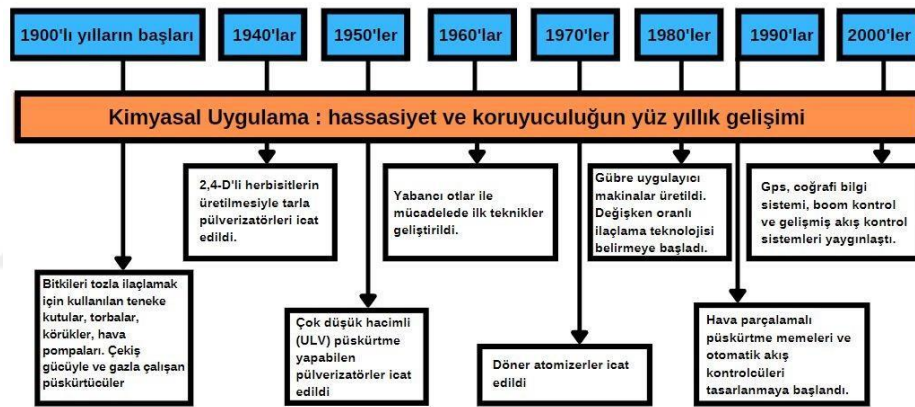
Tarımsal mücadelede yaygın olarak kullanılan kimyasal mücadele yöntemi, genellikle karadan tarım alet ve makinaları ile yapılır iken, daha geniş alanlarda havadan uygulama ile kimyasal mücadele yapılmaktadır. Karadan ve havadan yapılan kimyasal mücadelede beklenen etkinin görülebilmesi için, uygun hava koşullarında ilaçlama yapılması yanında, ilaçlamada kullanılan alet ve ekipmanların özellikleri de çok önemli rol oynamaktadır.

Ian ve ark., (2014), tarafından yapılan çalışmada, havadan ilaçlamada döner başlıklı atomizerlerin ilaçlama verimini yükseltmek için tasarım gereksinimleri irdelenmiştir. Hedefe ulaşan ilaç hacminin toplam kullanılan ilaç hacmine oranı olarak tanımlanan ilaçlama veriminin yüksek olması için, damlacık çaplarının birbirine yakın olması gerektiği belirtilerek, buna en

uygun türün döner diskli atomizörler olduğu, döner diskin üzerine eklenen 3 mm yüksekliğinde iğneye benzer konik çıkıntılarla damlacık boylarının birbirine daha yakın olduğu belirtilmiştir

Yapılan çalışmalarda tarım ilacı kullanılmadan yapılan bitkisel üretimlerde %60'lara varan ürün kayıpları olduğu rapor edildiği için, ilaçlama bitkisel üretimde vazgeçilmez bir uygulama olarak gözükmektedir (Kadioğlu, 2012; Arslan ve Çiçekgil, 2018). Bitkisel üretimde tarımsal ilaçlama işlemlerinde kullanılan basit ekipmanlar ve makineler, zaman içinde gelişim göstererek günümüzde yerini daha çok otomasyonlarla donatılmış alet ve ekipmanlara devretmiştir.

1900'lü yılların başında tarımsal ilaçlama işlemlerinde kullanılan basit ekipmanlar ve makineler, zaman içinde gelişim göstererek, günümüzde yerini daha çok otomasyonlarla donatılmış pülverizatörlere bırakmaya başlamıştır. Geleneksel pülverizatörler; etki oranı, işçi ve ilaçlama maliyeti, uygulama süresi, kullanım kolaylığı gibi konularda eski makinelere kıyasla çok daha başarılı olmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Kimyasal uygulama teknolojisi de son yüzyıldaki değişim (Bode ve Bretthauer, 2008).

Ancak, günümüzde özellikle artan çevresel risk baskıları, tarım ilacı ve yakıt fiyatlarındaki artış gibi nedenlerle, daha teknolojik ve insan hatasını minimize eden püskürtme sistemlerinin devreye girdirilme zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

1980'li yılların başında konuşulan, değişken oranlı ilaçlama teknolojisi, her ne kadar pülverizatörlerde kullanılmaya başlansa da tasarlanan sistemler prototip olarak kalmış, sahaya ulaşamamıştır. Günümüzde, meyve bahçelerinde yapılan ilaçlama işlemleri, genel olarak sabit oranda uygulama hacimlerinde yapılmaktadır (Maghsoudi ve ark., 2015; Overbeck ve ark., 2019).

Tarımsal mücadelede uygulanan ilaçlama işleminden önce, hedef bahçeye uygulanacak uygulama hacmi, farklı metotlara göre hesaplandıktan sonra, tüm ağaçlara sabit debi ile püskürtme işlemi yapılmaktadır. Ancak, hedef ağaçların sahip olduğu farklı boyut, hacim, yaprak alan indeksi, vb. özellikler nedeniyle, her ağaca püskürtülmesi gereken sıvı hacmi birbirinden farklı olmaktadır (Solanelles ve ark., 2006; Stajanko ve ark., 2012).

İlaçlamada, hedef ağaçlara gereğinden fazla ilaç püskürtülmesi; çevre kirliliği, ilaçlama maliyetinin yükselmesi, tarımsal ürünlerin güvenliğinin tehlikeye girmesi gibi sonuçlara neden olurken, gereğinden az püskürtülen ilaç da zararlıların ilaç direncini yükselterek, ileride yapılacak ilaçlama işlemlerinin etki oranını düşürmektedir. Bu nedenle, hem bitki koruma ürünlerinin kullanımını azaltmak, hem de daha başarılı bir şekilde ilaçlama yapabilmek için çevre dostu püskürtme teknikleri geliştirilmiştir (Kadıoğlu, 2012). Günümüzde bu teknikler kullanılarak, her bir ağacın ayrı ayrı değerlendirilip, taç hacmine göre uygulama yapılması hedeflenmektedir (Zeren ve Bayat, 1995).

Tarımda kimyasalların kullanıldığı mücadeleden beklenen yararın görülmesi ve girdi maliyetinin yüksek olmaması için, amaca uygun pülverizatör ve ilaçlama yöntemi seçimi çok önemli olmaktadır. Zira ilaçlamada hedef bölgede tutunan ilaç miktarı, birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar; bitki çeşidi ve yaşı, çevre koşulları, ilaçlama ünitesi ve pestisit formülasyonu arasındaki etkileşim olarak sıralanır iken, bazı hastalık ve zararlılara uygulanan kimyasalların yaprak altına ulaştırılması da önemli olmaktadır. İlacın bitki bünyesinde tutunması ve yüzey kaplamaya ilaçlama üniteleri doğrudan etki etmektedir. Bu nedenle, ilaçlamadan beklenen etkinin görülebilmesi için bitki yüzeylerinde optimum kaplamayı sağlayacak ilaçlama ünitesinin seçimi önemlidir. (Sumner ve ark., 2000)

Turunçgiller, herdem yeşil oldukları için, üzerlerinde birçok zararlı barındırabilen bitkilerdir. Turunçgillerde kullanılan ilaçlama yöntemi; hedef zararlıya, kullanılacak kimyasal formülasyona, ağacın büyüklüğüne, ilaçlama zamanına, hava koşullarına göre değişmektedir (Bayat ve ark., (2006) bildirdiğine göre, Salyani ve McCoy,1989).

Türkiye'de ise, turunçgil ağaçlarının ilaçlanması çoğunlukla püskürtme tabancası ile donatılmış yüksek basınçlı hidrolik pülverizatörler ile yapılmakta, ucuz olması nedeniyle, kimyasal ilaç olarak fitotoksitesi düşük beyaz yağlar tercih edilmektedir. Beyaz yağ uygulaması genellikle Mart ve Haziran aylarında yapılmaktadır. Son yıllarda artan yakıt ve iş gücü maliyetleri, üreticileri daha ekonomik yöntemlerle ilaç uygulamaya yöneltmektedir (Bayat ve ark.,2006).

Açıklanan nedenlerle üreticiler tarafından yoğun olarak kullanılan beyaz yağ, petrol ürünü olup, uygulanmasında, hedef yüzeyler üzerinde yüzde yüze yakın bir ilaç kaplaması sağlamak için, yüksek hacimli uygulamalarla ilaçlama yapılmaktadır. Bu uygulamalar, püskürtme tabancası kullanılarak yapılmakta ağaç gelişimi düzeyi ve birim alanındaki ağaç sayısına bağlı olarak, beyaz yağ 2000 ile 9.000 l/ha sınırları arasında değişen uygulama hacimlerinde uygulanmaktadır (Bayat ve ark., (2006)'nın bildirdiğine göre, Chapman ve ark., 1981; Furness ve Pinczewski, 1985). Bu kadar yüksek hacimli uygulamalarda, püskürtme tabancalı uygulamalar dışında, düşey çubuklu ve üzerinde hareketli memelere sahip olan yüksek basınçlı pülverizatörler kullanılmaktadır. Bu pülverizatörler, sağladıkları etkinlik açısından püskürtme tabancalara alternatif olarak gösterilmelerine rağmen, satın alma ve bakım bedelleri çok pahalı olan

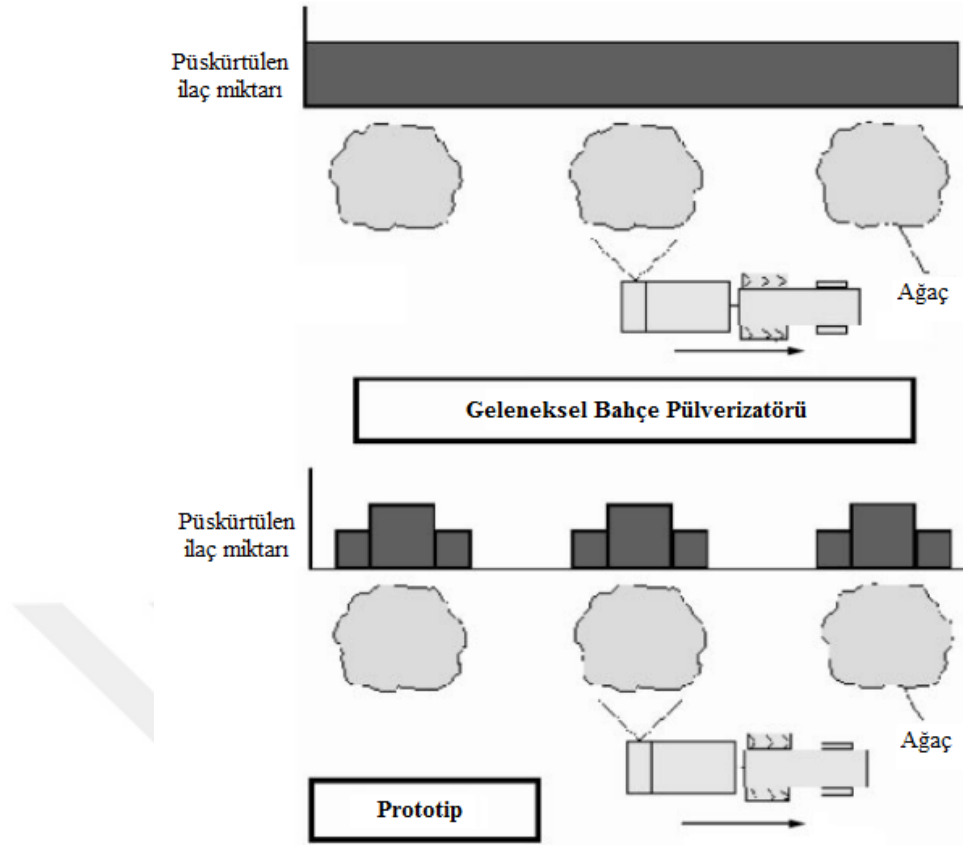
ekipmanlardır. Meyve ağaçlarını ilaçlamak için geliştirilmiş yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörleri ise, püskürtme tabancalı uygulamalara göre daha yüksek iş verimine sahip olup, ancak orta hacimli uygulamalara uygun olmakta ve turunçgil ağaçları üzerinde yeterli düzeyde ilaç kaplaması sağlayamamaktadırlar (Carman,1977).

Hava akımı düşük uygulama hacimli bahçe pülverizatörleri, özellikle ağaç tacı iç kısımlarında ve ağaçların üst bölgelerinde yetersiz etkinlik sağladıkları için, beyaz yağ uygulamalarında kullanıma uygun görülmemektedirler. Püskürtme memelerinden çıkan damlaların ağaçların iç kısımlarına ve tepe taç noktalarına kadar ulaşabilmesi, taşıyıcı hava akımının damlalara kazandırdığı enerjiye bağlı olduğu için, hava akımlı bir pülverizatörün yeterli düzeyde hava debisi ve hava hızına sahip olması gerekir (Bayat ve ark.,2006).

Bayat ve ark., (2000), hava debisi  $16.500 \text{ m}^3 / \text{h}$  ( $40 \text{ m/s}$  hava hızı) olan standart tip hava akımlı ve hava debisi  $17.850 \text{ m}^3 / \text{h}$  olan Kuleli tip pülverizatörler ile turunçgil ağaçlarına yaptıkları uygulamalarda, standart tip hava akımlı pülverizatör ile, kuleli tipe göre yapraklar üzerinde daha fazla kaplamanın sağlandığını belirlemişlerdir.

Randal (1971), hava akımlı bahçe pülverizatörlerinde daha yüksek hava verdisinin elma ağaçlarında daha fazla ilaç tutunması ve daha homojen ilaç dağılımı sağladığını belirtmektedir. Juste ve ark., (1990), turunçgil ağaçlarına yaptıkları uygulamalarda  $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $24 \text{ m/s}$  hava hızı ve  $10.800 \text{ m}^3 / \text{hsaat}$  ( $45-50 \text{ m/s}$  hava hızı) hava debisine sahip pülverizatörler ile, püskürtme tabancasından daha düşük ilaçlama etkinliği sağlamışlardır

Değişken oranlı ilaçlama yapabilen prototip sistemler, geleneksel pülverizatörler ile kıyaslandığında, kayda değer ölçüde ilaç tasarrufu sağlanabilmektedir. Özellikle, bahçe pülverizatörlerinde kullanılan değişken oranlı ilaçlama sistemlerinde, hedef ağaca sadece gereken miktarda ilaç uygulanmakla kalmayıp, ayrıca ağaçlar arası boşluklarda püskürtme otomatik olarak durdurularak gereksiz ilaç kullanımı önlenabilmektedir (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Meyve ağaçlarına uygulanan geleneksel ve değişken oranlı püskürtme yöntemlerinin ilaç tüketiminin karşılaştırılması (Moltó ve ark., 2001).

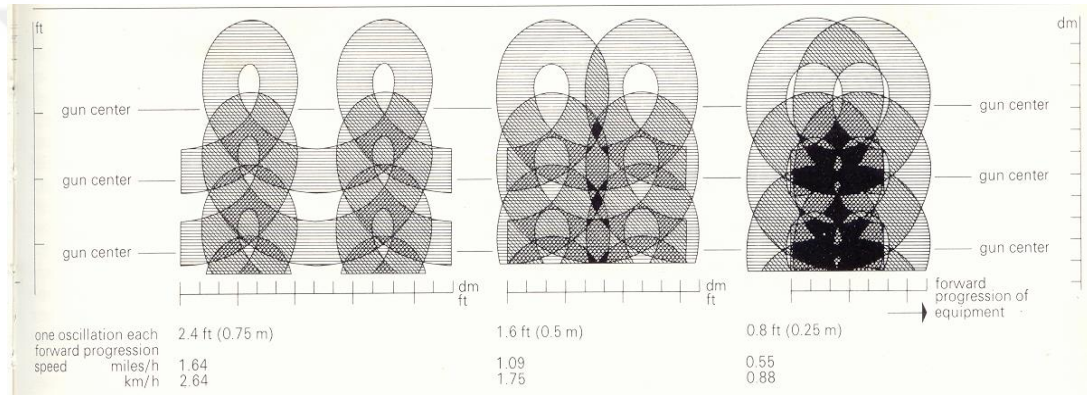
Yukarıda açıklanan tüm teknolojik gelişmelere rağmen, özellikle turunçgil ağaçları gibi tacı yoğun yaprakla kaplı ve bazı zararlı ve hastalıkların ise özellikle ağaç tacı iç bölümünde bulunması ile kabuklu bitler gibi zararlıların buldukları alanda hareketsiz olmaları gibi sebeplerden dolayı, turunçgil üreticileri hala yüksek uygulama hacimlerinde ilaçlamayı tercih etmektedirler. Diğer taraftan, turunçgil zararlıları ile mücadelede kullanılan bazı formülasyonların konsantrasyon esaslı olmaları nedeniyle, yüksek biyolojik etkinlik için hedef yüzeylerde %100 kaplama beklenmektedir. Ülkemizde, bu amacı gerçekleştirmek için, özellikle Çukurova bölgesi narenciye üreticileri, düşey çubuklu salınım hareketli hidrolik pülverizatörler kullanmaktadırlar. Ancak, bu pülverizatörle yapılan uygulamalarda, oldukça yüksek uygulama hacimleri kullanılmakta ve önemli oranda ilaç kayıpları oluşmaktadır. Ayrıca, daha çok yöresel olarak kullanılan bu pülverizatörün etkinliğine ait bilimsel veriye rastlanmamakta olup, tespitler daha çok fiziksel gözlemlere dayalı bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yüksek uygulama hacmi ile turunçgil ağaçlarına ilaç uygulama imkânı sunan ve ağaç tacı geometrisine göre memeleri ayarlanabilir, hidrolik memelerle donatılmış döner başlıklı bir püskürtme sisteminin tasarımı ve prototip imalatı yapılarak, turunçgil bahçelerinde uygulamasının yapılması ve etkinliğinin gerekli karşılaştırmalar ile ortaya konulmasıdır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Turunçgil ağaçlarına ilaç uygulama ekipmanları hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bunların önemli bir kısmı, bitki tacı üzerinde daha fazla ilaç (damla) birikintisi ve kaplama oranı sağlamak ve ilaç sürüklenmesini önlemeye yönelik olmuştur. Bu çalışmaların çoğunluğunda düşük uygulama hacmi ile çalışılmasına rağmen, ancak gerek zararlı gerekse kimyasal formülasyon ve ağaç tacının yoğun yaprak içermesi nedeniyle hala yüksek uygulama hacmi ile uygulamalar önemini korumaktadır.

Carmen (1975), düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörlerle yaptığı çalışmada, ağaç üzerindeki ilaç dağılımının, püskürtme çubuğunun salınım hızı (tabanca kurs boyu) ve traktör ilerleme hızına bağlı olarak değiştiğini belirlemiştir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1 Salınım hızı (62-70 salınım/min) ve ilerleme hızına bağlı olarak ağaç üzerinde gerçekleşen ilaç dağılımı değişimi (Carmen, 1975).

Beattie ve ark. (1989), yaptıkları çalışmada Valencia portakallarında oluşan kara leke mücadelesinde kullanılan bir düşey çubuk üzerine yerleştirilmiş salınım yapan ve yüksek debide ilaç kullanan geleneksel memelere sahip pülverizatör ile, hava akımı yardımı ile düşük debide ilaç kullanan, 4 adet memeye sahip döner başlıklı bir pülverizatörü karşılaştırmışlardır. Bu amaçla yapılan çalışmada, yüksek hacimli konvansiyonel memeler 2800 kPa basınçta ve dakikada 60 salınım yapacak şekilde ayarlanmış olup, traktörle 2.3 km/h hızda ilerletilmiş ve ilaç uygulama hacmi 9000 L/ha da tutulmuştur. Düşük hacimli uygulama yapan pülverizatörde ise, geriye doğru 25° açıda, ve dönen meme düzlemi yataydan 15° sapsmış vaziyette, 6000 d/min hızla döndürülerek kullanılmıştır. Pülverizatör, traktör ile 2.4-3.2 km/h hızla hareket ettirilmiş, ilaç uygulama hacmi 500-670 L/ha da tutulmuştur. Deneme sonuçları yapraklardaki ilaçlanan ve ıslanmayan kuru kalmış alanlarla değil, elde edilen sağlam ve mantar sebebi ile yere düşmüş meyvelerin ağırlığı ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, düşük uygulama hacimli döner başlıklı meme ile yapılan ilaçlamanın yüksek uygulama hacmi ile sağlanan etkinliğin altında olduğu görülmüştür.

Bayat ve ark. (1994), turunçgil ağaçlarını ilaçlamada kullanılan bazı pülverizatörlerin bahçe koşullarındaki etkinliğinin saptanması amacıyla yaptıkları çalışmada, klasik tip yardımcı hava akımlı, püskürtme tabancalı, elektrostatik yüklemeli yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörlerini kullanmışlardır. Beyaz sinek zararlısının kontrolünün amaçlandığı bu çalışmada, ağaç üzerindeki kalıntı miktarı ve karşılaşılan ilaç kayıplarının belirlenmesinde iz maddesi ve fluorometrik yöntemden yararlanıldığı, biyolojik etkinlik değerlerinin saptanmasında gerçek ilaç olan yazlık beyaz yağ kullanıldığı çalışma sonucunda; ilacın yaprak üzerinde kalma oranının çok fazla olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, çalışma sonucunda yaprak üzerinde en fazla kalıntı bırakan uygulamanın püskürtme tabancalı pülverizatörle (%43) yapılan uygulama olduğunu belirlemişlerdir. Ancak biyolojik etkinlik değerlendirmesinde ise hava akımlı yöntemlerin püskürtme tabancasına benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Bayat ve ark. (1996), ilaçlamada oluşan damlacıkların sürüklenmesi ilaçlamanın etkililiğini büyük oranda etkilemektedir. Sürüklenmenin azaltılması ilaçlamadan beklenen etkiyi artıran faktörlerden bir tanesidir. Sürüklenmenin azaltılmasına yönelik önerileri; Uygun olmayan hava koşullarında ilaçlama yapılmaması, püskürtme hacmi içerisindeki küçük damlaların oranının azaltılması, küçük damlaların hedefe taşınmasında çeşitli mekaniksel yöntemlerden yararlanılması şeklindedir.

Bayat ve ark. (2000), turunçgil ağaçlarına hava debisi 16500 m<sup>3</sup>/h olan standart tip hava akımlı ve hava debisi 17850 m<sup>3</sup>/h olan kuleli tip pülverizatör ile yaptıkları uygulamalarda, standart tip hava akımlı pülverizatörde, kule tipli olana göre yapraklarda daha fazla kaplama olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışma sonucuna göre, turunçgil ağaçlarında kabuklu bite karşı yapılan beyaz yağ uygulamalarında, kullanılan hava akımlı pülverizatörlerden hiçbirinin püskürtme tabancasına alternatif olmadığı belirlenmiştir.

Farooq ve Salyani(2002), tarafından yapılan araştırmada, turunçgil ağaçlarında ilaçlamada kullanılan, iki farklı hava taşıyıcılı püskürtücünün ağaçlarının tacına etkisinin araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, yüksek hacimlerde püskürtmenin taca daha derin nüfuz sağladığı, ancak rüzgârın püskürtme etkinliği üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Bayat ve ark. (2006), turunçgil ağaçlarına hava akımlı bahçe pülverizatörleri ile yüksek hacimli ilaç uygulaması yaptıkları çalışmada; turunçgil ağaçlarına 571 2 L/ha, 4080 L/ha hacimlerde ilaç uygulamasında üç farklı hava akımlı pülverizatör ile 4 farklı uygulama olarak yürüttükleri çalışmalarında, elde edilen bazı sonuçlar püskürtme tabancalı uygulama ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda; 5712 L/ha uygulama hacmiyle en yüksek kalıntı ve kaplama oranı, aksiyal fanlı Holder pülverizatörünün ATR 80 konik hüzmeli meme ile işletmesinde sağlandığı, bu pülverizatörün 4080 L/ha 'lık uygulama hacmi ile işletilmesinin püskürtme tabancasına alternatif olabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte, püskürtme tabancası ile 4243 L/ha uygulama hacminde ağaç üzerinde daha fazla kalıntı sağlanmasına rağmen, hava akımlı pülverizatörlere göre kayıp oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çelen ve ark. (2008), pülverizatör ilerleme hızı değişiminin bağlarda kalıntı ve damla dağılımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 2,1-4,9-7,7 km/h ilerleme hızını ve basınç değeri olarak 6 bar'ı kullandıkları çalışma sonucunda elde ettikleri verilere göre; ilerleme hızı arttıkça belirlenen kalıntı miktarında düşüş olduğu ve kalıntının daha geniş alana yayıldığı, bitkilerin üst kısımlarında genellikle daha az kalıntı miktarları belirlenirken, daha yoğun yaprak oranı bulunan orta ve alt kısımlarda bu değerlerin arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca, hız arttıkça sıvı damlacıkların daha uzak mesafelere taşındığı, basınç artışında ise kalıntı miktarlarının yükseldiğini ve sürüklenmenin arttığını belirlemişlerdir.

Whitney ve Salyani (2013), hava yardımcı püskürtücülerin turunçgil bahçelerindeki performansının karşılaştırıldığı çalışma sonucunda, hava akımı ve püskürtme hızının kaplama etkinliği üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Khot ve ark. (2014), hava yardımcı püskürtücülerin turunçgil bahçelerindeki performansının karşılaştırıldığı çalışma sonucunda, hava akımı ve püskürtme hızının kaplama etkinliği üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Sever (2015), tarafından yapılan çalışmada; bağların ilaçlanmasında kullanılan yardımcı hava akımlı hidrolik pülverizatörlere alternatif olarak, geleneksel ilaçlama makinesinin davlumbazına takılmış hava yönlendirme elemanın arasındaki iz maddesi birikim miktarı, yere olan sürüklenme ve kaplama oranlarındaki farkların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada, geleneksel makine ile hava yönlendirme elemanı takılı olan makineler (TS 2014 ve TS 2014a.) aynı işletme basıncı, aynı tip meme ve uygulama normunda yapılan denemelerde Sodium Fluorescein iz maddesi kullanılmış ve iz maddesi birikim miktarları spektrofotometre ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; gerek bitkinin merkez alt bölgesine yerleştirilen örnekleme noktaları üzerinde kaplama oranı ve iz maddesi dağılım düzgünlüğü, gerekse toprak yüzeyine sürüklenme açısından en uygun sonuçları TS 2014'ün verdiği, bitkinin girişim üst sağ ve girişim üst merkez bölgelerinde ise, geleneksel makinenin kaplama oranı ve iz maddesi dağılım düzgünlüğünün diğer makinelere göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Tang ve ark. (2018), İHA'ların turunçgil bahçelerinde kullanımı sırasında operasyon yüksekliği ve ağaç şeklinin damlacık dağılımı üzerindeki etkisinin incelendiği çalışma sonucunda; ağaç yapısına göre operasyon yüksekliğinin optimize edilmesinin, damlacık kaplamasını ve penetrasyonunu önemli ölçüde iyileştirdiği ve bu durumun turunçgil yetiştiriciliğinde zararlı kontrolü için kritik olduğu sonucuna varılmıştır. İHA'lar ile yapılan pestisit püskürtmesinin depozisyon kalitesine etkisinin değerlendirildiği çalışmada, yoğun bitki örtüsünde optimum zararlı kontrolü sağlamak için, püskürtme hacmi ve damlacık boyutu arasındaki dengenin önemine odaklanılmıştır. Çalışma sonucunda, İHA'ların, geleneksel yöntemlere kıyasla daha düzgün pestisit kaplaması sağladığı belirlenmiştir.

Wandkar ve ark. (2018), bahçelerde Gerçek Zamanlı Değişken Oranlı Püskürtme: Bu derleme olarak hazırlana bu makalede, bahçelerde ve bağlarda kullanılan gerçek zamanlı değişken oranlı püskürtme teknolojileri incelenmiştir. Çalışmada, bu teknolojilerin uygulama verimliliğini artırarak kimyasal israfını azalttığını ve değişken ağaç yoğunluklarına sahip turuncgil bahçeleri için oldukça faydalı olduğu ortaya konmuştur.

Appah ve ark. (2019), elektrostatik püskürtme teknolojisinin turuncgil bahçelerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada elde edilen sonuçlar, bu teknolojinin püskürtme etkinliğini artırdığını ve kimyasal kullanımını azalttığını göstermiştir.

Guanter ve ark. (2019), insansız hava araçlarının, turuncgil bahçelerinde pestisit uygulamalarındaki potansiyelini belirlemek amacı ile yapılan bu çalışma sonucunda, insansız hava araçlarının, verimlilik ve çevresel etkiler açısından geleneksel yöntemlere göre üstün olduğu vurgulanmıştır.

Martinez-Guanter ve ark. (2020), İHA Tabanlı Ultra-Düşük Hacimli Püskürtme: Zeytin ve turuncgil bahçelerinde İHA tabanlı ultra-düşük hacimli (ULV) püskürtmenin etkinliğini araştırdıkları çalışma sonucunda; İHA'ların kimyasal kullanımını azaltarak ekonomik ve çevresel faydalar sağladığını, ayrıca, yoğun tacın bulunduğu yerlerde geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ahmad ve ark. (2021), tarımsal ilaçlamada kullanılan yeni teknolojilerin ele alındığı, derleme olarak hazırlanan çalışmada, özellikle insansız hava araçları (UAV) ve yapay zeka tabanlı sistemlerin, hedef tespiti ve püskürtme doğruluğunu artırdığı vurgulanmıştır.

Partel ve ark. (2021), turuncgil ağaçları için akıllı bir püskürtücünün geliştirildiği bu çalışmada, sensör füzyonu ve yapay zeka kullanarak, ağaçların durumu ve yüksekliğini belirleyen bir sistem tasarlanmıştır. Çalışma sonucunda, sistemin, pestisit kullanımında %32 azalma sağladığı ortaya konmuştur.

Avşar (2022), yaptığı çalışmada, değişken oranlı ilaç uygulamaları için standart bir bahçe pülverizatörü püskürtme ünitesi üzerine eklenen ultrasonik sensörler kullanarak, gerçek zamanlı olarak hesaplanmış ağaç tacı hacmi ve aynı anda Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) ile işletilen hidrolik memelerle, taç hacmiyle orantılı ilaç uygulamaları yapılmıştır. Saksı denemesi olarak atölye koşullarında yürütülen çalışmada karşılaştırma parametresi olarak, Karşılaştırma parametreleri olarak, ağaç tacı üzerinde seçili bölgelerdeki birikim ve kaplama değeri ve oluşan ilaç kayıpları saptanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, kesiksiz ilaçlama ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, sadece ağaç taç geometrisi dikkate alınarak uygulanan ilaç miktarı açısından değerlendirildiğinde, değişken oranlı püskürtme yapan prototip sistemin, kesiksiz püskürtme yapan geleneksel sisteme göre %88,67 oranında ilaç kayıplarında azalma ve %48,69 ilaç tasarrufu sağlandığı ortaya konmuştur.

Bao ve ark., (2022), turunçgil bahçelerinde hedefe yönelik püskürtme sistemi geliştirilen bu çalışmada, geliştirilen sistemin sensörlerle tarım ilaçlarının israfını önleyerek, yalnızca hedef alanlara püskürtme yaptığı ortaya konmuştur.

Yanhua ve ark.,(2022), Turunçgil ağaçlarında, püskürtme özelliklerinin kaplama ve penetrasyon üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışma sonucunda; püskürtme açısı, damlacık boyutu ve rüzgar hızının kaplama kalitesini etkilediği belirlenmiştir.

Chen ve ark.,(2023), yamaçlı bir alan üzerinde tesis edilmiş turunçgil bahçelerinde kullanılan sabit püskürtme sistemlerinin verimliliğinin araştırıldığı çalışmada, farklı meme tipleri (basınçlı swirl memeler ve sabit püskürtme plakalı sprinklerler) karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, sabit püskürtme plakalı sprinklerlerin, damlacık dağılımında daha iyi performans gösterdiği ve zor arazi koşullarında zararlı kontrolü için daha etkili olduğu bulunmuştur.

Tahir ve ark., (2023), hassas tarım teknolojilerinin turunçgil zararlı yönetiminde kullanım olanaklarının incelendiği çalışmada, sensör tabanlı sistemlerin zararlılarla mücadelede kimyasal kullanımını önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur.

Xue ve ark., (2023), püskürtme meme tasarımının turunçgil ağaçlarında kaplama etkinliği üzerindeki etkilerin incelendiği çalışmada, doğru meme tasarımının püskürtme kalitesini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

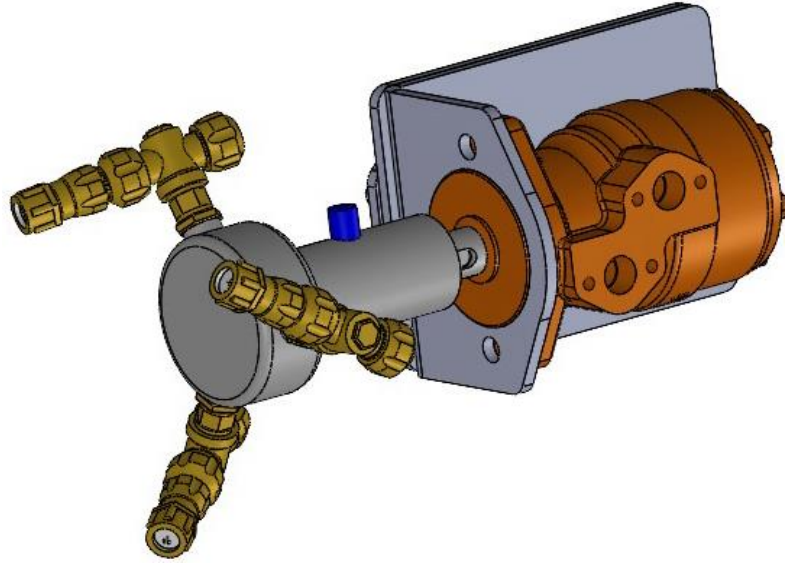
##### 3.1.1. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatör Prototip İmalatı

Araştırmada kullanılan Prototipi çalıştırmak üzere, Parlayan tarım aletleri (Manisa) firması tarafından imal edilmiş asılır tip bir tarla pülverizatörünün (depo kapasitesi 600 L ve pompa debisi 65 L/min) püskürtme ünitesi devre dışı bırakılarak pülverizatör üzerine hidrolik döner başlıklı püskürtme sistemi monte edilmiştir. Tüm prototip imalatlar Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojisi Bölümü atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan prototip döner başlık ve temel aksamı Şekil 3.1 ve püskürtme şasesi Şekil 3.2’de, prototipin son hali ise Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te verilmiştir. Prototip püskürtme ünitesi üzerinde kullanılan hidromotorlar doğrudan traktör hidrolik sistemindeki yağla tahrik edilmiştir. Seçilen hidromotorlar sayesinde meme püskürtme basıncı ne olursa olsun döner başlık hızı sabit tutulmuştur. Ancak döner başlık devrini, traktör ilerleme hızına bağlı olarak orantılı değiştirmek için hidromotora giden yağı kısıtlayan veya açan vanalar kullanılmıştır.

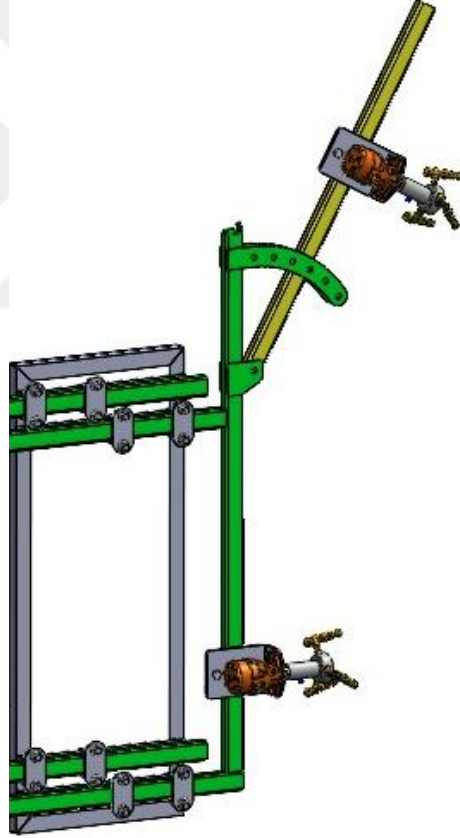
Prototip püskürtme sistemini işletmek için kullanılan hidromotorların ve kontrol ünitelerinin başlıca özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

- VSR 50 kontrol ünitesi
- 2 adet hidromotor (60 L/min debiyeye sahip)
- Hidrolik hortumlar (140 bar’a dayanıklı)
- 2 adet ½ hidrolik çekli hız ayar vanası

Hidromotor mili üzerine yerleştirilen disk şeklindeki bir döner başlık üzerine her bir ünite üzerine püskürtme açısı ve yönü değiştirilebilen, 3 adet delik çapı 1.5 mm olan ve türbülans odası hacmi değiştirilebilen konik hüzmeli memeler bağlanmıştır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi hidromotorlar, bağlandığı şase üzerinde farklı açılarda işletilebilmekte, böylece döner başlıklı püskürtme sistemi ağaç tacı mimarisine göre konumlanabilmektedir.



Şekil 3.1. Hidrolik döner başlıklı prototip tasarımı



Şekil 3.2. Hidrolik döner başlıkların pülverizatör şasesine bağlantı biçimi



Şekil 3.3. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatörün bahçede çalıştırılması



Şekil 3.4. Hidrolik Döner Başlıklı Pülverizatörün düşeyde ilaç dağılımının fiziksel görüntüsü

### 3.1.2 Düşey Çubuklu Salınım Hareketli Pülverizatör

Araştırmada kullanılan düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör (Yılmaz tarım makinaları-Adana) çekilir tip olup, 4000 L depo kapasiteli ve 2 adet piston membranlı pompaya sahiptir. Her bir pompanın debisi 50 bar basınçta 184 L/min dir. Düşey bir çubuk üzerine sağlı sollu olarak yerleştirilmiş memelere salınım hareketi sağlayan özel bir mekanizma bulunmaktadır. Bu salınım hareketi düzeneği ile her bir memeye 62-70 salınım/min verilmektedir. Pülverizatör üzerindeki pompalardan biri sağ yandaki, diğeri ise sol yandaki memeleri beslemektedir. Depo hidrolik olarak karıştırılmakta, püskürtme basıncı ayarı ve pülverizatörün ilgili bölümlerine akışı kesip başlatma ünitesi olan regülatör donanımı sürücü bölümünde manuel olarak kontrol edilmektedir. Düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör üzerinde sağlı sollu yerleştirilmiş ve her birinde 2'şer adet meme olmak üzere toplam 20 adet püskürtme tabancası yerleştirilmiştir. Beher püskürtme tabancası 2 adet türbülans odası hacmi değiştirilebilir 1.5 mm delik çapına sahip hidrolik memelerle donatılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Düşey Çubuklu Salınım Hareketli Pülverizatör ve düşeyde ilaç dağılımının fiziksel görünümü

### 3.1.3 Araştırmada kullanılan Pülverizatörlerin çalışma parametreleri

Araştırmada seçilen işletme parametrelerine bağlı olarak, sağlanacak uygulama hacimleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$N=600*Q/V*B$$

Burada:

N= Uygulama hacmi (L/ha)

Q= Toplam püskürtme debisi (L/min)

V= Traktör ilerleme hızı (km/h)

B= Sıra arası mesafe olarak iş genişliği (m)

Araştırmada kullanılan pülverizatörlerin işletme parametreleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Araştırmada kullanılan döner başlıklı pülverizatörün, hidrolik başlıkların dönü hızı d/min bir takometre ile ölçülmüştür (PROVA Tachometer RM-1500). Ancak düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörün salınım hızı bir kronometre yardımıyla görsel olarak sayılmıştır.

Çizelge 3.1 Pülverizatörler ve İşletme Karakteristikleri

Pülverizatörler	Dönü ve Salınım hızı(d/min)	Toplam Meme Debisi (L/min)	P <sub>işletme</sub> (Bar)	V <sub>traktör</sub> (km/h)	Uygulama Hacmi (l/ha)	Ağaç Başına Uyg. Hacmi (L/ağaç)
	81			3.78	1520	5.62
Hidrolik Döner Başlıklı		28.74	30	5.76	998	3.69
	68			6.85	839	3.10
Düşey Çubuklu Salınım Hareketli	65	43.2	45	5.76	1520	5.62

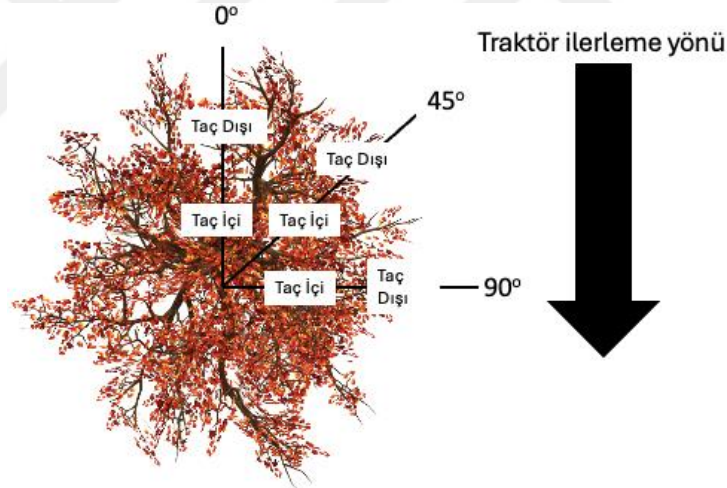
### 3.1.4. Bahçe denemeleri

Denemeler Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi döner sermaye işletmesine ait dikim şekli 6x3 m olan, 3m yüksekliğe, 3.4 m taç çapına sahip olan, sırta dikim budama gereksinimi olan W Murcott mandalina ağaçları üzerinde yapılmıştır. Denemede hidrolik döner başlıklı prototip ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör kullanılmıştır.

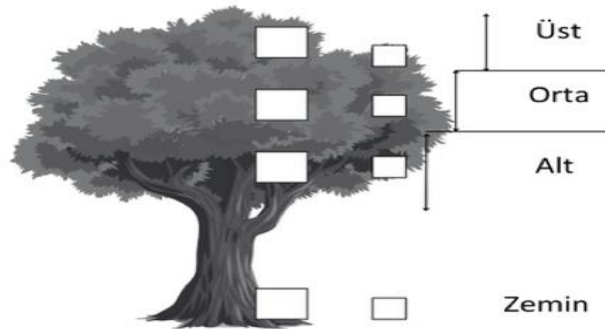
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deneme Planı

Denemeler Tesadüfi bloklarda deneme düzenine göre ve 3 tekrarlı yapılmıştır. Her bir tekrar bir ağaç üzerinde yapılmıştır. Denemelerde sadece su püskürtülmüş ve örnekleme yüzeyi olarak 26x76 mm ölçülerinde suya duyarlı kartlar (Water Sensitive Paper-Syngenta/Switzerland) kullanılmıştır. Örnekleme belirlenen ağaçların tacının  $\frac{1}{4}$  'üne püskürtme doğrultusuna göre  $0^\circ$ - $45^\circ$ - $90^\circ$  açıda tacın iç ve dış kısmında alt, orta, üst bölümünde yapılmıştır. Ayrıca ağaç üzerindeki hedef yüzeylere yere akan ilaç kayıplarını belirlemek için belirlenen yön açılarında ağaç altında toprak seviyesinde örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Zemine koyulan suya duyarlı kağıtlar oluşan ilaç kayıplarını ölçmek için yerleştirilmiş olup, toplamda her bölgede 6 adet suya duyarlı kâğıt ve ağaç başına 24 adet suya duyarlı kâğıt olmak üzere deneme başına 72 adet suya duyarlı kâğıt kullanılmıştır. Hidrolik döner başlıklı prototip, 2 farklı başlık dönü hızı ve 3.78 km/h, 5.76 km/h, 6.85 km/h olmak üzere 3 farklı traktör hızında 6 deneme, düşey salınım hareketli pülverizatör 5.76 km/h traktör hızında 1 deneme olmak üzere toplam 7 deneme yapılmıştır. Su püskürtüldükten sonra kuruyan suya duyarlı kağıtlar cımbız yardımıyla el değmeden alınarak önceden konumlarına göre hazırlanmış zarfların içine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Denemelerde suya duyarlı kağıtların yerleşim açıları



Şekil 3.7. Denemelerde suya duyarlı kağıtların yerleşim yükseklikleri.

### 3.2.2. Hedef Yüzeyde Kaplama Oranın ölçülmesi

Püskürtme testlerinde uygulanan sıvı hacmine bağlı olarak, kaplama oranını ve damla yoğunluğunu (birikinti hesaplamak için belirlenmiştir) tespit edebilmek için, belirlenen ağaçların ¼ 'üne 0°, 45° ve 90° konumlarına, 4 bölge olmak üzere (zemin, aşağı, orta, yukarı) suya duyarlı kağıtlar (WSP) iç ve dış olarak asılmıştır. İç ve dışta birer adet olmakla beraber toplamda ikişer adetten ağaç başına 24 adet suya duyarlı kağıt kullanılmıştır (Şekil 3.8). Püskürtme öncesi ve sonrası görüntüler Şekil 3.9'da verilmiştir.

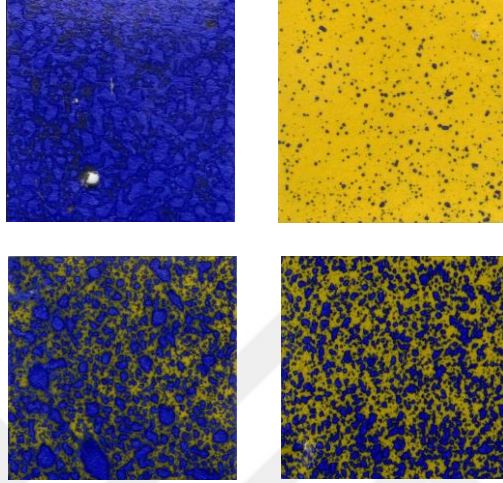


Şekil 3.8. Denemelerde suya duyarlı kağıtların (WSP) yerleşimine örnek



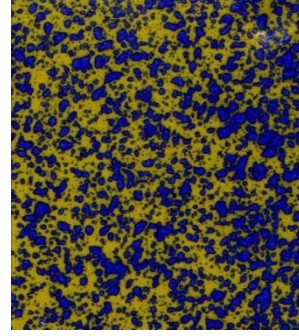
Şekil 3.9. Suya duyarlı kağıt deneme öncesi (sol resim) ve sonrası (sağ resim) görüntüsü

Püskürtme testlerinden sonra toplanan suya duyarlı kağıtlar tamamen kuruduktan sonra, Epson L3151 tarayıcıda 600 dpi taranarak, görüntüler bilgisayara aktarılmıştır. Bilgisayara aktarılan suya duyarlı kağıtların görüntüleri, Image J (1.38x versiyonu) görüntü işleme programı ile işlenerek her kâğıdın ilaç kaplama oranı ve damla yoğunluğuna ayrı ayrı bakılarak not edilmiştir. Elde edilen veriler Microsoft excel programına aktarılarak düzenlenip ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.).

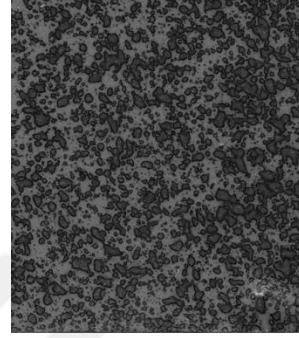


Şekil 3.10. Suya duyarlı kağıtların bilgisayar ortamına aktarılmış görüntüsü

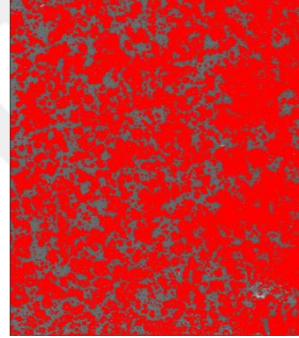
Orijinal Görüntü



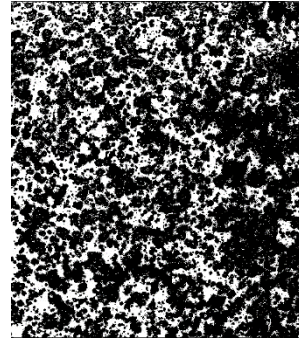
Orijinal Görüntünün 8 Bit  
Görüntü Formatına  
Dönüştürülmüş Hali



Görüntüye Eşikleme  
Uygulaması



Eşikleme Uygulanmış  
Görüntü



Şekil 3.11. Suya duyarlı kağıtların bilgisayar ortamında işleme aşamasının görüntüleri

### 3.2.3 Damla Birikintisi Olarak İlaç Kayıplarının Belirlenmesi

Denemelerde doğrudan yere ulaşan damla miktarlarını belirlemek için ağaçların zeminine 0°-45°-90° açıda olmak üzere iç ve dış olarak suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir (Şekil 3.12).

Yere akan ilaç kayıplarının kaplama oranları ve birikinti miktarlarına İmage J programında bakılmıştır. Bu sonuç doğrudan kullanılan görüntü işleme programından (İmage J) alınabilmektedir.



Şekil 3.12. Zemindeki ilaç kayıplarının belirlenmesi için suya duyarlı kağıtların yerleşimi

### 3.2.4. Araştırma Sonuçlarının İstatistiki Olarak Değerlendirilmesi

Denemelerde yapılan püskürtme testleri sonucunda elde edilen ilaç kaplama oranı ve birikinti miktarı verileri SPSS 26 istatistik yazılımı ile analiz edilmiştir. değerlendirmede, ana faktörler olarak pülverizatör ve uygulama hacmi; alt faktörler olarak ise örnekleme konumları (örneklem konum açısı, taç iç-dışı ve bölgeler) ile analiz edilmiştir. Varyans analizinde, alt faktörlerin tekrarlı ölçümleri değerlendirilmiştir

Yapılan istatistiksel analizde püskürtme testleri sonucunda elde edilmiş verilerin, açı (0°-45°-90°), bölge (zemin, alt, orta, üst) ve yöntem (hidrolik döner başlıklı pülverizatör ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör) göre kendi içindeki değişimleri belirlemek için 2 ve 3 yönlü varyans analizi, ikili karşılaştırmalar için post-hoc testi kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Uygulama hacmine bağlı olarak pülverizatörlerle sağlanan kaplama ve birikinti miktarları

#### 4.1.1 Döner başlıklı pülverizatörle farklı dönü hızlarındaki kaplama ve damla birikinti miktarları

Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün püskürtme başlıklarının 81 d/min dönü hızında işletilmesinde sağlanan kaplama oranlarının uygulama hacmi, ağaç tacı üzerinde seçilen bölgeler ve bu bölgelerin pülverizatöre göre konum açıları ve interaksiyonlara ait değişimi gösteren varyans analiz tablosu çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 81 d/min ’de yaptığı kaplama üzerine hacim, bölge ve açı etkilerinin üç yönlü varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi	F istatistiği	P*değeri
<b>Uygulama Hacmi</b>	<b>2</b>	<b>10,726</b>	<b>&lt;0,001</b>
Taç üzerindeki Bölgeler	2	1,633	0,200
<b>Konum açısı</b>	<b>2</b>	<b>20,669</b>	<b>&lt;0,001</b>
U. Hacim x Bölge	4	1,855	0,123
U. Hacim x Konum Açısı	4	0,478	0,752
Bölge x Konum Açısı	4	0,989	0,416
U. Hacim x Bölge x K. Açısı	8	0,419	0,908
Hata	124		
Toplam	151		
Düzeltilmiş Toplam	150		

\*: p<0,01 önem seviyesinde farklar önemlidir.

Çizelge 4.1’de incelendiğinde döner başlığın 81 d/min dönü hızında işletilmesinde farklı uygulama hacimlerinde hacimlerinin hedef yüzeyler arasında farklı kaplama oranları sağladığı, aynı zamanda ağaç üzerinde seçilen örneklem konum açılarına göre de kaplama oranlarında önemli farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Ancak belirtilen dönü hızında taç üzerinde seçilen bölgelerin, uygulama hacmi x bölge, uygulama hacmi x konum açısı ve uygulama hacmi x bölge ve konum açısı interaksiyonlarının hedef yüzeylerde sağlanan kaplama oranları arasında P<0.01 önem seviyesinde farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.2’de hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 68 d/min dönü hızında işletilmesinde seçilen örneklem noktaları, uygulama hacmine bağlı olarak sağlanan kaplama oranındaki değişimlere ait varyans analiz tablosu verilmiştir

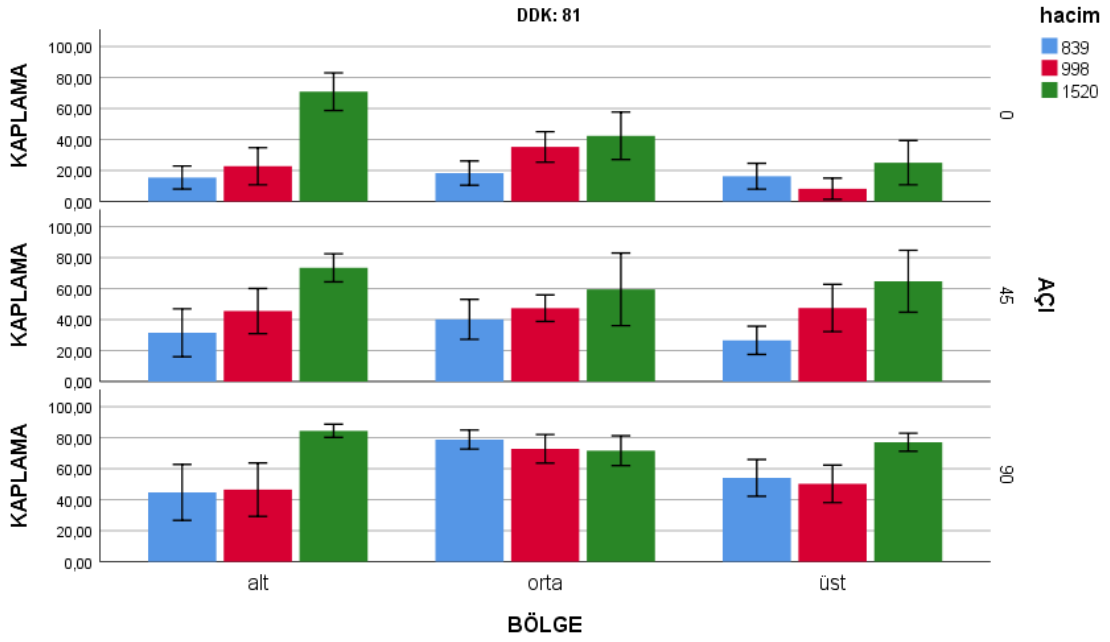
Çizelge 4.2. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 68 d/min ’de yaptığı kaplama üzerine hacim, bölge ve açı etkilerinin üç yönlü varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi	F istatistiği	P* değeri
<b>Uygulama Hacmi</b>	<b>2</b>	<b>12,858</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Taç üzerindeki Bölgeler</b>	<b>2</b>	<b>8,463</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Konum Açısı</b>	<b>2</b>	<b>31,323</b>	<b>&lt;0,001</b>
U. Hacmi x Bölge	4	0,904	0,464
U. Hacmi x Konum Açısı	4	1,557	0,189
Bölge x Konum Açısı	4	0,429	0,787
U. Hacmi x Bölge x K. Açısı	8	0,298	0,965
Hata	133		
Toplam	160		
Düzeltilmiş Toplam	159		

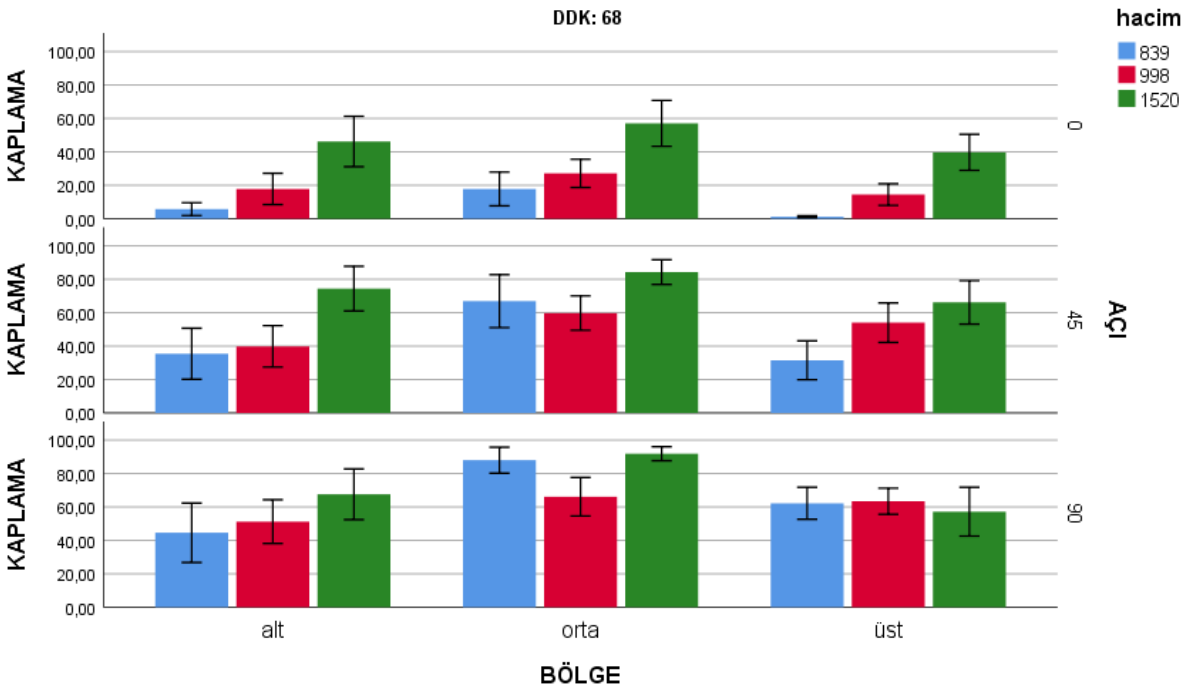
\*: p<0,01 önem seviyesinde farklar önemlidir.

Çizelge 4.2’deki varyans analiz tablosu incelendiğinde hedef yüzeyler üzerinde sağlanan kaplama oranlarının değişimi üzerinde uygulama hacmi, taç üzerinde seçilen bölgeler ve konum açılarının etkisi P<0.01 önem seviyesinde önemli iken, diğer incelenen parametreler ve onların etkileşimleri önemsiz olmuştur.

Hidrolik döner başlıklı püskürtme sisteminin her iki dönü hızında da varyans tablolarında önemli görülen parametrelere ait ortalamalar (şekil 4.1 ve şekil 4.2) ayrı ayrı incelendiğinde, gerek 81 d/ min ve gerekse düşük dönü hızı olan 68 d/min dönü hızında beklendiği gibi en yüksek kaplama oranı en yüksek uygulama hacminde sağlanmıştır. Yine her iki dönü hızında en yüksek kaplama oranı pülverizatör ilerleme yönüne dik doğrultudaki (90°) konum açılarından alınan örnekleme yüzeylerinde sağlandığı görülmüştür. Bunu 45°’lik açı konumunda alınan örnek yüzeyler üzerinde kaplama oranı izlemiştir. Bu verilere göre en az kaplama oranının pülverizatör ilerleme doğrultusuna paralel (0°) yaprak yüzeylerinde sağlandığı, bu yüzeylerde kaplamayı arttırmak için daha yoğun bir damla türbülansının ağaç tacı içine yönlendirilmesi gerektiği söylenebilir.



Şekil 4.1. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 81 d/min dönü hızında hacim \* bölge \* açı interaksiyonu kaplama oranı değişimleri



Şekil 4.2. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 68 d/min dönü hızında hacim \* bölge \* açı interaksiyonu kaplama oranı değişimleri

Araştırmada hidrolik döner başlıklı pülverizatör ile farklı uygulama hacimlerinde, düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörde tek bir uygulama hacminde püskürtmeyle, ağaç üzerinde seçilen örneklem noktalarına göre sağlanan ortalama kaplama oranları Çizelge 4.3'te, ortalama birikinti (deposit) miktarları ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3'ü incelendiğinde hidrolik döner başlıklı pülverizatör (1520 l/ha uygulama hacminde) 81 d/min dönü hızının 68 d/min dönü hızına göre taç içinde daha yüksek kaplama oranı sağlarken, taç dışında daha düşük kaplama oranı sağladığı görülmüştür. Taç içi ve dışı kaplama değişim oranlarına (%CV) bakıldığında, en düşük kaplama değişimini taç içi %CV=33.9, taç dışı %CV=11.2 ile 81 d/min dönü hızının sağladığı görülmektedir.

Hidrolik döner başlıklı pülverizatör (1520 l/ha uygulama hacminde 81 d/min dönü hızında) düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatöre göre kıyaslandığında ise taç içinde daha az kaplama oranı sağlarken taç dışında daha fazla kaplama sağlamıştır. Taç içi ve dışı kaplama değişim oranlarına (%CV) bakıldığında en düşük kaplama değişimini taç içi %CV=33.9, taç dışı %CV=11.2 ile hidrolik döner başlıklı pülverizatörün sağladığı görülmektedir. Zhu ve ark (2008) yeterli kaplama oranı olarak, kaplama oranının %30 olmasını yeterli görmüştür. Suya duyarlı kart üreticisi firmalardan olan Syngenta kendi kataloglarında insektisit uygulamalarında 20-30 damla/cm<sup>2</sup> ve fungusit uygulamalarında 50-70 damla/cm<sup>2</sup> uygulamanın iyi bir gerçekleştirebileceğini bu damla sıklıklarında %30'luk bir kaplama oranına tekabül ettiğini vurgulamaktadır. Bu durumda döner başlıklı pülverizatöründe 81 d/min dönü hızında işletilmesi, düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatöre alternatif olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.3. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde yaprak yüzeylerinde sağlanan ortalama kaplama değerleri

Pülverizatörler	Taç İçi Kplama Oranı (%)				Ortalama Kplama (%)	Taç Dışı Kplama Oranı (%)				Ortalama Kplama (%)
	Konum açıları					Konum açıları				
	0	45	90	%CV		0	45	90	%CV	
Hidrolik Döner Başlıklı 81 d/min	34.49	52.25	69.94	33.9	52.23	69.80	78.11	87.42	11.2	78.44
68d/min	22.83	57.38	55.27	42.8	45.16	69.20	92.56	91.34	15.5	84.36
Düşey Çubuklu Salınım Hareketli	24.43	65.76	88.24	54.4	59.47	55.31	86.14	89.48	24.4	76.97

Çizelge 4.4 incelendiğinde hidrolik döner başlıklı pülverizatör (1520 l/ha uygulama hacminde) 81 d/min dönü hızının 68 d/min dönü hızına göre taç içinde daha yüksek birikinti oranı sağlarken, taç dışında daha düşük birikinti oranı sağladığı görülmüştür. Taç içi ve dışı birikinti değişim oranlarına (%CV) bakıldığında en düşük birikinti değişimini taç içi %CV=49.1 ile 81 d/min, taç dışı %CV=19.2 ile eşdeğer sağladığı görülmektedir.

Hidrolik döner başlıklı pülverizatör (1520 l/ha uygulama hacminde 81 d/min dönü hızında) düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatöre göre kıyaslandığında ise taç içinde daha fazla birikinti oranı sağlarken taç dışında daha az birikinti sağlamıştır. Taç içi ve dışı birikinti

değişim oranlarına (%CV) bakıldığında en düşük birikinti değişimini taç içi %CV=49.1, taç dışı %CV=19.20 ile hidrolik döner başlıklı pülverizatörün sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.4. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde yaprak yüzeylerinde sağlanan ortalama birikinti değerleri

Pülverizatörler	Taç İçi Birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )				Ortalama birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )	Taç Dışı Birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )				Ortalama birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )
	Konum açıları					Konum açıları				
	0	45	90	%CV		0	45	90	%CV	
Hidrolik Döner Başlıklı 81										
d/min	19.07	35.93	55.141	49.1	36.71	49.64	67.40	72.93	19.2	63.32
68 d/min	8.36	43.11	43.36	63.6	31.61	62.63	90.75	87.7	19.2	80.36
Düşey										
Çubuklu Salınım Hareketli	12.06	51.43	82.31	72.4	35.21	46.73	80.86	83.55	29.1	70.38

#### 4.2. Döner başlıklı pülverizatör ve salınım hareketli pülverizatörlerle uygulamalarda zemindeki ilaç kayıplarının karşılaştırılması

Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün 81 d/min ve 68 d/min dönü hızında farklı uygulama hacimlerinde zeminde oluşan ilaç kayıplarının kaplama ve birikinti oranları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5'i incelendiğinde en yüksek ortalama kaplama oranı ve birikinti miktarını 1520 l/ha uygulama hacminde 68 d/min sağlamıştır. En düşük değişim oranlarını ise 839 l/ha uygulama hacminde (%CV) kaplama değişimini %CV=0.59, birikinti miktarı değişimi %CV=0.94 ile 68 d/min sağlamıştır. Uygulama hacmi arttıkça zemindeki ilaç kayıpları kaplama oranı ve birikinti miktarı olarak artmaktadır.

Çizelge 4.5. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün farklı dönü hızlarında işletilmesinde meydana gelen yere ulaşan ortalama ilaç kayıplarına ait veriler

Uygulama Hacmi(l/ha)	Açı (°)	Kaplama oranı (%)		Birikinti miktarı(µL/cm <sup>2</sup> )	
		68 (d/min)	81 (d/min)	68 (d/min)	81 (d/min)
839	0	68,0	74,0	58,9	60,0
	45	68,8	78,2	58,3	68,5
	90	68,3	71,1	57,8	57,1
	Ort.	68,3	74,4	58,3	61,8
	%CV	0,59	4,7	0,94	9,57
	998	0	75,9	79,4	66,7
45	85,2	72,2	79,7	59,1	
90	63,0	59,9	49,7	34,7	
Ort.	74,7	70,5	65,3	54,9	
%CV	14,92	13,98	23,01	33,74	
1520	0	98,4	61,7	97,8	48,6
	45	94,9	69,2	92,1	56,3
	90	64,1	51,8	50,8	29,8
	Ort.	85,8	60,9	80,2	44,9
	%CV	21,99	14,33	31,96	30,36

Araştırmada hidrolik döner başlıklı pülverizatör ile 1520 l/ha uygulama hacimlerinde, düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörde tek bir uygulama hacminde püskürtme yöntemiyle ağaç üzerinde seçilen konum açılarına göre zemin üzerinde yapılan örnekleme ile ağaç üzerinde tutunamayıp veya doğrudan yere ulaşan ilaç kayıplarını belirlemek için seçilen noktalarda suya duyarlı kağıtlar üzerinde biriken damlalar için kaplama oranları Çizelge 4.6’da, ortalama birikinti miktarları ise Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6’sı incelendiğinde hidrolik döner başlıklı pülverizatör (1520 l/ha uygulama hacminde) 81 d/min dönü hızının 68 d/min dönü hızına göre daha düşük ilaç kayıpları oluşturduğu görülmektedir. Her iki dönü hızında taç iç ve taç dış kısmını temsilen zemindeki kayıplar dikkate alındığında beklendiği gibi her iki dönü hızında ağaç dış kısmının zemini üzerinde daha fazla ilaç kayıplarının olduğu görülmüştür. Zeminde ilaç kayıpları potansiyeli olarak değerlendirilen kaplama değerlerinin, her iki dönü hızındaki değerler açısından düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörle karşılaştırıldığında, zeminin tamamen ilaçla kaplandığı (%100) ve bu nedenle kayıp oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.6. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde zemindeki ilaç kayıpları ortalama kaplama değerleri (%)

Pülverizatörler	Taç İçi Kaplama Oranı (%)				Ortalama Kaplama (%)	Taç Dışı Kaplama Oranı (%)				Ortalama Kaplama (%)
	Konum açıları			%CV		Konum açıları			%CV	
	0	45	90			0	45	90		
Hidrolik Döner Başlıklı 81 d/min	55.72	65.80	45.34	18.3	55.62	67.74	61.34	58.41	7.6	62.5
68d/min	96.93	96.92	82.58	8	92.14	100	92.04	45.74	36.9	79.26
Düşey Çubuklu Salınım Hareketli	100	100	100	0	100	100	100	100	0	100

Çizelge 4.7'si incelendiğinde zeminde oluşan ilaç birikinti kayıpları incelendiğinde hidrolik döner başlıklı pülverizatörün (1520 l/ha uygulama hacminde) 81 d/min, 68 d/min dönü hızına da ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörün kaplama oranlarındaki verilere benzer sonuçlar oluşturduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle en yüksek birikinti kaybı düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatörle sağlanırken en düşük birikinti kayıpları hidrolik döner başlığın 81 d/min dönü hızında işletilmesinde sağlanmıştır.

Çizelge 4.7. Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) ve düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör 1520 l/ha (5.62 l/ağaç) uygulama hacminde zemindeki ilaç kayıpları ortalama birikinti değerleri (%)

Pülverizatörler	Taç İçi Birikinti( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )				Ortalama Birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )	Taç Dışı Birikinti( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )				Ortalama Birikinti ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )
	Konum açıları			%CV		Konum açıları			%CV	
	0	45	90			0	45	90		
Hidrolik Döner Başlıklı 81 d/min	43.79	67.69	18.69	56.4	43.49	53.38	44.92	40.91	13.7	46.40
68d/min	95.93	96.03	75.73	13.1	89.23	99.82	88.20	25.90	55.7	71.30
Düşey Çubuklu Salınım Hareketli	100.393	96.581	98.434	1.9	98.46	99.347	98.775	99.640	0.44	99.25



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

1. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörün yüksek dönü hızlarında işletilmesi ağaç tacı düşey yüksekliği boyunca daha iyi bir ilaç dağılımı sağlamaktadır. Ancak dönü hızının mutlaka traktör ilerleme hızın ile orantılı seçilmesi gerekmektedir. Bunun için traktör ilerleme hızı ve hidrolik başlık dönü hızı arasındaki ilişkiyi belirlemek için düşey bir patternatör üzerinde ilave çalışmaların yapılması gerekmektedir.
2. Her ne kadar Hidrolik döner başlıklı pülverizatör 1520 l/ha'lık uygulama hacminde, aynı uygulama hacmine sahip düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatöre göre ortalama daha az kaplama ve damla birikintisi sağlanmasına rağmen, her iki pülverizatörle tüm örnekleme yüzeylerinde %30'un üzerinde kaplama sağlanması nedeniyle her iki pülverizatör birbirine alternatif olarak insektisit uygulamalarında kullanılabilir.
3. Her iki pülverizatörün Aynı uygulama hacminde kaplama ve birikinti miktarları birbirine benzer olsa da hidrolik döner başlıklı pülverizatörde ağaç üzerindeki kaplama miktarı düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatöre göre daha homojen dağılmıştır.
4. Hidrolik döner başlıklı pülverizatörle ağaç orta ve üst bölümünde alt bölüme göre daha fazla kaplama ve damla birikintisi sağlamıştır. Bunun temel nedeni, 3.5 m taç yüksekliğine sahip ağaçlar için sadece 2 adet hidrolik başlığın püskürtme yapması olmuştur. Bu sonuçlara göre böyle bir taç yüksekliği için en az 3 adet hidrolik başlığın kullanılması gerekmektedir.
5. Uygulama hacmi bitki tacı üzerinde sağlanacak kaplama ve damla birikimi miktarı üzerinde etkilidir. Ancak artan uygulama hacmi ile yere ulaşan ilaç kayıpları(damlacık birikintisi cinsinden) artmaktadır.
6. Aynı uygulama hacminde düşey çubuklu salınım hareketli pülverizatör daha yüksek ilaç kayıpları oluşturmuştur.



## KAYNAKLAR

- Ahmad,F.,Khaliq,A.,Qui,B.,Sultan, M.,Ma,J.,2021.IntechOpen link. Advancements of Spraying Technology in Agriculture June 2021 DOI:[10.5772/intechopen.98500](https://doi.org/10.5772/intechopen.98500)LicenseCC BY 3.0In book: Technology in Agriculture (pp.19) Publisher: IntechOpen Limited, London, UK
- Appah, S., Wang, P., Qu, M., Gong, C., Jia., 2019. Review of electronic system parameteres, charged droplets characteristics and substrate impact behaviour from pesticides spraying. International Journal of Agricultural and Biological Engineering Vol:12, No:2.
- Arslan, S., Çiçekgil, Z., 2018. Türkiye’de Tarım İlacı Kullanım Durumu ve Kullanım Öngörüsü. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 4(1): 1-12.
- Avşar, Y.,2022. Meyve Ağaçlarına Değişken Oranlı İlaç Uygulama Sistemi Prototip İmalatı. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı. Adana.
- Bao, X., Niu, Y., Li, Y.,Mao,J.,Li,S.,Ma,X.,Yin,Q.,Chen,B.,2022. Design and Kinematic Analysis of Cable-Driven Target Spray Robot for Citrus Orchards.Appl.Sci. 12(18), 9379 <https://doi.org/10.3390/app1218379>.
- Bayat, A.Zeren, Y., Ulusoy, M.R., 1994. Spray Deposition With Conventional and Electrostatically Charged Spraying in Citrus Trees. Ama–Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America, Cilt:25, Sayı:4, Sf.35-39.
- Bayat, A.,Üremiş, İ., Ulubilir, A., Yarpuz, N., 1996. 2000’li Yıllara girerken Pestisit Uygulama Yöntemlerindeki Gelişmeler. II.Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu, Ankara, 273-283.
- Bayat,A., Yarpuz Bozdoğan, N., Soysal, A., Öztürk,G., 2006. Hava Akımlı Bahçe Pülverizatörleriyle Gelişmiş Turunçgil Ağaçlarına Yüksek Hacimli İlaç Uygulamaları. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 2(3), 181-188.
- Bayat,A.,Ulusoy, M.R., Karaca, İ.,Uygun,N.,2000. Spray coverage and pest control efficiency with different types of orchard spraysers. Agricultural mechanization in ASIA, Africa and Latin America. Vol.31, S;45-51.
- Beattie, G.A.C., Broadbent, P., Baker, H. Gollnow, B. Kaldor, C.J., 1989. Comparison of conventional medium-to-high volume and high volume sprayers with a low volume sprayer for the control of black spot, *Guignardia citricarpa* Keily on Valencia orange. Plant Protection Quarterly, Vol: 4, Issue: 4, pp: 146-148.

- Bode, L., E., Bretthauer, S., M., 2008. Agricultural Chemical Application Technology: A Remarkable Past And An Amazing Future. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 51(2): 391-395.
- Carmen, G.E.,1975. Spraying procedures for pest control on citrus in citrus. Technical Monograph no. 4, pp. 28-34. Ciba-Geigy, Basel.
- Carmen, G.E., 1977.Evolution of citrus sprayer units with air towers. Citograph 62, S:134-139.
- Chapman, J.C.,Owen-Turner, J.C., Collinge, M., Shaw, R.G., 1981. Testing Citrus Spray Coverage. Queensland. Department of Primary Industries Horticulture Technical Memorandum. No.1
- Chen, C., Xue, X., Zhou, Q., Gu, W.,Zhang,S.,Wu, C.,2023. Fixed spraying systems application in citrus Orchards: Nozzle type and Nozzle position effects on droplet deposition and pest control. Agronomy, Vol 13, Sayı:11 <https://doi.org/10.3390/agronomy13112828>
- Çelen, I.H., Arin, S., Durgut, M.R.,2008. The effect of the air blast sprayer speed on the chemical distribution in vineyard. . Pakistan Journal of Biological Sciences11(11):1472-1476
- Çilingir, İ.,Dursun, E.,2010. Bitki Koruma Makinaları (II. Baskı). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. Yayın No: 1531. Ders Kitabı: 484. Ankara.
- EU.,2002. European Commission, EIP-AGRI, Green Deal: Halving pesticide use by 2030. <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/green-deal-halving-pesticide-use-2030.html> (Erişim tarihi: 10 05 2023).
- Farooq, M., Salyani, M.,2002. Spray Penetration into the Citrus Tree Canopy from Two Air-Carrier Sprayers ASABE Annual Meeting doi:10.13031/2013.9306. Paper number 021038, 2002 ASAE Annual Meeting . (doi: 10.13031/2013.9306)
- Furness, G.O., Pinczewski, W.V., 1985. A comparison of the spray distribution obtained from sprayers with converging and diverging airjets with low volume air assisted spraying on citrus and grapevines. J. Agric. Eng. Res. 32, S:291-310.
- Gil, E., Escolà, A., Rosell, J., R., Planas, S., Val, L., 2007. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. Crop Protection, 26(8): 1287–1297.
- Guanter,M., Aguera, P., Aguera ,J., Ruiz, M.P.,2019. Spray and Economics Assessment of a UAV-based Ultra- Low Volume application in olive and citrus Orchards. Precision Agriculture, Vol, 21, sf . 226-243
- Ian, P., Craig, Andrew Hewitt., Howard, Terry., 2014. Rotary Atomiser Design Requirements for optimum Pesticide application efficiency.. Crop Protection, Elsevier Publishers, Vol:66, pp: 34-39.
- Juste, F., Sanchez, S., Ibanez, R., Val, L., Garcia, C.,1990. Measurement of spray deposition and efficiency af pesticides application in citrus orchard. J.Agric. Engng Res. 6, S:187-196.

- Kadioğlu, G., 2012. Türkiye Tarımında Bitki Koruma ve Bazı Güncel Yaklaşımların Değerlendirilmesi. Ziraat Mühendisliği, (359), 18–25.
- Khot, L.R., Ehsani, R., Maja, J.M., Campoy, J.M., Wellington, C., Jumaili, A.AI., 2014. Evaluation of Deposition and Coverage by an Air-ATwo Air- Blast Sprayers in Citrus Orchards. Transactions of the ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol:57(4) sf. 1007-1013.
- Maghsoudi, H., Minaei, S., Ghobadian, B., Masoudi, H., 2015. Ultrasonic sensing of pistachio canopy for low-volume precision spraying. Computers and Electronics in Agriculture, 112: 149–160.
- Martinez-Guanter, J., Agüera, P., Agüera Vega, J., Perez-Ruiz, M., 2020. Spray and economics assessment of a UAV-based ultra-low-volume application in olive and citrus orchards Precision Agriculture . 21(6):1-18 DOI: [10.1007/s11119-019-09665-7](https://doi.org/10.1007/s11119-019-09665-7)
- Matthews, G.A., 1979. Pesticide Application Methods. Longman, p.1-325.
- Moltó, E., Martín, B., Gutiérrez, A., 2001. Pesticide Loss Reduction by Automatic Adaptation of Spraying on Globular Trees. Journal of Agricultural and Engineering Research, 78(1): 35–41.
- Önler, E., 2012. Ultrasonik Sensör Yardımıyla Belirlenen Yaprak Yoğunluğuna Göre Püskürtme Miktarını Ayarlayan Sistemin Tasarımı (Akıllı İlaçlama Makinası). Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış). T.C. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (74) sf. Tekirdağ.
- Partel, V., Costa, L., Ampatzidis, Y., 2021. Smart Citrus Tree Sprayer Using Sensor Fusion and Artificial Intelligence .ASABE Annual International Virtual Meeting doi:10.13031/aim.202100525.elibrary.as
- Randall, J.M. 1971. The relationships between air volume and pressure on spray distribution in fruit trees. J.Agr.Eng.Res. 16(1), S:1-31.
- Salyani, M., McCoy, C.W., 1989. Deposition of different spray volumes on citrus trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 102, S: 32-36.
- Sayın, B., Bayav. A., Beşen, T., Emre, M., Çelikyurt, M. A., Karamürsel, D., Kuzgun, M., Yılmaz, Ş. G. ve Arslan, S., 2021. Biyolojik biyoteknik mücadele desteklemeleri hakkında üretici görüşlerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 344-358.
- Sever, T., 2015. Yardımcı Hava Akımlı Hidrolik Bađ – Bahçe Pülverizatörü İçin Hava Yönlendirme Elemanının Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış) T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı (2015-Y1-005).

- Sivri, M., Çanakcı, M., 2024. Kullanımda olan sera pülverizatörlerindeki meme plakalarının püskürtme özelliklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 648-665.
- Solanelles, F., Planas, S., Escola, A., Rosell, J.R., 2002. Spray application efficiency of an electronic control system for proportional application to the canopy volume. *Aspects Appl. Biol. Int. Adv. Pestic. Appl.*, 66: 139–146.
- Solanelles, F., Escolà, A., Planas, S., Rosell, J. R., Camp, F., Gràcia, F., 2006. An Electronic Control System for Pesticide Application Proportional to the Canopy Width of Tree Crops. *Biosystems Engineering*, 95(4): 473–481.
- Stajanko, D., Berk, P., Lešnik, M., Ježič, V., Lakota, M., Štrancar, A., Hočevar, M., Rakun, J., 2012. Programmable ultrasonic sensing system for targeted spraying in orchards. *Sensors*, 12(11): 15500–15519.
- Sumner, H.R., Herzog, G.A., Sumner, P.E., Bader, M., Mullinix, B.G., 2000. Chemical application equipment for improved deposition in cotton. *The Journal of Cotton Science*, 4: 19-27.
- Tahir, M., N., Lan, Y., Zhang, Y., Wenjiang, H., Wang, Y., Abbas Naqvi, S.M.Z., 2023. Application of unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Precision Agriculture, Evolution, Insights and Emerging Trends*, chapter 4- sf 55-70
- Tang, Y., Hou, C.J., Luo, S.M., Lin, J.T., Yang, Z., Huang, W.F., 2018. Effects of operation height and tree shape on droplet deposition in citrus trees using on unmanned aerial vehicle. *Computers and Electronics in Agriculture. Cilt:148 sf 1-7.*
- Temel, U., Öztekin, Y. B., 2020. Tokat ilinde kullanılan bitki koruma makinelerinin ürün güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 276-284. TS 4280 (1991).
- Overbeck, V., Pelzer, T., Huhs, J., Kämpfer, C., Wegener, J. K., 2019. Innovative sprayer with optimized sensor-based gap detection for precision application of plant protection products. *Acta Horticulturae*, 1242: 23-30.
- Wandkar, V.S., Bhatt, C.Y., Jain, H.K., Nalawade, M.S., Pawar, G.S., 2018. Real-Time Variable Rate Spraying in Orchards and Vineyards: A Review. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A. Vol:99, p.385-390.*
- Whitney, J., Salyani, M., 2013. Deposition Characteristics of Two Air-Carrier Sprayers in Citrus Trees. *Transactions of ASAE*. 34(1) 0047-0050. (doi: 10.13031/2013.31622)
- Xue, X., Luo, Q., Ji, Y., Ma, Z., Zhu, J., Li, Z., Lyu, S., Sun, D., Song, S., 2023. Design and test of Kinect-based variable spraying control system for orchards. *Front Plant Sci*. 14: 1297879 doi 10.3389/pls.2023.1297879

- Yanhua, M., Zhong, W., Liu, Y., Wang, M., Lan, Y.,2022. Droplet Distribution of an Autonomous UAV-based Sprayer in Citrus Tree Canopy.Journal of Physics Conference Series. 2203 012022 doi: 10.1088/1742-6596/2203/1/012022
- Yağcıoğlu, A., 1993. Bitki Koruma Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Yayın No: 508, 338s İzmir
- Zeren, Y.,Bayat, A. (1995). Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Yayınları. Genel Yayın No: 108. Ders Kitapları Yayın No: 27. Adana
- Zhu, H., Zondag, R.,H., Derksen, R., C., Reding, M., Krause, C.,R., (2008). Influence of spray volume on spray deposition and coverage within nursery trees. J. Environ. Hortic. 26(1), 51-57 (2008)





## ÖZGEÇMİŞ

Ali KARA, İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Adana'da tamamladı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden 2020 yılında mezun oldu, aynı yıl içinde yüksek lisansına başladı. Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

