



T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNELERİ VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM  
DALI

İNSANSIZ HAVA ARACI İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA  
BAZI PÜLVERİZASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Meltem ÇETİN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

SAMSUN

2024

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM  
DALI



İNSANSIZ HAVA ARACI İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA  
BAZI PÜLVERİZASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

**Meltem ÇETİN**

Danışman

**Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN**

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1904.23.019 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN

2024

## TEZ KABUL VE ONAYI

Meltem ÇETİN tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN danışmanlığında hazırlanan “İNSANSIZ HAVA ARACI İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA BAZI PÜLVERİZASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 15.08.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
<b>Başkan</b>	Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b> (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b>	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar 'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığımı taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

29/07/2024

Meltem ÇETİN

## **TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI**

Tez Başlığı: İNSANSIZ HAVA ARACI İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA BAZI PÜLVERİZASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25/06/2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 4

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

29 /07/ 2024

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

## ÖZET

### İNSANSIZ HAVA ARACI İLE PESTİSİT UYGULAMALARINDA BAZI PÜLVERİZASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Meltem ÇETİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ağustos/2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

Tarım; ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan incelendiğinde, insanların yaşamı, istihdamı ve diğer sektörlerle hammadde sağlaması açısından önemli sektör durumundadır. İnsanların gıda ihtiyacının karşılanması için tarımsal alanda yapılan uygulamalar, bazı sorunları neden olmaktadır. Tarımsal üretimde verimliliği arttırmak amacıyla Pestisitlerin gelişigüzel ve bilinçsiz kullanımı sonucunda ortaya çıkan olumsuzluklar önlenmelidir. Günümüzde gıda güvenliği ve çevre bilinci bu konu üzerindeki araştırmaların artmasına neden olmaktadır. Özellikle teknolojik yeniliklerin tarımsal alanda kullanılması önemini artırmıştır. Teknolojik yeniliklerin insan hayatının vazgeçilmezi olduğu günümüzde tarımsal alanda da yerini aldığı ve her geçen zamanda önemini arttırdığı görülmektedir. Tarımsal uygulamalarda insansız hava araçları farklı alanlarda kullanım imkanı bulmaktadır. Bitki koruma açısından zararlı organizmalarla mücadelede pestisit kullanımı yaygın olarak tercih edilmektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda tarımsal mücadele uygulamalarında İHA kullanımı artmaktadır. İHA kullanımı pestisit, yakıt, zaman, su gibi girdilerin minimum düzeylerde kullanıldığı uygulamalar olarak bilinmektedir. Ancak pestisit uygulamalarını İHA ile yapılmasında doğru uygulama parametrelerinin bilinmesi uygulamadaki başarı açısından önemli olmaktadır. Bu çalışmada DJI marka Arca MG-1P model İnsansız Hava Aracı kullanılmıştır. Denemeler iki farklı rota da (R1<sub>SA</sub>: Sıra arası ve R2<sub>SÜ</sub>: Sıra üzeri) iki farklı püskürtme yüksekliğinde (PY1: 2,5 m ve PY2: 3m) Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli püskürtme memesi ile yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar hacimsel ortalama çap (VMD), Kaplama oranı (KO) ve Damla sıklığı (DS) parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Ayrıca çiftçi uygulaması olarak bahçe pülverizatörü de kullanılmıştır. İHA ve bahçe pülverizatörü uygulamaları penetrasyon açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen veri analizlerinde JMP istatistiksel analiz programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre İHA uygulamalarında R1<sub>SA</sub> ve R2<sub>SÜ</sub> rotaları için püskürtme yüksekliğinin PY1 (2,5 m) olduğu uygulamalar öncelikle tercih edilmesi gereken uygulama şartları olarak uygun olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** İnsansız hava aracı, Rota, Penetrasyon, Püskürtme yüksekliği, Meme.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SOME SPRAYING CHARACTERISTICS IN PESTICIDE APPLICATIONS WITH AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Meltem ÇETİN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering Programme

Master, August/2024

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN

When analysed from economic, social and environmental aspects, agriculture is an important sector in terms of people's life, employment and providing raw materials to other sectors. Practices in the agricultural field to meet the food needs of people cause some problems. In order to increase productivity in agricultural production, the negativities resulting from the indiscriminate and unconscious use of pesticides should be prevented. Today, food safety and environmental awareness cause an increase in research on this subject. Especially the use of technological innovations in the agricultural field has increased its importance. Today, it is seen that technological innovations are indispensable to human life, they take their place in the agricultural field and increase their importance in every passing time. In agricultural applications, unmanned aerial vehicles can be used in different areas. In terms of plant protection, the use of pesticides is widely preferred in the fight against harmful organisms. As in the world, in our country, the use of UAV in agricultural struggle applications has increased in recent years. The use of UAVs is known as applications where inputs such as pesticides, fuel, time and water are used at minimum levels. However, knowing the correct application parameters for pesticide applications with UAVs is important for the success of the application. In this research, DJI brand Argo MG-1P model Unmanned Aerial Vehicle was used. The trials were conducted with Teejet XR11001VS fan beam spray nozzle with two different spray heights (PY1: 2.5 m and PY2: 3 m) in two different routes (R1<sub>SA</sub>: between rows and R2<sub>SU</sub>: above rows). Differences between treatments were evaluated according to volumetric mean diameter (VMD), coverage ratio (CR) and drop frequency (DS) parameters. A garden sprayer was also used as a farmer practice. UAV and garden sprayer treatments were compared in terms of penetration. JMP statistical analysis program was used in the data analysis. According to the results obtained, it is thought that applications where the spray height is PY1 (2.5 m) for the R1<sub>SA</sub> and R2<sub>SU</sub> routes in UAV applications will be suitable as the application conditions that should be preferred first.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicle, Route, Penetration, Spray height, Nozzle.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni her zaman destekleyen, yanımda olduğunu her an hissettiğim, bilgi görüş ve tecrübelerini benimle paylaşarak çalışmalarım da bana yardım eden, sabırlı, hoşgörülü, öğrencisi olduğum için çok şanslı olduğumu düşündüğüm kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DURAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın arazi uygulamalarının yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN'e, Sayın Arş. Gör. Dr. Hasan Berk ÖZYURT'a ve istatistik analizlerinin yapılmasında destek ve tecrübelerini paylaşan Sayın Prof. Dr. Alper TANER'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman beni destekleyen ve yanımda olan sevgilerini, güvenlerini, desteklerini her zaman hissettiğim canım babam Aliattin ÇETİN'e, annem Aliye ÇETİN'e, Abim R. Çağlar ÇETİN'e, Yengem Fatmanur ÇETİN'e ve hayatıma girerek neşe getiren Yeğenlerim Ilgın Mina ve Derin ÇETİN'e Sonsun teşekkürlerimi sunarım.

Meltem ÇETİN

# İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI.....	iii
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....	iv
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
TABLolar DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>10</b>
3.1 Materyal .....	10
3.1.1. Deneme Arazisi.....	10
3.1.2. İnsansız Hava Aracı .....	10
3.1.2.1. Püskürtme Memeleri.....	12
3.1.3.1. Bahçe Pülverizatörü .....	13
3.1.4. Suya Duyarlı Kağıt .....	14
3.1.5. Tarayıcı .....	14
3.1.6. Yazılım.....	15
3.2 Yöntem.....	15
3.2.1 Deneme Düzeni.....	17
<b>4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>19</b>
4.1.İHA Uygulamalarında Sıra Arası Penetrasyon .....	20
4.1.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD) .....	21
4.1.2. Damla Sıklığı .....	22
4.1.3. Kaplama Oranı .....	24
4.2. İHA Uygulamaları Sıra Üzeri Penetrasyon.....	26
4.2.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD).....	26
4.2.2. Damla Sıklığı .....	28
4.2.3. Kaplama Oranı .....	29
4.3. Bahçe Pülverizatörü Uygulamaları .....	32
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>34</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>36</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>	<b>39</b>
<b>5. EKLER.....</b>	<b>40</b>
EK1: İHA Analiz Tablosu .....	40
EK2: Bahçe Pülverizatörü Analiz Tablosu .....	43

## KISALTMALAR VE SİMGELER

- İHA : İnsansız Hava Aracı  
BP : Bahçe Pülverizatörü  
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu  
R1<sub>SA</sub> : Rota1 (Sıra Arası)  
R2<sub>SÜ</sub> : Rota2 (Sıra Üzeri)  
PY1 : Püskürtme Yüksekliği1 (2,5 m)  
PY2 : Püskürtme Yüksekliği2 (3 m)  
VMD : Hacimsel Ortalama Çap  
DS : Damla Sayısı  
KO : Kaplama Oranını  
U1 : Rota 1 (Sıra arası) Püskürme Yüksekliği (2,5 m)  
U2 : Rota 1 (Sıra arası) Püskürme Yüksekliği (3 m)  
U3 : Rota 2 (Sıra üzeri) Püskürme Yüksekliği (2,5 m)  
U4 : Rota 1 (Sıra üzeri) Püskürme Yüksekliği (3 m)  
U5 : Bahçe pülverizatörü

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme Arazisi.....	10
Şekil 3.2. Denemede Kullanılan İHA Agras MG-1P .....	12
Şekil 3.3. İHA ile denemelerde kullanılan meme tipi .....	12
Şekil 3.4. Teejet XR model püskürtme memesi teknik özellikleri.....	12
Şekil 3.5. ASJ 80o Hüzme Açılı Konik Hüzmeli Meme.....	13
Şekil 3.6. Denemelerde Kullanılan Bahçe Pülverizatörünün Teknik Özellikler.....	13
Şekil 3.7. Denemelerde kullanılan Traktör .....	14
Şekil 3.8. Suyu Duyarlı Kağıtların Bitkiye Tutturuluşu.....	14
Şekil 3.9. Suyu Duyarlı Kağıtların Yerleştirildiği Bölgeler .....	16
Şekil 3.10. Uygulamadan sonra suya duyarlı kağıt.....	16
Şekil 3.11. Bahçe pülverizatörü uygulamalarından sonra suya duyarlı kağıt .....	17
Şekil 3.12. İHA Rota 1 Sıra Üzeri.....	18
Şekil 3.13. İHA Rota 2 Sıra Arası .....	18
Şekil 4.1. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Hacimsel Ortalama Çap Değerleri.....	22
Şekil 4.2. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Damla Sıklığı Değerleri.....	23
Şekil 4.3. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Kaplama Oranı Değerleri .....	24
Şekil 4.4. İHA Sıra Üzeri Uygulamalarda Hacimsel Ortalama Çap Değerleri .....	27
Şekil 4.5. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Damla Sıklığı Değerleri.....	28
Şekil 4.6. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Kaplama Oranı Değerleri .....	30
Şekil 4.7. Bahçe Pülverizatörü Uygulaması.....	32

## TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Denemelerde Kullanılan İHA Teknik Özellikleri.....	11
Tablo 4.1. İHA Uygulaması Sonuçları .....	19
Tablo 4.2. İHA ve Bahçe Pülverizatörü Uygulama Sonuçları .....	20



# 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış nedeniyle tarım; ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Gıdanın yanı sıra diğer sektörlere hammadde üretiminde, milli gelir ve istihdama katkı sağlayan önemli bir faaliyet alanıdır. Günümüzde çevre ve gıda bilinci ile sürdürülebilir tarım teknikleri öncelikli hale gelmiştir. Tarımsal alanda teknolojik araçların kullanımı ile arazi verimliliğini arttırmak adına teknoloji kullanımı ile tarım araştırma yapılacak önemli bir alan haline gelmiştir. Teknolojinin hızla gelişmesiyle tarımsal uygulamalar daha kolay ve etkin yapılabilir hale gelmektedir. Son yıllarda en popüler teknolojik gelişmelerden biride İHA'ların tarımda kullanılması yeni uygulama alanlarının da eklenmesinde etkili olmuştur.

Uzaktan kumanda veya otonom olarak kendi güç sistemiyle çalışabilen, kullanım alanlarına göre gövdesine faydalı yük takılabilen araçlar İnsansız Hava Araçları olarak adlandırılmaktadır (Özgüven, 2018). Sensörler, GPS, atalet ölçüm birimleri ve diğer donanımların daha fazla bulunabilirliği ve daha küçük hale getirilmeleri nedeniyle İHA'ların altyapı bakım, tarım, madencilik, acil durum müdahalesi, kargo teslimi vb. uygulamalarla ölçü olarak metre altındaki gerçek büyüklüklerde ve otonom olarak denetleme, haritalama, araştırma ve taşımaya kadar uzanan bir yelpazede olmasını sağlamaktadır (Sebbane, 2018).

Tarımsal üretimde zararlı organizmalar bitkisel üretimde sorunlara yol açmaktadır. Tarımsal mücadelenin ana unsuru olan pestisit üretimi ve tüketimi hızla artmakta olan bu artış insan sağlığı, çevre ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Pestisit uygulamaları konusunda yeni teknolojilerin kullanılması önemini her geçen gün arttırmaktadır. Özellikle bitki koruma alanında pestisit uygulamalarında traktörlerle yerden yapılan uygulamalarda yaşanan zorluklar nedeniyle teknolojik yenilikler alternatif olarak düşünülmektedir. Zirai İHA'lar bitki koruma makineleri olarak ta kullanılabilir. Sıvı tankı, pompa ve püskürtme memelerinden oluşan İHA'lar uzaktan manuel bir şekilde kontrol edilebilmesinin yanında üzerindeki yazılım sayesinde alanı belirlenip kendi uçuş rotasında otonom uçuşa yapılabilmektedir (Çelen vd., 2020).

Tarımsal üretimde İHA'lar ilk olarak Uzakdoğu ülkelerinde, erişim imkanı zor, zemin koşulları uygun olmayan ve engebesi çok olan meyve bahçeleri, çay bahçeleri ve pirinç tarlalarında tarımsal mücadele amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Zamanla

yasal hale gelerek, ülkemizde de yaygın bir hale gelmeye başlamıştır. Ülkemizde, traktörle yapılan uygulamalarda yaşanan zorluklar nedeniyle çeltik arazilerinde kullanılmaya başlayan İHA ile ilaçlama, çiftçinin talebiyle, traktör ile girilemeyen mısır, ayçiçeği tarlalarında engebeli arazilerde, pamuk arazileri gibi her çeşit tarla ve bahçe bitkilerinde ilaçlama için kullanılmaktadır.

Tarımsal İHA'lar traktörün giremediği engebeli, dik veya ıslak arazilerde kullanımı daha çok tercih edilse de yeni teknoloji olması nedeniyle bilgi eksikliği, kullanılan pestisitlerin düşük dozlarda etkinliği üzerinde çalışmaların yeterli olmaması, her uygulama ve koşul için parametrelerin değiştirilmemesi gibi sebepler ile pestisit uygulamaları hedeflendiği gibi olmamaktadır. Homojen dağılım olmadığı için yeterli kaplama oranı sağlanmadığında pestisitler beklenen etki göstermemektedir, pestisit dozunun çok geldiği arazilerde ise kültür bitkisi olumsuz etkilenebilmektedir. İHA'nın döner kanatlarının yarattığı hava akımı ile ilaç sürüklenmesi olmaktadır, bu nedenle hedef olmayan alanlar zarar görebilmektedir. Bu olumsuzluklar nedeniyle İHA ile pestisit uygulamaları konusunda uygun uçuş parametreleri ve pestisit dozlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Dünyada İHA'lar ile yapılan pestisit uygulamalarının homojen olarak yapılması için araştırmalar yapılmaktadır. Şeker pancarı tarlalarında yapılan pestisit uygulamalarında farklı pestisit parametrelerinin damla dağılımına etkisi incelendiğinde 15 l/ha norm, 3 m uçuş yüksekliği ve 4 m/s uçuş hızı ile yapılan uygulamaların en düzgün damla dağılımı oluşturduğunu sonucuna ulaşılmıştır (Zhang et al., 2020). İHA ile yapılan pestisit uygulamalarında filtre kağıtlarında biriken damla miktarının hedef püskürtme normunun en fazla %31'i olduğunu bildirmişlerdir (Sarghini et al., 2019). İHA ile pestisit uygulamalarında farklı meme tipleri ve farklı normlarda yaptıkları denemelerde, yüksek püskürtme normu ve büyük çaplı damlalar ile pestisit etkinliği istenen düzeyde ve dağılım düzgünlüğü olurken, düşük normlarda ve küçük çapta damlalarda daha dengesiz bir dağılım ve düşük etkinlik elde etmişlerdir (Wang et al., 2019). (Yao et al., 2019), (Yao et al., 2021) ve (Zhang et al., 2021), İHA'ların farklı uçuş parametrelerinin efektif iş genişliği ve damla dağılımına olan etkisini araştırmışlardır.

İHA'lar ile yapılan uygulamalarda uçuş hızı, kullanılan meme tipi gibi etkenler damla dağılımını önemli ölçüde etkilemektedir (Chen et al., 2021).

İHA teknolojisi, üreticiler için yeni bir uygulama yöntemidir ve bitki koruma için ek bir yöntem sunmaktadır. Damlacık hareketini modellemek ve bu teknolojik uygulamayı geliştirmek, tarımsal kullanım için daha değerli hale getirmek için ek araştırmalara ihtiyaç vardır (Li et al., 2021).

Penetrasyon pestisit uygulamalarında uygulama başarısının ölçütleri arasında üzerinde durulması gereken önemli parametrelerden bir tanesidir. Yapılan uygulamaların bitkinin yatay ve düşey yönde damla dağılımının düzgünlüğünü ve uygunluğunu belirlemek açısından tespit edilmesi gerekmektedir. Günümüz teknolojisinde kullanımı gün geçtikçe artan İHA'lar için sürüklenmenin önlenmesi kadar penetrasyonun tespit edilmesinde uygulama etkinliğini belirleyebilmek açısından incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışma İHA ile sıra arası ve sıra üzeri uygulamalarda penetrasyonun durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

(Uluğ, 1989), Dünyada tarım kültürünün en önemli ürünlerinden biri asmadır. Bağcılık tarihinin M.Ö.5000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Bazı araştırmacılar asmanın Karadeniz ile Hazar denizi güneyindeki (transkafkasya) ülkelerden dünyaya yayıldığını savunmaktadırlar. Anadolu'da bağcılığın ise M.Ö.3500'lü yıllara kadar uzandığını gösteren arkeolojik bulgular elde edilmiştir. Ülkemizde birçok tarihi eser üzerinde görülen üzüm kabartmaları, bağcılığın bu coğrafyada ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

(Gubiani et al., 1997), Bağlarda ilaçlamada standart ve pnomatik tip iki farklı pülverizatör karşılaştırılmıştır. Sonuç, düşük ve yüksek hacim uygulamalarının gerçekleştirildiği standart pülverizatörle pnömatik pülverizatöre göre asmanın üst ve alt yapraklarında daha tekdüze ilaç dağılımı sağladığını, düşük hacimli uygulamalarda sağlanan kalıntı miktarının yüksek hacimli uygulamalara göre daha fazla olduğu ve düşük hacimli uygulamalarda ilaç kayıpları da düşük olduğu saptanmıştır.

(Derksen et al., 1999), Bağ ilaçlamasında üç farklı tip pülverizatörün (Tünel tipi, yardımcı hava akımlı ve konvansiyonel tip) etkinliğini karşılaştırılmıştır. Denemeler, asmaların tele kaldırıldığı ve bitki örtüsünün düşük ve orta yoğunlukta olduğu bir bağda yürütülmüştür. Araştırmacılar, ilaç normu nedeniyle sonuçlarda önemli farklılıklar oluşmamıştır, buna karşın konvansiyonel ve tünel tipi pülverizatörler arasında önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Tünel tipi pülverizatör, konvansiyonel pülverizatöre göre daha fazla damla yoğunluğu ve kaplama sağlamaktadır.

(Çelik, 2000), Tarımsal mücadele; verimin ve kalitenin artırılması için üretimi olumsuz yönde etkileyen hastalık ve zararlılara karşı yapılan uygulamalardır. Gelişmekte olan ülkelerde hastalık ve zararlılar nedeniyle hasat öncesi ürün kaybı %30-50, hasat sonrası ürün kaybı ise %5 – 15 oranlarındadır.

(Anonim, 2001), Tarımsal üretimde kalite ve verimi arttırmak için, yetiştirme koşullarının iyileştirilmesi, gübreleme, sulama hastalık ve zararlılarla mücadele ve makine kullanımı gibi girdilerden yararlanılmaktadır. Hastalık ve zararlılardan dolayı oluşan kayıplar üretimin yaklaşık % 35'ini bulmaktadır, bazen %60-70'lere dahi ulaşmaktadır. Bu nedenle hastalık ve zararlılara karşı etkili olan organik ve inorganik pestisitlerin tarımsal üretimde kullanımı hızlanmıştır. Özellikle 20. yüzyılda pestisitler

çeşitlenmiş ve kullanımı büyük ölçüde artmıştır. Ülkemizde tarım ilaçlarının kullanımı II. Dünya savaşından sonra başlamıştır.

(Duran, 2002), Samsun ili mısır ekim alanlarında çıkış sonrası yabancı ot ilaçlama tekniklerinin iyileştirilmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, dört adet yelpaze hüzmeli meme ve içi boş konik hüzmeli meme tipi karşılaştırılmıştır. Uygulama sırt pülverizatörü ile yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; ilaç kayıpları, damla çapları ve dağılımı ile en iyi sonuçlar püskürtme açısı 110° olan meme tipinde sağlanmıştır.

(Planas et al., 2002), Bağlarda ve elma bahçelerinde üç farklı pülverizatörü ilaç kalıntısı, hedef dışı ilaç kayıpları ve kimyasal ilaç uygulamalarının biyolojik etkinliği açılarından etkinliği karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada yardımcı hava akımlı geri dönüşümlü tünel pülverizatör ve iki adet yardımcı hava akımlı aksiyal akışlı tünel pülverizatörü prototipidir. Elde edilen sonuçlara göre; geri dönüşümlü tünel pülverizatörüyle ilaç sürüklenmesinin oluşmadığı, ilaç kayıpları bitki altındaki toprak yüzeyinde kısmen görülmektedir. Bu nedenle, kanopi üzerindeki ilaç dağılım düzgünlüğünün diğer aksiyal akışlı prototip tünel pülverizatörlerine göre daha kötü olduğu, bu durumun ürün ve tünel boyutları arasındaki uyumun iyi olmaması ya da uygun olmayan hava jeti dizaynından kaynaklanabildiği vurgulanmıştır. Geri dönüşümlü tünel pülverizatörüyle erken sezon bağ ilaçlamasında püskürtülen ilacın %50'sinin geri kazanıldığı açıklanmıştır.

(Güler ve Kara, 2005), Hassas uygulamalı tarım teknolojisi (Precision Agriculture, PA) tarımsal üretimde kullanılan girdilerin çevre ve bitki sağlığına olan etkilerini en aza indirmek için kullanılan bir yaklaşımdır. Özellikle küresel konum belirleme sisteminin (GPS) gelişmesine paralel olarak çiftçiler, tarımsal üretimde konumsal farklılıkları göz önüne alarak uygulama yapmanın avantajlarını fark etmeye başlamışlardır. Lokal bazdaki bilgilerin kullanılması ile üretime etki eden faktörlerin mevcut durumuna bağlı olarak değişken düzeylerde gübreleme, ilaçlama, sulama, ekim normu vb. uygulama olanağı ortaya çıkmaktadır. PA yaklaşımının uygulanması ile tarımsal faaliyetler dijital ve bilgi çağına uygun hale gelmektedir. Bu çalışmalarında özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak, PA'nın dünyadaki mevcut durumu ve gelişme sürecine genel bir bakış getirilmeye çalışılmıştır.

(Urkan, 2005), Çalışmasında bağların ilaçlanmasında ülkemizde de yaygın olarak kullanılan hidrolik pülverizatörlerle çalışma sonucunda oluşan ilaç sürüklenmesinin kaynakları ve ölçümlerini araştırmıştır. Yapay asma bitkisinin arkasına belirli aralıklarla ve yükseklikte suya duyarlı kağıt ve filtre kağıt konulmuştur. Suya duyarlı kağıt üzerine toplanan damlaların sayıları ve çapları görüntü analiz programı kullanılarak ölçülmüştür. Filtre kağıtlarındaki iz maddesi spektrofotometre ile ölçülerek kalıntı miktarı bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda 2.0 mm delik çapı ve 18 bar işletme basıncından fazla olduğu ve bu kombinasyonun istatistiksel olarak diğer kombinasyonlardan önemli ölçüde farklı olduğu ortaya çıkarmıştır.

(Zaman et al., 2005), Yapmış oldukları çalışmada, DGPS (diferansiyel küresel konumlandırma sistemi) ve ultrasonik sensör ile desteklenen prototip püskürtme sistemi ile ağaç hacmini tahmin edilmiş ve tahmin edilen hacme göre gübre uygulaması yapılmıştır. Makinede dikey olarak konumlandırılmış 10 adet ultrasonik sensör monte edilmiş, ortalama 1,3 m/s hız ile yapılan uygulama sırasında alınan ölçümlere göre ağaç hacimleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Prototip püskürtme sisteminin gübre maliyetinde yaklaşık %39 tasarruf sağladığı rapor edilmiştir.

(Jeon et al., 2011), Yapmış oldukları çalışmada, deneysel olarak yeni tasarladıkları değişken oranlı ilaçlama makinesini ilaç kalıntı, kaplama oranı ve damla yoğunluğu konularında geleneksel ilaçlama makinesi ile kıyaslamışlardır. Altı farklı çeşit üzerinde yapılan testlerde; damla yoğunluğunu ölçmek için 26x76 mm suya duyarlı kağıtlar kullanılmış, bu numune alıcılar ağaçların yapraklarına yerleştirilmiştir. Her püskürtme sonrası numune alıcılar toplanıp ayrı ayrı kağıt saklama kabında muhafaza edilmiştir. Suya duyarlı kağıtlar 24 saat kurumaya bırakıldıktan sonra 600 dpi çözünürlüğündeki tarayıcı ile taranıp kaplama oranları ve damla yoğunluğunu belirlemek için bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarında değişken oranlı ilaçlama işleminin, geleneksel sabit oranlı ilaçlama ile kıyaslandığında %86, ağaç sıra hacmi esas alınarak yapılan ilaçlama ile kıyaslandığında ise %70,8'e varan ilaç tasarrufu sağladığı bildirilmiştir.

(Akgül et al., 2016), (Yılmaz vd., 2013), İnsansız hava araçları kullanılarak oluşturulan veriler ile uydu görüntülerine kıyasla daha tasarrufludur. Uydu görüntüleri birçok alanda hizmet verir, ancak elde edilen görüntülerin çözünürlükleri İHA'lar kadar kaliteli değildir (Akgül et al., 2016). İnsansız hava araçları uydu görüntülerine

oranla kısa mesafelerden daha az veri alımı sağlar, uydu görüntüleri daha geniş alanları kapsamaktadır (Yılmaz vd., 2013).

(Toy, 2014), Yapılan çalışmada Asma yaprakları üzerinde toplanan ortalama kalıntı miktarı incelenmiştir. Asma yüksekliği boyunca oluşturulan üç bölge (alt, orta ve üst) ile kanopi genişliğince oluşturulan iki dış ve bir orta olmak üzere üç bölgede toplanan ortalama kalıntı miktarları ve bunlara ilişkin varyasyon katsayıları analiz edilmiştir. En yüksek ortalama kalıntı miktarı bir numaralı dış bölgede düşük sürüklenmeli Lechler ITR memesiyle, en düşük ortalama kalıntı miktarı ise orta bölgede konvansiyonel Lechler TR memesiyle elde edilmiştir.

(Akgül et al., 2016), T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yapılan tanıma göre insansız hava aracı (İHA); aerodinamik kuvvetler aracılığı ile sürekli olarak uçabilen, içinde pilota ihtiyaç olmayan uzaktan kontrol edilebilen ya da programlanarak otomatik olarak kendi rotasını ve planını takip eden bir hava aracıdır (SHGM, 2016). Bir başka deyişle İHA; yerden kontrollü ve otomatik bir şekilde uçan hava aracıdır. Kontrolünün yerden sağlanması veya programlanması insansız hava aracının en önemli özelliğidir. İnsansız hava araçları üzerinde taşıdıkları özel kameralar sebebiyle savunma sanayi, askeri alanlar, haritacılık, tarım, arkeoloji, turizm gibi alanlarda etkili şekilde kullanıldığı gibi kişisel bir cihaz olarak da kullanılabilir.

(Tunca et al., 2018) Samsun ili Bafra ilçesinde gerçekleştirdikleri çalışmada İHA ayçiçeği bitkisinin yaprak alan indeksini ve hasat öncesi verim tahminini yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmada İHA'ya monte edilmiş bir multi-spektral kamerayla 6 farklı günde görüntüleme yapılmış ve 16 farklı bölgenin örnekleri kullanılmıştır. Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen verim ile İHA görüntülerinden oluşturdukları NDVI arasında doğru ilişkiler olduğu ifade edilmiştir. Çalışmanın sonucu değerlendirildiğinde Ayçiçeği bitkisinin zaman içerisindeki değişimleri İHA görüntülerinden etkili bir şekilde belirlenmiştir ve İHA'dan elde edilen bu haritaların verim tahmini için etkin bir şekilde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

(Chonjnacki et al., 2021), yapılan bu çalışmada kiraz ağaçları üzerinde İHA ile pestisit uygulamalarının damlacık dağılımı üzerinde farklı parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, İHA rotorlarından gelen ve İHA itme gücü oluşturan hava akımı, püskürtülen ağaçlarda biriken sıvının hacmini arttırmıştır. İHA'nın rotorlarının

ürettiği hava akımı, damlacık akışının daralmasına ve kalınlaşmasına neden olmaktadır. Bu, püskürtülen ağaçların taç yapraklarındaki sıvı dağılımının homojenliğini iyileştirdi.

(İrfan et al., 2021), Yapılan çalışmada İHA ile pestisit uygulaması mango bitkisi üzerindedir. Çalışmada bitkinin üst yüzeyi alt yüzeye göre daha yüksek derecede damlacık birikimine sahip olmuştur. Bitki şekli ve yüksekliği İHA performansını etkilemektedir. Bu nedenle İHA pestisit uygulamalarının meyve bahçesi koşullarında daha etkin kullanımı için daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

(Li et al., 2021), Yapılan çalışmada badem haşere kontrolü için İHA kullanımının güvenilirliği değerlendirilmiştir. Büyük badem bahçelerinde bulunan haşerelerle mücadele sırasında mevcut İHA teknolojisinin karşılayamayacağı, fakat bu çalışmada İHA uygulamasının, özellikle kritik derecede kısa zaman aralığında haşere popülasyonlarını kontrol altına almak için zamanında ve hassas bir şekilde tamamlayıcı olabileceğini göstermiştir.

(Turgut, 2021), Yapılan çalışmada farklı meme tipleri, farklı püskürtme yüksekliği ve püskürtme basıncı denenmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada hacimsel ortalama çap, kaplama oranı ve damla sıklığı gibi parametreler incelenmiştir.

(Özyurt vd., 2022), Çalışma Giresun ilinde fındık bahçesinde İHA ile gerçekleştirilmiştir. Püskürtme yapılacak fındık ağaçlarının farklı bölgelerine damla ölçümleri için suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir. Çalışma farklı yükseklik ve ilaçlama normlarında yapılmıştır. İHA'nın irtifası arttıkça damlacıkların iç yapraklarda birikmesi azalır. Damlacıkların iç yapraklara iletilmesi için düşük hacimli ilaçlama uygulamaları yeterli değildir.

(Çetin et al., 2022), Yapılan çalışmada sürdürülebilir tarım açısından hassas tarım kavramı içerisinde pestisit kullanımının önemli bir yeri olduğu ve bu hassas tarım uygulamalarında İHA teknolojisi önemli bir yere sahiptir. Güvenli ve sürdürülebilir tarım açısından İHA ile yapılan pestisit uygulamaları sırasında oluşan driftin önlenmesi için çiftçileri uygulama ve güvenlik önlemleri konusunda eğitmek önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Akkaş, 2023), Yapılan çalışmada ilaçlama sırasında operatöre gelen pestisit miktarını belirlenmesi amacıyla yapılan denemelerde, operatörün vücudunun çeşitli

yerlerine suya duyarlı kağıtlar yerleştirilmiştir. Operatör üzerine yerleştirilen suya duyarlı kağıtlardan elde edilen sonuca göre hacimsel ortalama çap, kaplama oranı ve Damla Sıklığı incelenmiştir.

(Mohammed, 2023), Sırt pülverizatörü ile yapılan pestisit uygulaması sırasında operatörün maruz kaldığı pestisit miktarını değerlendirmek için suya duyarlı kağıtları operatörün üzerinde çeşitli bölgelere yerleştirerek klasik motorlu sırt pülverizatörü ile uygulama yapılmıştır. Uygulama sonunda operatörün maruz kaldığı pestisit oranını belirleyebilmek için, hacimsel ortalama damla çap, damla sıklığı ve kaplama oranları incelenmiştir. Modifiye edilmiş sırt pülverizatörü kullanımının operatör sağlığını tehdit edecek miktarda olan pestisitten korumak için kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1. Deneme Arazisi**

Arazi denemeleri 1995 yılında kurulan Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsüne ait basit çok telli destek sistemi ile oluşturulmuş üzüm bağında papazkarası üzüm çeşidi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu bağda sıra arası 2,5 m, sıra üzeri 1,5 m, bitki boyu ise 1,5 m'dir. Deneme yeri şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme Arazisi

##### **3.1.2. İnsansız Hava Aracı**

Denemelerde kullanılan İnsansız Hava Aracı; DJI marka Arca MG-1P model 8 rotorlu, 4 püskürtme memeli bir ilaçlama aracıdır. Tankta bulunan sıvı iki ayrı diyafram pompa sayesinde püskürtme memelerine iletilmektedir. İHA, fabrika verilerine göre varsayılan ayarlarda 10 dakika uçuş süresinde tek uçuş süresinde tek uçuşta 1 hektar araziye ilaçlayabilmektedir. İHA ile ilgili tüm teknik özellikler Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Denemelerde Kullanılan İHA Teknik Özellikleri

Özellikler	Değerler
<b>Toplam Boş Ağırlık (kg)</b>	9.7
<b>Ölçüler (mm)</b>	1460×1460×578 (kollar açık, pervaneler olmadan) 780×780×578 (kollar kapalı)
<b>Maksimum Güç Tüketimi (W)</b>	6400
<b>Maksimum Uçuş Süresi (Dakika)</b>	20
<b>Bitki Üzeri En Düşük Uçuş Yüksekliği (mm)</b>	1500
<b>Tank Kapasitesi (Litre)</b>	10
<b>Teorik İş Genişliği (m)</b>	4
<b>Maksimum ilaçlama Hızı (m s<sup>-1</sup>)</b>	7
<b>Maksimum Uçuş Hızı (m s<sup>-1</sup>)</b>	12
<b>Pil Kapasitesi (mAh)</b>	12000
<b>Pil Ağırlığı (kg)</b>	4

Çalışmada kullanılan İHA Agras MG-1P (şekil 3.2) olup, lisans sahibi operatör tarafından kullanılmıştır. Uygulamalardan önce uygulama yapılacak olan alanın sınırları, uygulama normu ve püskürtme yüksekliği ayarlanmaktadır. Bu ayarlar yapıldıktan sonra uygulamalar gerçekleştirilmektedir. İHA radarları aracılığıyla uygulama yapılacak olan bitkilerde en üst noktasından itibaren uygulama yüksekliği ayarlanmakta ayrıca uygulama esnasında karşılaştığı engelleri algılayarak rotasını değiştirebilmekte ya da yapılan uygulamaya son verebilmektedir. Uygulama arazisine ait konum bilgileri arazi yakınında RTK cihazından alınabilmektedir. RTK cihazı seyyar bir ayak sistemi üzerine sabitlenmektedir.



Şekil 3.2. Denemede Kullanılan İHA Agras MG-1P

### 3.1.2.1. Püskürtme Memeleri

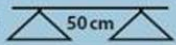
#### İHA Püskürtme Memeleri

İHA üzerinde 4 adet Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli püskürtme memeleri (Şekil 3.3.) bulunmaktadır.



Şekil 3.3. İHA ile denemelerde kullanılan meme tipi

Teejet XR model püskürtme memesine ait teknik özellikler aşağıdaki şekil 3.4.'de verilmiştir.

Icon	bar	DROP SIZE		CAPACITY ONE NOZZLE IN l/min	I/ha 												
		80°	110°		4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h
XR8001 XR11001 (100)	1.0	F	F	0.23	69.0	55.2	46.0	39.4	34.5	27.6	23.0	17.3	15.3	13.8	11.0	9.2	7.9
	1.5	F	F	0.28	84.0	67.2	56.0	48.0	42.0	33.6	28.0	21.0	18.7	16.8	13.4	11.2	9.6
	2.0	F	F	0.32	96.0	76.8	64.0	54.9	48.0	38.4	32.0	24.0	21.3	19.2	15.4	12.8	11.0
	2.5	F	F	0.36	108	86.4	72.0	61.7	54.0	43.2	36.0	27.0	24.0	21.6	17.3	14.4	12.3
	3.0	F	F	0.39	117	93.6	78.0	66.9	58.5	46.8	39.0	29.3	26.0	23.4	18.7	15.6	13.4
4.0	F	VF	0.45	135	108	90.0	77.1	67.5	54.0	45.0	33.8	30.0	27.0	21.6	18.0	15.4	

Şekil 3.4. Teejet XR model püskürtme memesi teknik özellikleri

### Bahçe Pülverizatörü Püskürtme Memeleri


Bahçe Pülverizatörünün meme tipi ASJ 2 80° hüzme açısına sahip konik hüzmeli şekil 3.5.'de gösterilen meme tipi kullanılmıştır.



Şekil 3.5. ASJ 80° Hüzme Açılı Konik Hüzmeli Meme

#### 3.1.3.1. Bahçe Pülverizatörü

Denemelerde Ertanlar Zirai İlaçlama Makineleri'nin Jet Fan II serisi 1000 L Çekilir Tip Turbo Bahçe Pülverizatörü kullanılmıştır. Bahçe Pülverizatörünün teknik özellikleri şekil 3.6.'da verilmiştir.

MODEL Model	Depo Tank (lt)	Pompa Pump (1lt /dk)	Basınç Pression bar (bar)	Fan çapı Ø fan	Kanatçık Blade
ERT-U JET II 1000	1000	121	50	36"	12+7
Şanzıman	Hava Air (m <sup>3</sup> /h)	 HP	Enjektör nozzles	Boyutları Dimensions (mm)	Ağırlık weight (kg)
1/3.5 1/4.5	91000	70 100	16	X 1500 Z 3600 Y 1420	545

Şekil 3.6. Denemelerde Kullanılan Bahçe Pülverizatörünün Teknik Özellikler

Denemelerde Agropius 55 F Keyline Deutz-Fahr traktörü kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan Traktör Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.

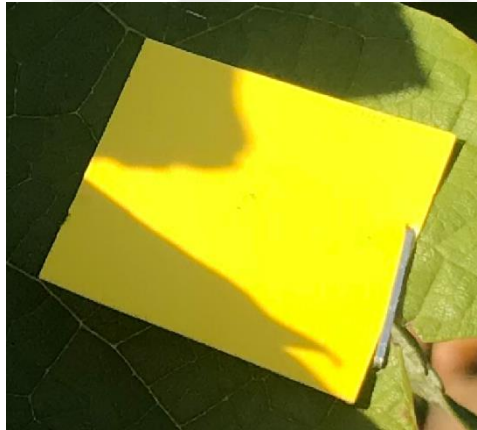


Şekil 3.7. Denemelerde kullanılan Traktör

#### 3.1.4. Suya Duyarlı Kağıt

Bu çalışmada, hacimsel ortalama çap değerleri, damla sıklığı ve kaplama oranlarının belirlenmesi için suya duyarlı kağıtlar (WSP) (26 x 76 mm Syngenta firmasından temin edilen) kullanılmıştır.

Suya duyarlı kağıtlar bitkide merkez bölge, orta bölge ve dış bölgelerin alt, orta ve üst kısımlarına 50x26 mm ölçülerinde kesilerek zımba (Şekil 3.8) ile tutturulmuştur.



Şekil 3.8. Suya Duyarlı Kağıtların Bitkiye Tutturuluşu

#### 3.1.5. Tarayıcı

Suya duyarlı kağıtların taranabilmesi için CanonScan LiDE 220 Scanner Coopier yazıcı kullanılmıştır. Suya duyarlı kağıtlar 600 dpi çözünürlükte taranmıştır.

Suya duyarlı kağıtların analizleri DepositScan programında yapılmıştır.

### 3.1.6. Yazılım

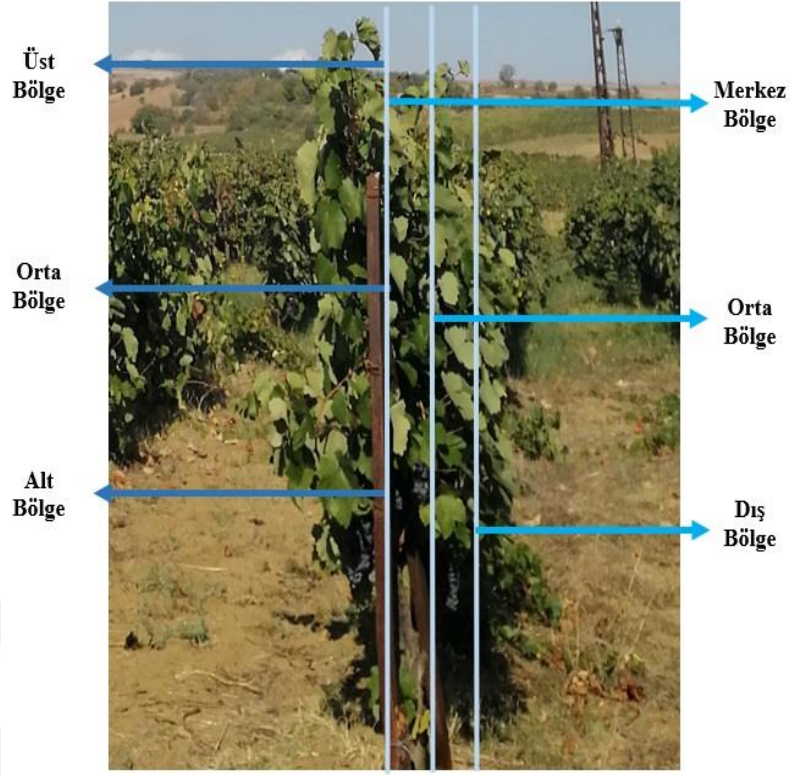
DepositScan, programı ile suya duyarlı kağıtlar üzerinde biriken damlaların analizleri daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılmaktadır. Kullanıcının numuneleri taramayarak programa yüklemesi ile uygulama bu taramaları 8 bitlik gri tonlamalı görüntüler üretecek şekilde dönüştürmekte, ardından seçilen bölümdeki damlaların mevcut sayılarını ve alanını hesaplamaktadır. Uygulamada her bir damlanın çap değerleri, damla dağılımı, toplam damla sayısı, damla yoğunluğu, birim alan başına kalıntı miktarı ve kaplama alanı gibi sonuçlar elde edilmektedir.

### 3.2 Yöntem

#### İHA Uygulamaları

Denemeler İHA ile iki farklı püskürtme yüksekliğinde (PY1: 2.5 m , PY2: 3 m) ve iki farklı rotada sıra arası ( $R_{1SA}$ ), sıra üzeri ( $R_{2SU}$ ) yürütülmüştür. Denemelerde hacimsel ortalama çap (VMD), damla sayısı (DS) ve kaplama oranı (KO) parametreleri tespit edilmiştir. Benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlara uyulacak şekilde denemelerde püskürtme basıncı 3 bar ve püskürtme hızı 10 km/h olarak kullanılmıştır (Özyurt ve ark., 2022).

Denemelerde suya duyarlı kağıt (WSP) kullanılmıştır. WSP örnekleri bağ omcası yatay ve düşey yönde üç bölgeye ayrılmış (Duran, 2012; Özyurt ve ark., 2022) ve her bölge üzerine yerleştirilmiştir. Uygulama için suya duyarlı kağıtlar Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi merkez üst, merkez orta ve merkez alt; orta bölge üst, orta bölge orta ve orta bölge alt; dış bölge üst, dış bölge orta ve dış bölge alt bölgelere yerleştirilmiştir. Her bölgede belirlenen parametreler üzerinden alınan değerlerin analizleri yapılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.



Şekil 3.9. Suyu Duyarlı Kağıtların Yerleştirildiği Bölgeler

Denemeler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her bir bağ omcasına 9 adet her deneme için toplamda 27 adet suya duyarlı kağıt zımba yardımı ile bu bölgelere tutturulmuştur. Her uygulama sonunda suya duyarlı kağıtlar (Şekil 3.10) dikkatli bir şekilde tutturulduğu yerden alınarak kodlanıp, zarf içerisinde muhafaza edilmiştir. Suyu duyarlı kağıtlar kodlanarak muhafaza edilmiştir. Laboratuvarında yapılan çalışmalarda DropScan programında damlaların analizler yapılmıştır.



Şekil 3.10. Uygulamadan sonra suya duyarlı kağıt

Denemeler sıra arası ve sıra üzeri olmak üzere iki farklı rotada yapılmıştır.

### **Bahçe Pülverizatörü Uygulamaları**

Bahçe pülverizatörü ile yürütülen denemelerde benzer şekilde hacimsel ortalama çap ( $\mu\text{m}$ ), damla sayısı ( $\text{adet}/\text{cm}^2$ ) ve kaplama oranı (%) parametreleri tespit edilmiştir. Bahçe pülverizatörü ile denemelerde 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Denemelerde çiftçi şartlarında ve önerilen değerler sınırında olmak üzere püskürtme basıncı 20 bar ve püskürtme hızı 5 km/h olarak kullanılmıştır (Akkaş, 2023 Yayınlanmamış tez). Bahçe pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda bağ omcası yatay ve düşey yönde dokuz bölgeye ayrılmıştır. Uygulamalardan önce WSP İHA uygulamalarına benzer şekilde bağ omcalarına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.11. Bahçe pülverizatörü uygulamalarından sonra suya duyarlı kağıt

İHA ve Bahçe Pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda elde edilen veriler JMP istatistik programında analiz edilmiştir. İHA ve Bahçe Pülverizatörü uygulamaları sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

#### **3.2.1 Deneme Düzeni**

İHA ile yürütülen denemeler, hacimsel ortalama çap ( $\mu\text{m}$ ), damla sayısı ( $\text{adet}/\text{cm}^2$ ) ve kaplama oranını (%) karşılaştırmak için sıra arası ve sıra üzeri olmak üzere iki farklı rotada yapılmıştır. İHA ile uygulamalarda takip edilen  $R1_{SA}$  (Şekil 3.12.) ve  $R2_{SÜ}$  (Şekil 3.13.) rotalar gösterilmektedir.



Şekil 3.12. İHA Rota 1 Sıra Üzeri



Şekil 3.13. İHA Rota 2 Sıra Arası

#### 4.BULGULAR VE TARTIŞMA

İHA ile yapılan farklı rota uygulamalarında elde edilen önemli pülverizasyon karakteristik değerleri incelenmiştir. Denemelerde iki farklı rota da (R1<sub>SA</sub>: Sıra arası ve R2<sub>SÜ</sub>: Sıra üzeri) iki farklı püskürtme yüksekliğinde (PY1: 2,5 m ve PY2: 3m) Teejet XR11001VS yelpaze hüzmeli püskürtme memesi ile uygulamalar yapılmış olup elde edilen hacimsel ortalama çap (VMD), Kaplama oranı (KO) ve Damla sıklığı (DS) değerlerine ilişkin istatistiksel analizler sonucu Tablo 4.1.'de görülmektedir.

Tablo 4.1. İHA Uygulaması Sonuçları

Varyasyon kaynakları	İncelenen Parametreler		
	VMD	KO	DS
<b><u>Rota (R)</u></b>			
R1 <sub>SA</sub>	192.46	0.6526	138.22
R2 <sub>SÜ</sub>	189.59	0.6941	125.80
<b><u>Püskürtme yüksekliği (PY)</u></b>			
PY1	194.24	0.7671 A	140.72 A
PY2	187.82	0.5796 B	123.30 B
R1 <sub>SA</sub> *PY1	185.07 AB	0.7919	126.22 B
R1 <sub>SA</sub> *PY2	199.85 A	0.5133	150.22 A
R2 <sub>SÜ</sub> *PY1	203.41 A	0.7422	155.22 A
R2 <sub>SÜ</sub> *PY2	175.78 B	0.6559	96.37 C
<b><u>LSD</u></b>			
R	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
PY	Ö.D.	0.03	2.79
R x PY	3.85	Ö.D.	3.95
CV	6.10	16.80	8.98

Tablo 4.1. incelendiğinde yapılan uygulamalara göre izlenen rotaların ve püskürtme yüksekliklerinin hacimsel ortalama çap, kaplama oranı ve damla sıklığı değerlerine etkili olduğu görülmektedir. Denemelerde izlenen rotaların tek başına

etkili olmadığı ancak püskürtme yüksekliklerinin kaplama oranı ile damla sıklığına etkili olduğu görülmektedir. Özellikle Uygulamalardaki rotalar ile püskürtme yüksekliklerinin interaksiyonları incelendiğinde hacimsel ortalama çap ve damla sıklığına önemli derecede etkili oldukları söylenebilir.

İHA ile farklı rota ve püskürtme yüksekliklerinde yapılan uygulamalar ile çiftçilerin traktöre bağlayarak kullandıkları bahçe pülverizatörü ile de uygulamalar yapılmıştır. Deneme alanında bahçe pülverizatörü ile yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar (U5) ile İHA uygulamaları sonuçları karşılaştırılmıştır. Tablo 4.2 incelendiğinde U5 uygulamasından elde edilen sonuçlara göre VMD, KO ve DS parametreleri açısından İHA uygulamalarına daha yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir. Ancak İHA uygulamalarında daha az pestisit ve daha düşük norm uygulamalarının pestisit uygulamaları açısından avantaj olarak değerlendirilmesi gerektiği de unutulmamalıdır.

Tablo 4.2. İHA ve Bahçe Pülverizatörü Uygulama Sonuçları

Varyasyon kaynakları	İncelenen Parametreler		
	VMD	KO	DS
U1	185.07 B	0.7919 B	126.22 C
U2	199.85 B	0.5133 B	150.22 BC
U3	203.41 B	0.7422 B	155.22 B
U4	175.78 B	0.6459 B	96.37 D
U5	307.63 A	18.636 A	262.56 A
LSD	5.23	0.39	4.90
CV	6.80	25.50	8.75

P>0.5

#### 4.1.İHA Uygulamalarında Sıra Arası Penetrasyon

Denemelerde sıra arası uygulaması için 2,5 m ve 3 m olmak üzere iki farklı yükseklikte uygulama yapılmıştır. Hızın sonuçlara etki etmemesi için her ikisinde de 10 km/h olarak sabit tutulmuştur.

R1<sub>SA</sub>\*PY1 uygulamasında elde edilen sonuçlar VMD, KO ve DS açısından incelendiğinde Üst bölgeden alt bölgeye doğru R1<sub>SA</sub>\*PY2 uygulamasına göre

incelenen parametreler arasında penetrasyon açısından elde edilen değerlerin birbirine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Bu durum Püskürtme yüksekliğinin 2.5 m uygulamalarda özellikle damla sıklığı ve kaplama oranlarının bağ omcasında üst bölgeden alt bölgeye doğru azalmasının yanında her bir bölge için elde edilen değerlerin birbirine  $R1_{SA} * PY2$  uygulamasına göre yakın olması seçilebilir uygulama değeri olduğu yönünde kanaat oluşturmuştur.

#### 4.1.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD)

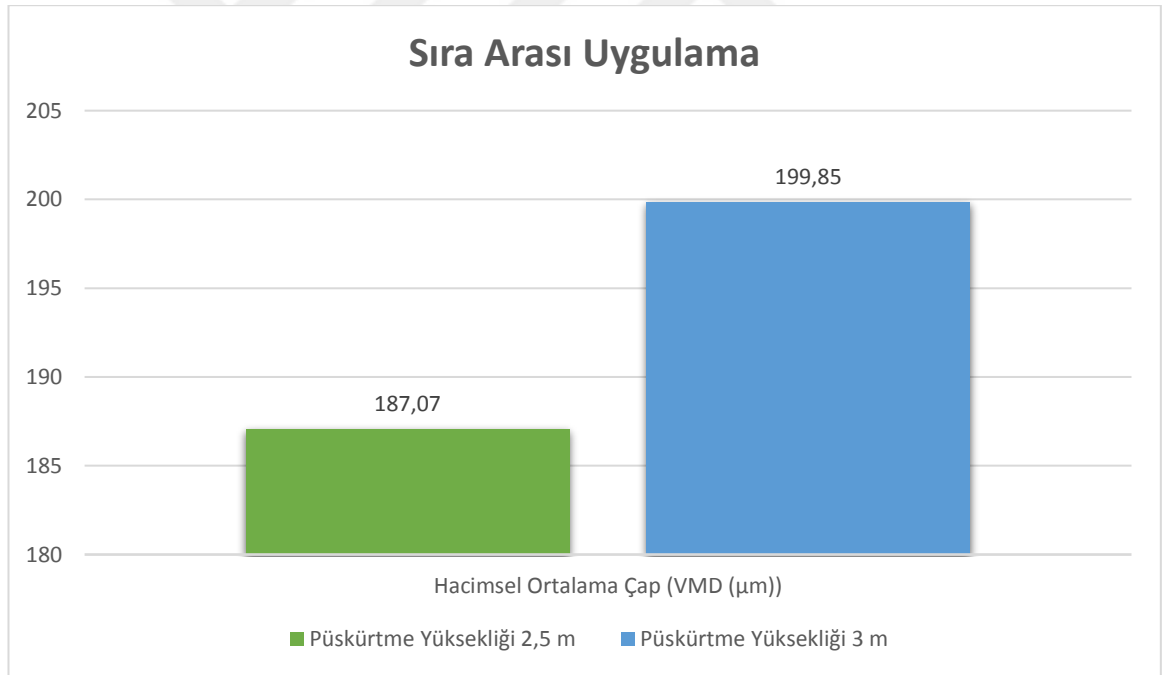
$R1_{SA}$  uygulamalarında VMD çapı PY1 ve PY2 karşılaştırıldığında PY1'in daha yüksek oranda olması beklenirken şekil 4.1.'e göre aralarında bir fark olmamasına rağmen PY2'de daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni olarak İHA ile yapılan uygulamalar sırasında İHA'nın döner kanatlarının oluşturduğu hava akımı ile havada veya WPS üzerinde damlaların birbirine çarparak birleşmesi ile açıklanabilmektedir.  $R1_{SA}$  uygulamalarında VMD değeri 192.46  $\mu m$  olurken  $R2_{SÜ}$  uygulamalarında ise bu değere yakın olarak 189.59  $\mu m$  elde edilmiş olup bu uygulamalarda rota tercihlerinin VMD değerine istatistiksel açıdan önemli olmadığı sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde püskürtme yüksekliklerinin de PY1 ve PY2 sırayla 194.24  $\mu m$  ve 187.82  $\mu m$  ile istatistiki açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Dolayısı ile VMD açısından püskürtme yükseklikleri ile uygulanan rotaların etkilerinin olmadığı söylenebilir.

Ancak Şekil 4.1 incelendiğinde rota uygulamaları ile püskürtme yüksekliklerinin beraber değerlendirildiklerinde ise uygulamaların farklı olduğu görülmektedir. Uygulamalara bakıldığında  $R2_{SÜ} * PY1$  ve  $R1_{SA} * PY2$  uygulamalarında VMD açısından daha değerler 203.41  $\mu m$  ve 199.85  $\mu m$  elde edilirken diğer uygulamalarda bu değerlere göre daha küçük VMD değerleri elde edilmiştir. Dolayısı ile VMD değerinin nispeten büyük olması sürüklenmenin önüne geçilmesi ile damlaların hedefe ulaşmalarının daha mümkün olacağı gerçeği ile  $R2_{SÜ} * PY1$  ve  $R1_{SA} * PY2$  uygulamalarının daha tercih edilebilir olduğu sonucuna varılabilir.

$R1_{SA} * PY1$  uygulamalarında bağ omcasında bölgeler VMD açısından incelendiğinde üst bölgede elde değerlerin birbirine yakın olduğu 181-235  $\mu m$  arasında değiştiği görülmektedir (EK 1). VMD değerlerinin üst bölgede genel olarak merkezden dış bölgeye doğru arttığı görülmekle birlikte çok fazla fark olmadığı söylenebilir. Orta bölgede VMD değerlerinin üst bölgeye göre daha küçük olduğu ve merkezden dış bölgeye doğru damla çaplarının küçülme eğiliminde olduğu görülmektedir. Alt bölgede ise VMD değerlerinin merkez bölgede orta ve dış bölgeye

nispeten daha küçük olduğu görülmekte olup bu durumunda bağ omcasında üst kısımlardan alt kısımlara doğru penetrasyonun azaldığı gösterdiği söylenebilir. Alt bölgede en düşük VMD 130  $\mu\text{m}$  ile alt merkez bölgede elde edilirken en büyük VMD değeri 195  $\mu\text{m}$  ile alt dış bölgede elde edilmiştir (EK 1). Bu VMD değerleri damlaların özellikle üstten alt bölgeye doğru merkez bölgesinde küçüldüğünü penetrasyonun da bu nedenle azaldığını gösterdiği söylenebilir.

R1<sub>SA</sub>\*PY2 uygulamaları incelendiğinde VMD değerlerinin 187-314  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği ve bu değerlerin R1<sub>SA</sub>\*PY1 uygulamasından daha büyük değerler olduğu görülmektedir. Ancak R1<sub>SA</sub>\*PY2 uygulamalarında elde edilen 314  $\mu\text{m}$  VMD değeri X1 uygulamalarında 1. tekerrürde tek değer elde edilmiş olup geneli yansıtmadığı düşünülmektedir (EK 1). Her iki uygulamada da VMD değerlerinin birbirine yakın değerler olduğu ancak R1<sub>SA</sub>\*PY1 uygulamalarında VMD değerlerinin daha homojen olduğu söylenebilir. Bu açıdan bakıldığında püskürtme yüksekliği arttıkça VMD değerlerinin homojenliğinin de kısmen bozulduğu görülmektedir.



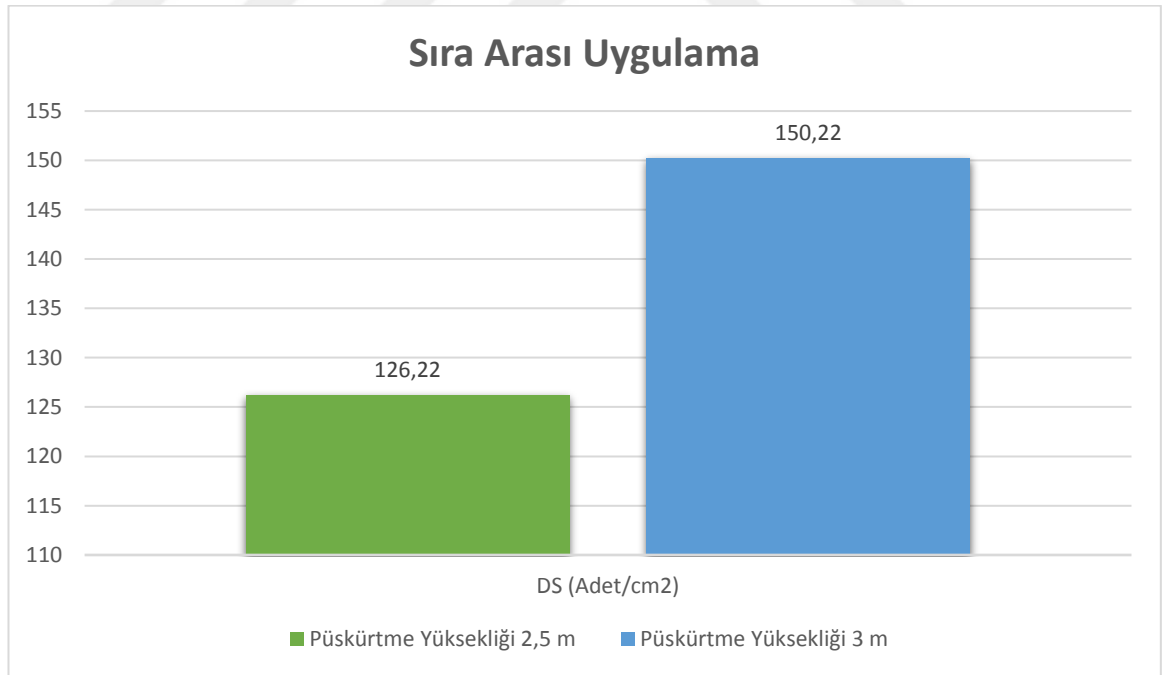
Şekil 4.1. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Hacimsel Ortalama Çap Değerleri

#### 4.1.2. Damla Sıklığı

R1<sub>SA</sub>'de yapılan uygulamalarda damla sıklığı PY1 ve PY2 için karşılaştırıldığında Şekil 4.2.'de PY1'in PY2'ye göre daha düşük oranda çıkmıştır. Bunun nedeni ise İHA'nın döner kanatlarının yarattığı hava akımı ve uygulama esnasında olan rüzgar değişimi ile ilgili olabilmektedir (Özyurt ve Çelen, 2022).

Püskürtme yüksekliği arttıkça İHA'nın döner kanatlarının yarattığı hava akımından damlalar daha az etkilenmektedir. Uygulama sonuçları incelendiğinde DS açısından rota uygulamalarının birbirinden farklı olmadığı ancak püskürtme yüksekliklerinin DS'ne etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu Tablo 4.1'de görülmektedir. PY1 değerinin olduğu uygulamalarda PY2'ye göre püskürtme yüksekliğinin az olduğu (2.5 m) uygulamalarda DS değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İHA ile uygulamalarında uygulama normu arttıkça DS oranı da artmaktadır (Riberio and Vitoria, 2023). Bu çalışmada püskürtme yüksekliği azaldıkça KO oranı ve DS değerleri de benzer şekilde artmıştır.

Ayrıca rota uygulamalarının tek başına uygulama sonuçlarına etkisi olmadığı görülmekle birlikte püskürtme yükseklikleri dikkate alındığında iki uygulama parametresinin etkili olduğu görülmektedir. Özellikle  $R2_{SÜ} * PY1$  ve  $R1_{SA} * PY2$  uygulamalarının DS açısından sırayla 155.22  $\mu\text{m}$  ve 150.22  $\mu\text{m}$  ile en yüksek DS oranını sağlamıştır.  $R2_{SÜ} * PY2$  uygulamasında ise 96.37  $\mu\text{m}$  en düşük DS değeri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Damla Sıklığı Değerleri

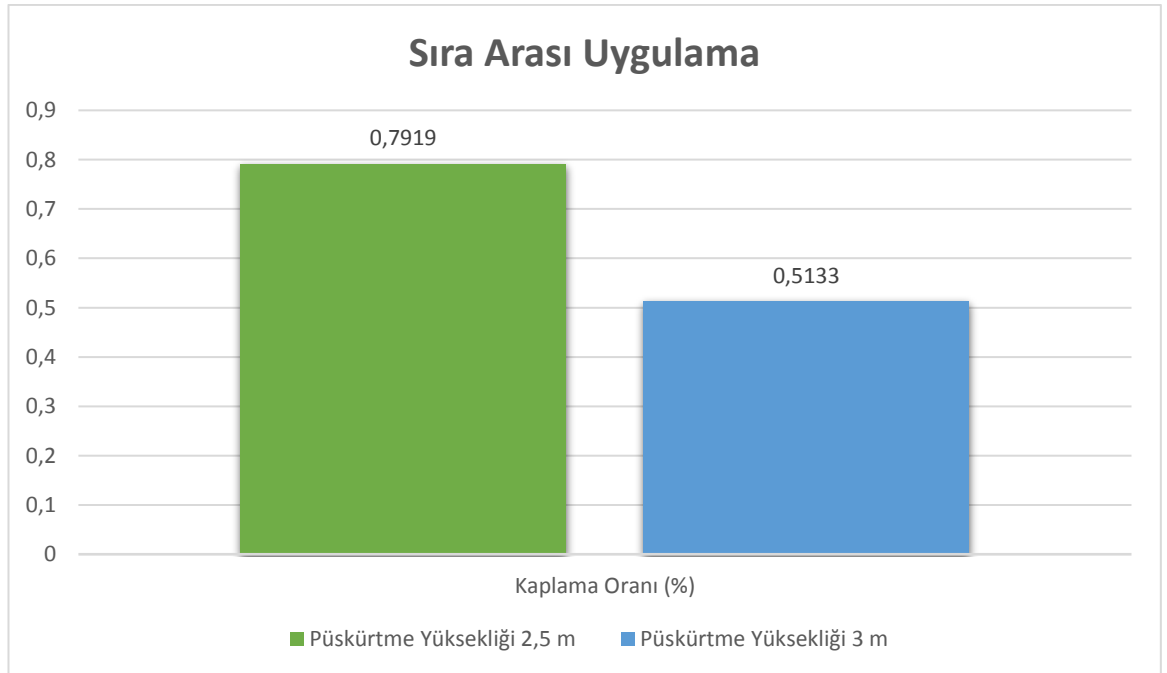
$R1_{SA} * PY1$  uygulamaları DS açısından incelendiğinde KO oranına benzer sonuçlar olduğu söylenebilir. Üst bölgede DS 147-205 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişirken bu değer orta bölgede 106-157 adet/cm<sup>2</sup> arasında ve alt bölgede ise 87-132 adet/cm<sup>2</sup>

arasında değişmiştir (EK 1). DS değerlerinin üst bölgeden alt bölgelere doğru azalması KO oranı değerleri benzerlik göstermesi penetrasyonun da azaldığı anlamına gelmektedir.

$R1_{SA} * PY2$  uygulamaları DS değerlerine bakıldığında üst bölgede 129-237 adet/cm<sup>2</sup> arasında değiştığı benzer şekilde orta ve alt bölgelerde de alt bölgeye doğru azalarak değiştığı söylenebilir. Özellikle alt bölgede 89-146 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişmiş olması penetrasyonun DS açısından da azaldığını göstermektedir.

#### 4.1.3. Kaplama Oranı

Kaplama oranı açısından uygulamalar değerlendirildiğinde  $R1_{SA}$ 'de yapılan uygulamalarda PY1 ve PY2 arasında olması beklenen farka kaplama oranında ulaşılmıştır. Kaplama oranı şekil 4.3.'de PY1'de PY2'ye göre daha yüksek oranda çıkmıştır. Bu beklenen bir durum olarak söylenebilir. Ayrıca KO açısından püskürtme yüksekliklerinin istatistiki olarak da farklı sonuçlar verdiği Tablo 4.1'de görülmektedir. Özellikle püskürtme yüksekliğinin PY1 olduğu uygulamalarda KO % 0.7671 ile PY2 uygulamasından elde edilen %5796 değerinden daha yüksek değerdedir (EK 1). Ayrıca KO açısından uygulama kombinasyonları incelendiğinde istatistiki açıdan aralarında bir önemlilik olmadığı dolayısı ile uygulama tercihlerinde belirleyici parametrenin püskürtme yükseklikleri olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Kaplama Oranı Değerleri

Yukarıda verilen grafiklere göre sıra arası uygulamalarda 2,5 m yükseklikte damla çapı 3 m püskürtme yüksekliğine göre daha düşük oranda kalmaktadır. Damla sayısına bakıldığında damla çapında olduğu gibi 2,5 m yükseklikte suya duyarlı kağıtlarımıza 3m püskürtme yüksekliğinde yapılan uygulamaya göre daha az oranda damla gelmiştir. Fakat kaplama oranına baktığımızda 2,5 m püskürtme yüksekliğinde damla çapı ve damla sayısı her ne kadar az olsa da kaplama oranı daha yüksektir.

Penetrasyon VMD açısından değerlendirildiğinde EK1 incelendiğinde R1<sub>SA</sub> ve PY1 uygulamalarında genel olarak bağ omcasının düşey yöndeki bölgelerinde üstten alt bölgelere doğru değerlerin çok fazla değişmediği görülmektedir. Bazı uygulamalarda orta bölgelerde VMD değerlerinin üst bölgelere göre daha büyük VMD değerleri olsa da genel durumda hedefin üst bölgesinden alt bölgelerine doğru VMD değerlerinin çok fazla değişmediği görülmektedir. Benzer şekilde yatay yöndeki VMD değerleri incelendiğinde bağ omcası merkez bölgelerinden dış bölgelere doğru VMD değerlerinin çok fazla değişmediği ancak orta ve alt bölgelerin merkez bölgelerinde nispeten daha küçük VMD değerleri elde edilmiştir.

Bağ omcasında KO oranı açısından da EK 1 incelendiğinde düşey yönde bazı tekerrürlerde (tekerrür 3) % 1.78 gibi yüksek olabilecek KO elde edilmiş olsa da bu değer genel olarak % 53 - % 93 arasında değişmektedir. Bu durumda yatay yönde KO değerlerinin üst bölgelerde birbirine yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir. Yatay yönde orta ve alt bölgelerde ise üst bölgelere göre daha düşük KO değerleri elde edilmiştir. Bazı tekerrürlerde orta bölge için % 1.46 değeri gibi yüksek KO elde edilmiş olmasına rağmen genel olarak üst bölgelere göre düşük olduğu belirlenmiştir.

R1<sub>SA</sub> uygulamalarında DS açısından yatay yönde üst bölgeden alt bölgeye doğru DS değerlerinin daha az olduğu bu durumun da olağan bir sonuç olarak değerlendirileceği düşünülmektedir. Bu açıdan bakıldığında üst bölgelerde DS değerleri 205 adet/cm<sup>2</sup> ile 147 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Düşey yöndeki bölgelerde de üst bölgeden alt bölgeye doğru DS değerlerinin azaldığı ancak yatay yönde bölgeler arasında alt bölgelere doğru azalmalar olduğu söylenebilir.

R1<sub>SA</sub>\*PY1 uygulamalarında KO oranı değerlendirildiğinde üst bölgede merkezden dış bölgeye nispeten azalmakla birlikte tekerrürler arasında da farklılıklar olduğu görülmektedir (EK 1). Özellikle X1 uygulamasında 3. tekerrür uygulamasında % 1.78 değerinin üst bölge olması ve damla çaplarının büyüklüğünden kaynaklandığı

düşünülmektedir. Bağ omcasında orta bölgede KO değerlerinin dış bölgede daha yoğun olduğu ancak 3. Tekerrür uygulamasında % 0.38 ile en düşük değerde olması uygulama sırasındaki ani hava değişikliklerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Baltazar et al, 2021). Alt bölgede ise KO açısından üst ve orta bölgelere oranla daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu durum penetrasyonun üst bölgelerden alt bölgelere doğru azaldığını göstermektedir.

$R1_{SA} * PY2$  uygulamaları KO oranı açısından değerlendirildiğinde üst bölgelerde daha fazla olduğu (% 35-85) ancak genel değerlerden sapan en düşük değer olan % 35 KO'nun bir uygulamada olması diğer KO değerlerinin birbirine yakın olması üst bölgedeki KO değerlerinin homojen olduğunu göstermektedir. Üst bölgeden alt bölgelere doğru KO değerlerinin azalmasının yanında değerler arasındaki farklılıkların fazla olması (%21-78) penetrasyondaki düzensizliği de ortaya koymaktadır.

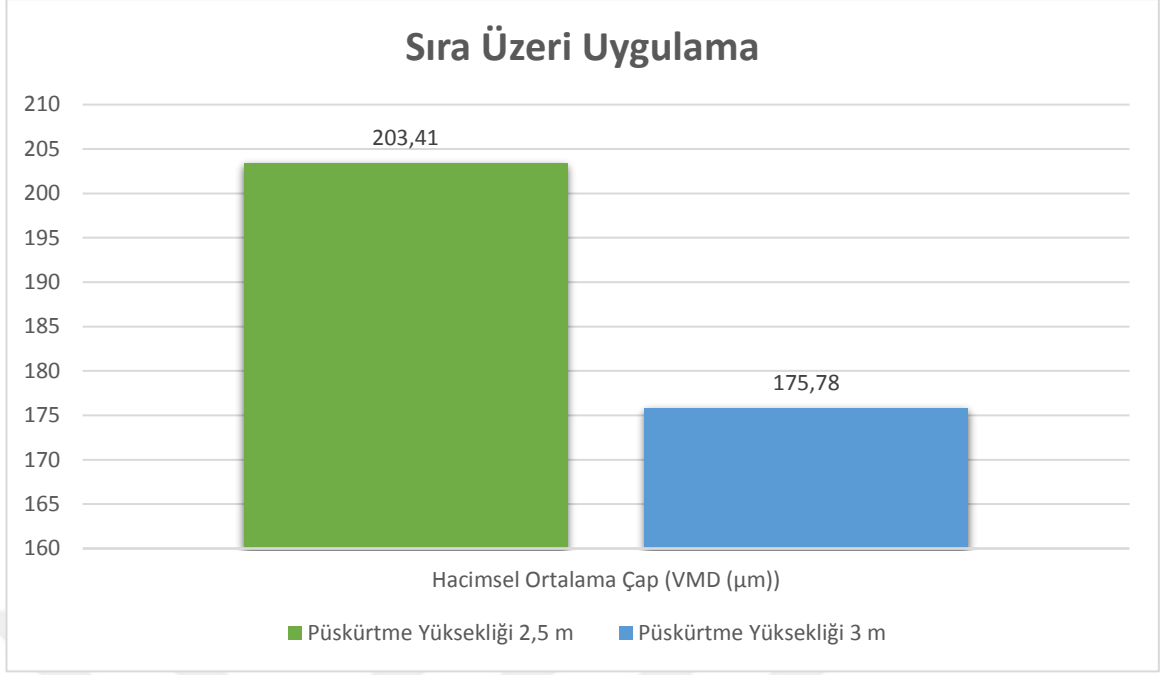
Penetrasyon açısından  $R1_{SA}$  ve PY2 uygulamalarında ise PY1 uygulamalarına göre VMD, KO ve DS açısından benzer sonuçlar elde edilmiş olmakla birlikte bölgeler arasındaki farklılıkların daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum püskürtme yüksekliğinin penetrasyona etkili olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

## **4.2. İHA Uygulamaları Sıra Üzeri Penetrasyon**

Sıra üzeri denemeleri yapılırken 2,5 m ve 3 m olmak üzere iki farklı yükseklikte uygulama yapılmıştır. Hız sonuçlara etki etmemesi için 10 km/h olarak sabit tutulmuştur.  $R2_{SÜ}$ 'de sonuçların daha tutarlı olduğu, PY1'in PY2'ye oranla hacimsel ortalama çap değeri, damla sayısı ve kaplama oranı daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.  $R2_{SÜ}$ 'de yapılan uygulamada PY1 hacimsel ortalama çap değeri, damla sayısı ve kaplama oranı açısından daha verimlidir.

### **4.2.1. Hacimsel Ortalama Çap (VMD)**

$R2_{SÜ}$ 'de yapılan uygulamalarda PY1 ve PY2 karşılaştırıldığında PY1'in daha yüksek hacimsel ortalama çap değerine sahip olduğu görülmektedir.  $R2_{SÜ}$  uygulamalarında VMD açısından  $R1_{SA}$  uygulamalarına göre daha küçük değerler elde edilmiş olmakla birlikte sonuçların Tablo 4.1 incelendiğinde istatistiki açıdan önemli olmadığı görülmektedir. Bununla beraber  $R2_{SÜ}$  uygulamalarında püskürtme yüksekliklerinin VMD açısından önemli olduğu söylenebilir. Şekil 4.4 incelendiğinde  $R2_{SÜ}$  için PY1 uygulamalarında VMD 230.41  $\mu m$  elde edilirken PY2 uygulamalarına bu değer 175.78  $\mu m$  olmuştur.



Şekil 4.4. İHA Sıra Üzeri Uygulamalarda Hacimsel Ortalama Çap Değerleri

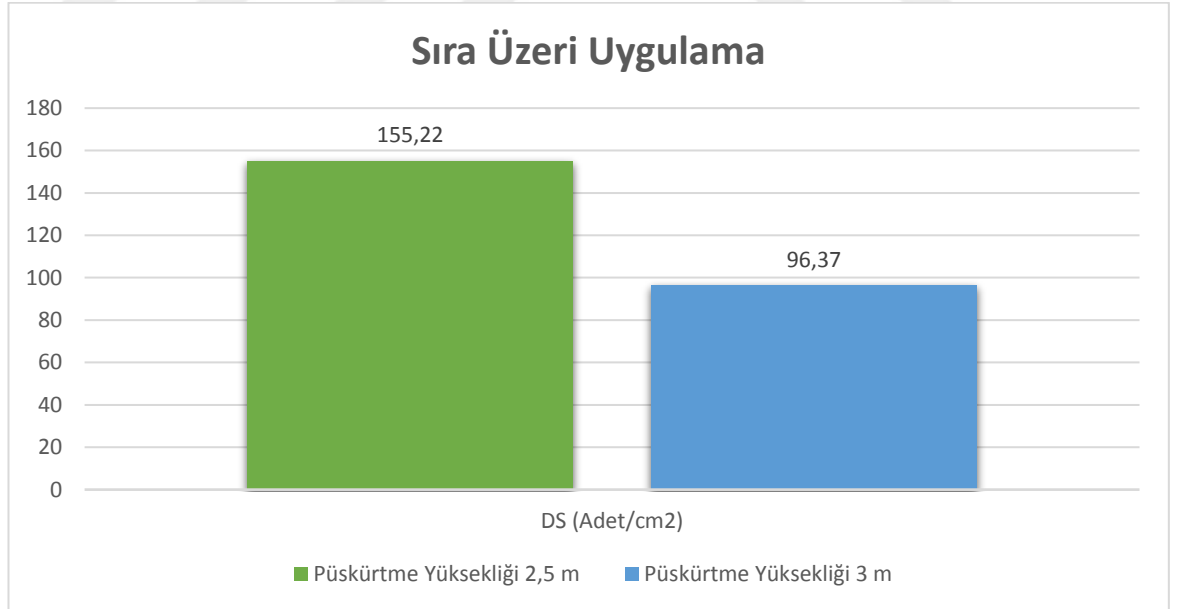
R2<sub>SÜ</sub>\*PY1 uygulamaları incelendiğinde VMD değerlerinin bağ omcasının üst bölge için 150-278 μm arasında değiştiği görülmekle birlikte genel olarak 200-250 μm değerleri arasında yoğun olduğu belirlenmiştir (EK 1). Bu değerler püskürtme yüksekliği dikkate alındığında R1<sub>SA</sub> uygulamalarına göre daha büyük VMD değerleri oluşturduğu söylenebilir. Bu durumun damlaların hedefe ulaşırken bitkinin üst bölgesinde bir engele takılmadığından kaynaklanmış olacağı düşünülmektedir. Bağ omcasında üst bölgeden alt bölgeye doğru VMD değerlerinin azalma eğiliminde olduğu orta bölge için 149-264 μm ve alt bölge için 125-236 μm arasında değiştiği belirlenmiştir. Sıra üzeri uygulamalarda püskürtme yüksekliğinin 2.5 m olduğu durumda merkezden dış bölgelere doğru üstten alt bölgeye doğru VMD değerlerinin azaldığı ve bu durumda penetrasyonun azalma eğiliminde olduğunun göstergesi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ancak sıra arası uygulamalara göre VMD değerlerinin daha büyük olması sıra üzeri uygulamalar açısından sürüklenmenin önüne geçilmesi açısından avantaj sağlamaktadır.

R2<sub>SÜ</sub>\*PY2 uygulamaları değerlendirildiğinde bağ omcasının üst bölgesinde merkez, orta ve dış bölgelerde VMD değerleri arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Üst bölgede VMD değerleri 118-273 μm arasında değişmiştir (EK 1). En büyük VMD değeri üst bölgenin orta bölgesinde 273 μm en küçük VMD ise üst bölgenin dış bölgesinde 118 μm ile elde edilmiştir. Bu bölgede VMD değerlerinin üst

bölgede merkez, orta ve dış bölge için kendi bölgelerinde daha düzgün olduğu görülmüştür. Bağ omcası düşey durumda orta bölgesinde ise VMD değerlerinin üst bölgeye göre daha küçük ve daha geniş çap aralığında olduğu ve 104-252  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bağ omcası alt bölgesinde ise VMD değerlerinin 112-197  $\mu\text{m}$  arasında değiştiği ve üst bölgeye oranla daha küçük çap değerleri olduğu görülmüştür. Bu durumunda diğer uygulamalarda olduğu gibi damlaların bağ omcası alt bölgesine penetre olurken parçalanarak veya bağ omcası yapraklarına değmeleri sonucunda nispeten küçüldüğü düşünülmektedir. R2SÜ\*PY2 uygulamalarında tekerrürlere bağlı olarak çok fazla VMD değerleri değişmemekle birlikte üst bölgeden alt bölgelere doğru penetre olurken küçüldüğü gözlemlenmiştir.

#### 4.2.2. Damla Sıklığı

R2SÜ'de uygulama sırasında damla sayısı PY1 ile PY2 açısından karşılaştırıldığında PY1'in daha yüksek oranda olduğu görülmektedir. Bu ise R2SÜ rotasında yapılan uygulamada PY1'in hava akımı ve rüzgardan PY2'ye göre daha az etkilendiği gözlemlenmektedir (Upandhyay et al., 2024). Şekil 4.5 de görüleceği üzere R2SÜ için PY1 uygulamalarında 155.22 adet/cm<sup>2</sup> ile PY2 96.37 adet/cm<sup>2</sup> uygulamasına göre daha yüksek DS elde edilmiştir.



Şekil 4.5. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Damla Sıklığı Değerleri

R2SÜ\*PY1 uygulamaları DS açısından incelendiğinde üst bölgede 104-249 adet/cm<sup>2</sup> arasında değiştiği ancak bu değerlerin bazılarının uygulama sırasında damlaların hedefe ulaşmadığından kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle üst bölge

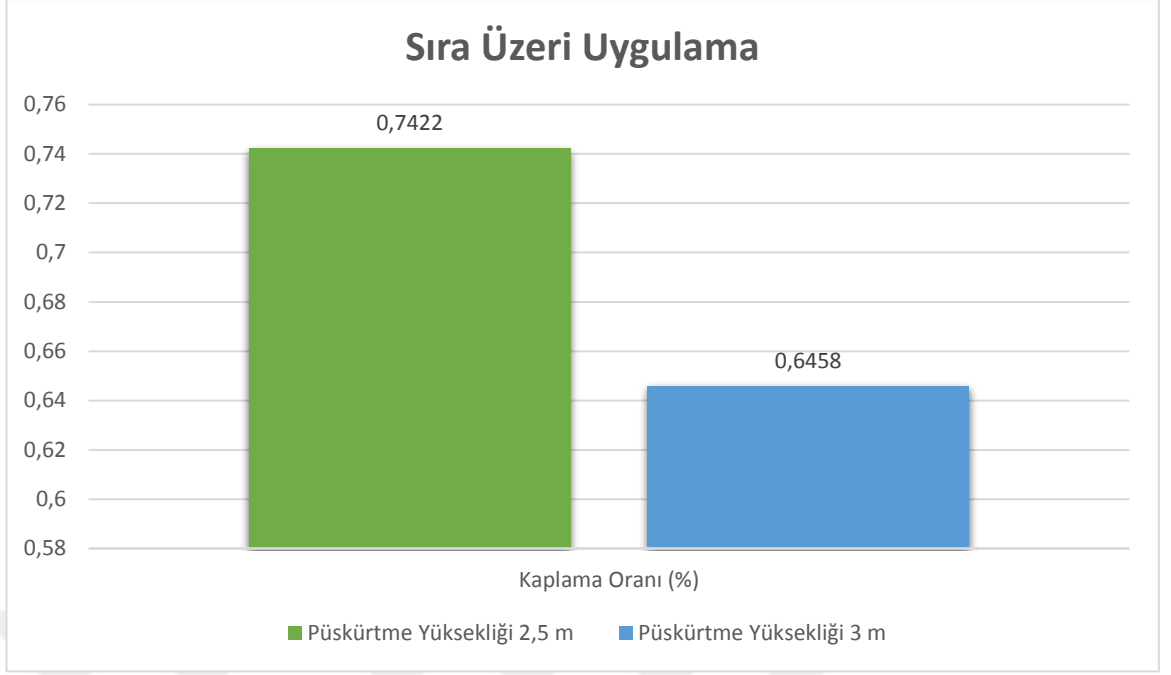
merkezde 3. tekerrür uygulamasında elde edilen 104 adet/cm<sup>2</sup> değerinin uygulamadaki hava şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bağ omcasında orta ve alt bölgeler dikkate alındığında DS değerlerinin ortadan alt bölgeye doğru azaldığı görülmekte olup ancak aynı bölge için tekerrürler arasında farklılıklar olduğu da belirlenmiştir. Bu durumun bağ omcası içindeki yaprak yoğunluğunun farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

R2<sub>SÜ</sub>\*PY2 uygulamaları DS açısından incelendiğinde üst bölgede daha fazla olduğu görülmektedir (EK 1). VMD ve KO değerleri dikkate alındığında diğer uygulamalarda olduğu gibi DS değerlerine etkisi olduğu söylenebilir. VMD değerlerinin birbirine yakın olduğu ( üst ve orta bölgelerde X3 uygulamaları) durumda KO ve DS değerlerinde de birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. DS üst bölgede en yüksek değerlere 87-141 adet/cm<sup>2</sup> ile ulaşırken 87 adet/cm<sup>2</sup> değerinin tek uygulamada elde edilmiş olması diğer DS değerlerinin birbirine yakın olması üst bölgede DS değerlerinin homojen olduğunu göstermektedir. Ancak orta ve alt bölgeye doğru DS değerlerinin birbirine yakın fakat geniş aralıkta değiştiği KO sonuçlarına benzer olarak elde edilmiştir. DS orta ve alt bölgede 66-104 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Özellikle orta bölgede merkez, orta ve dış bölgedeki DS değerleri arasındaki farklılığın alt bölgeye göre fazla olması uygulama sırasındaki ani hava değişimleri ile bağ omcalarındaki doğal yaprak dağılımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Püskürtme yüksekliğinin PY1 olduğu uygulamaların bu açıdan daha uygun olabileceği düşünülmektedir.

#### **4.2.3. Kaplama Oranı**

R2<sub>SÜ</sub>'de uygulama sırasında kaplama oranı incelendiğinde PY1 ve PY2 karşılaştırıldığında PY1'de yapılan uygulamada daha fazla kaplama olduğu gözlemlenmiştir. R2<sub>SÜ</sub> uygulamalarında KO değerleri arasında PY1 0.7422 ve PY2 için 0.6458 fark olsa da istatistiki açıdan önemli olmadığı Tablo 4.1 incelendiğinde görülmektedir.



Şekil 4.6. İHA Sıra Arası Uygulamalarda Kaplama Oranı Değerleri

Yukarıda verilen grafiklere bakıldığında sıra üzeri uygulama daha tutarlı olduğu görülmektedir. Sıra üzeri uygulamada 2.5 m püskürtme yüksekliği hacimsel ortalama çap, Kaplama oranı ve damla sayısı bakımından daha verimlidir.

Penetrasyon açısından R2<sub>SÜ</sub> ve PY1-PY2 uygulamalarında yatay yönde bağ omcası üzerindeki VMD değerleri 278 µm – 196 µm arasında değişmektedir (EK 1). Bazı tekerrürlerde daha düşük VMD olsa da genel olarak bu aralıkta değişim olduğu görülmektedir. Benzer şekilde düşey yöndeki VMD değerleri de üst bölgeden alt bölgeye nispeten küçüldüğü ancak farklılığın alt bölgelere doğru arttığı belirlenmiştir. Bağ omcası düşey yönde dış bölgesinde üstten alta doğru bu azalmalar daha iken merkez ve orta bölgede daha fazla olmuştur. R2<sub>SÜ</sub> ve PY2 uygulamalarında benzer sonuçlar elde edilmekle birlikte VMD değerlerinin PY2 uygulamalarında alt bölgelerde biraz daha düşük değerlerde olduğu söylenebilir.

Bağ omcası üzerinde KO açısından PY1 ve PY2 uygulamalarından elde edilen sonuçlarda PY2 uygulamalarının daha düşük değerler verdiği görülmektedir. EK 1 incelendiğinde R2<sub>SÜ</sub> ve PY2 uygulamalarında yatay yönde için üst bölgelerde daha KO oranı en yüksek % 1.56 oranı ile elde edilirken en düşük % 0.41 olarak elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında KO değerlerinin % 0.60 - % 0.90 arasında olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde düşey yönde yapılan değerlendirmelerde ise üst bölgelerden alt bölgelere doğru KO değerlerinin azaldığı ve en düşük % 0.23 olduğu

görülmekle birlikte KO değerlerinin daha geniş aralıkta değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

R2<sub>SÜ</sub>\*PY1 uygulamalarında KO açısından en fazla kaplama oranı % 1.44 ile 1. tekerrür uygulamasında üst bölgede merkezde en az değer ise % 0.42 ile üst dış bölgenin 3. tekerrür uygulamasında elde edilmiştir. Genel olarak üst bölgede merkezden dış bölgeye doğru bir azalma görülse de değerlerin arasında diğer uygulamalara göre farkın fazla olmadığı söylenebilir. Orta bölgede ise kaplama oranı değeri % 0.38-1.11 arasında fazlaca değişim gösterdiği benzer durumun alt bölgede de olduğu ve % 0.27-1.21 arasında değiştiği tespit edilmiştir (EK 1). Kapsama oranının genel olarak üst bölgeden alt bölgeye doğru artan aralıklarla devam ettiği görülmekte olup damlaların penetre olurken bağ omcası arasında kayba uğramasından dolayı kaplama oranlarının azaldığı şeklinde açıklanabilir.

R2<sub>SÜ</sub>\*PY2 uygulamalarında KO açısından üst bölgede % 0.54-1.56 arasında değişen kaplama oranının özellikle üst bölgenin orta bölgesinde daha yüksek değerde olduğu belirlenmiştir (EK 1). Bağ omcası orta bölgesinde ise KO değerinin üst bölgeye göre daha düşük değerde olduğu % 0.41-0.97 arasında değişmiştir. Alt bölgede ise KO daha dağınık değerlerde olmuştur. Alt bölgede KO % 0.23-1.01 arasında olmuştur. Bu durumun üst bölgeden alt bölgeye doğru penetre olan damlaların püskürtme yüksekliğine bağlı olarak hızlarını kaybetmeleri, bağ omcası yapraklarına çarparak yön değiştirmeleri sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir. Alt bölgede KO değerlerinin dış bölgelerde merkez ve orta bölgelere göre daha düşük değerlerde olması da bu durumu doğrulamaktadır.

R2<sub>SÜ</sub> ve PY1 - PY2 uygulamalarında DS açısından PY1 uygulamasında 249 adet/cm<sup>2</sup> ile en yüksek ve 104 adet/cm<sup>2</sup> ile en düşük değer elde edilmiştir (EK 1). PY2 uygulamasında ise 141 adet/cm<sup>2</sup> ile en yüksek ve 61 adet/cm<sup>2</sup> ile en düşük değer elde edilmiştir. Yatay yöndeki sonuçlar incelendiğinde üst bölgede daha fazla DS orta ve alt bölgede ise daha az DS elde edilmiştir. Benzer durum PY2 uygulamaları içinde geçerli olup DS değişim aralığı PY1 uygulamalarından daha fazla olmuştur. DS açısından düşey yöndeki uygulamalarda ise PY1 uygulamalarında üst bölgeden alt bölgeye doğru dış bölge boyunca daha az değişim olurken orta ve merkez bölgede daha fazla değişim olduğu belirlenmiştir. Özellikle merkez bölgede üst bölgeden alt bölgeye doğru DS açısından değişimlerin önemli olduğu görülmektedir.

### 4.3. Bahçe Pülverizatörü Uygulamaları

Deneme bahçe pülverizatörü ile 4.viteste 5 km/h hızda 15 devir 20 bar basınç uygulanmıştır. Pülverizatörde konik hüzmeli meme kullanılmıştır.



Şekil 4.7. Bahçe Pülverizatörü Uygulaması

Bahçe pülverizatörü ile yapılan uygulamalarda Tablo 4.2 incelendiğinde ortalama olarak VMD 307.63  $\mu\text{m}$ , KO % 18.636 ve DS 262.56 adet/ $\text{cm}^2$  olarak elde edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında İHA uygulamalarının hepsi istatistiki açıdan aynı grupta yer alırken BP uygulamaları farklı bir grupta yer almıştır. BP değerlerine bakıldığında İHA uygulamalarında R1<sub>SA</sub>, R2<sub>SÜ</sub> ile PY1 ve PY2 değerlerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. BP ile yapılan uygulamalarda püskürtme basıncı ile püskürtme mesafesi dikkate alındığında bu değerlerin normal olabileceği düşünülmektedir. Düşey yönde de benzer sonuçlar olduğu görülmektedir. KO açısından BP uygulamalarında en yüksek % 25.2 ve en düşük ise % 12.45 olarak elde edilmiştir.

BP uygulamalarında KO değerleri VMD değerlerinin büyüklüğü ve DS ile orantılı olarak artmıştır. Ancak bazı tekerrürlerde ise DS artmasına rağmen KO değerinin daha düşük olduğu (DS 283 adet/ $\text{cm}^2$  ve KO % 21.54 ile DS 278 adet/ $\text{cm}^2$  ve KO % 24.69) durumlarda tespit edilmiştir. Bu durumun ise damlaların hedef WSP üzerinde birleşerek sayı olarak az ancak alan olarak fazla yer kaplaması nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

BP uygulamaları penetrasyon açısından incelendiğinde VMD bağ omcasında yatay yönde dış bölgede daha büyük değerler 401  $\mu\text{m}$  ile en büyük ve 291  $\mu\text{m}$  ile en küçük değer elde edilmiştir. Yandan uygulama yapıldığı için yatay yönde iç bölgelere

dođru VMD deđerlerinin dūştūđu gōrūlmektedir. Bađ omcası bōlgeleri dikkate alındıđında uygulamalarda VMD deđerlerinin ۆzellikle dıř bōlgelerden i bōlgelere dođru kūıldūđu gōrūlmektedir. Bu durumun omca yapraklarının dıř yūzeylerindeki yaprak yođunluđunun fazla olması i bōlgelere dođru damlaların penetre olmasına engel olduđu řeklinde yorumlanabilir. Bađ omcasında tūm bōlgeler dikkate alındıđında VMD deđerlerinin 224-410 μm arasında deđiřtiđi belirlenmiřtir.

BP uygulamalarında KO açısından en yūysek deđerlere bađ omcasının her bōlgesinde dıř bōlgelerde elde edilmiřtir. KO oranı en yūysek % 25.2 (3. tekerrūr X 3 uygulaması) ile ũst bōlgenin dıř kısmında en dūřuk ise % 16.89 (1.tekerrūr Z3 uygulaması) ile elde edilmiřtir. KO deđerleri i bōlgelere dođru azalma eđiliminde olmuřtur.

BP uygulamalarında DS incelendiğinde KO ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. DS değerleri 261-327 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir. DS değerleri ۆzellikle bađ omcası merkez bōlgesinde en dūřuk değerler olarak belirlenmiştir. DS bađ omcası merkez bōlgelerinde 219-298 adet/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir.

Genel olarak BP uygulamalarında elde edilen VMD, KO ve DS deđerleri İHA uygulamalarına gōre daha būyuk deđerlere ulařmıřtır. Ancak İHA uygulamaları tekniđi açısından elde edilen penetrasyon deđerlerinin uygulama tekniđi ۆnerilmesi noktasında uygun olabileceđi uygulamalar olduđu da dūřūnūlmektedir. ۆzellikle tarımsal girdilerin ekonomik anlamda sađlayacađı faydaların BP ile kıyaslandıđında ۆnemli olduđu bilinmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde bütün sektörlerde teknolojik yenilikler oldukça geniş kullanım alanına sahip olup her geçen gün önemi daha da artmaktadır. İnsan hayatının daha kolay hale gelmesinde her alanda önemli etkiye sahip olan İHA kullanımı son yıllarda tarımsal alanda farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. İHA'lar tarımsal alanda daha çok pestisit uygulamalarında kullanılmaktadır. Pestisit uygulamalarının bitki koruma açısından kullanımında ise son derece hassas olunması gerektiği de üzerinde durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmada İHA ile bağ omcasında farklı rotaların farklı püskürtme yüksekliklerinde penetrasyon özellikleri VMD, KO, DS parametreleri açısından incelenmiş ve sonuçlar çiftçiler tarafından kullanılmakta olan BP ile aynı parametreler üzerinden karşılaştırılmıştır.

İHA uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre R1<sub>SA</sub> ve R2<sub>SÜ</sub> uygulamalarında her iki rota da VMD açısından bir farklılık elde edilmemiştir. Ancak püskürtme yükseklikleri göz önüne alındığında KO ve DS açısından uygulamaların önemli olduğu görülmüştür. Yapılan uygulamalarda rotaların ve püskürtme yüksekliklerinin birlikte değerlendirildiği durumlarda ise VMD ve DS açısından sonuçların önemli olduğu KO açısından ise bir farklılık olmadığı sonucu elde edilmiştir. Bu veriler dikkate alındığında DS değerinin mümkün olduğunca fazla olması başarı etkinliğinin artması yönünde fikir vermesi açısından R2<sub>SÜ</sub> rotasında PY1 uygulamasında 155.22 adet/cm<sup>2</sup> ile olabileceğini göstermektedir. İstatistiki olarak da R1<sub>SA</sub> rotasında PY2 uygulaması da yaklaşık benzer sonuçları sağlaması uygulama açısından tercih edilebilir uygulamalar olabilir.

Her iki rota ve püskürtme yükseklikleri dikkate alındığında ise bağ omcasının yatay ve düşey yöndeki dokuz bölgesinde elde edilen VMD, KO ve DS değerleri açısından incelendiğinde püskürtme yüksekliğinin her üç parametre açısından da önemli olduğu görülmüştür. Uygulamalarda rotaların önemi daha az gibi görünse de R2<sub>SÜ</sub> için PY1 uygulamalarında penetrasyon değerlerinin VMD ve DS açısından bağ omcasında düşey yönde üst bölgeden alt bölgeye doğru çok fazla değişim göstermediği dolayısı ile penetrasyonun daha iyi sonucuna ulaşıldığı söylenebilir.

R1<sub>SA</sub> ve R2<sub>SÜ</sub> uygulamalarında bağ omcasının yatay ve düşey yöndeki dokuz bölgesinde VMD açısından önemli farklılıklar olmadığı belirlenmiş olmakla birlikte bazı VMD değerlerinin (R1<sub>SA</sub>-PY2 uygulamasında 314 µm) normalden farklı olması

uygulama sırasında oluşan ani hava hareketleri ile İHA tarafından oluşturulan sirkülasyonun damlaların hedef yüzeye ulaşmaları sırasında hava da veya hedef yüzeyde birleşerek büyük VMD değerlerine neden olduğu düşünülmektedir.

BP uygulamaları ile karşılaştırıldığında penetrasyonun BP uygulamalarında VMD değerlerinin kullanılan meme tipi ile püskürtme basıncı ile püskürtme mesafesine bağlı olarak daha büyük olması nedeniyle iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Ancak BP ile bağ omcalarına yan yüzeylerinden yapılan uygulamalarda omcaların yan taraflarında daha yoğun yaprak olacağı ve bu yaprakların damlaların iç bölgelere ilerlemelerine engel teşkil edeceği düşüncesi ile penetrasyon değerlerinin azalabileceği söylenebilir. Ayrıca BP uygulamalarında kullanılan pestisit, enerji, zaman gibi girdilerin İHA ile yapılan uygulamalara göre daha fazla olacağı da unutulmamalıdır.

Sonuç olarak İHA ve BP ile yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlara göre İHA uygulamalarda R1<sub>SA</sub> ve R2<sub>SÜ</sub> rotaları için püskürtme yüksekliğinin PY1 (2.5 m) olduğu uygulamalar öncelikle tercih edilmesi gereken uygulama şartları olarak uygun olacağı düşünülmektedir.

Günümüzde teknolojinin geliştiği göz önüne alındığında çalışmada kullanılan İHA ile meme tipinde teknolojiye uygun olarak gelişmelerin devam edeceği unutulmamalıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde bu çalışmanın sonuçları yeni geliştirilen ve geliştirilecek olan İHA ile meme tiplerinde pestisit uygulamalarının başarısına direkt etkili olacak püskürtme basıncı, püskürtme basıncı, püskürtme hızı, hacimsel ortalama damla çapı, norm gibi pülverizasyon karakteristikleri de farklı değerlerde olacaktır. Özellikle İHA'larda depo kapasitelerinin artırılması ile birlikte iş genişliklerinin artacağı yaklaşımı ile püskürtme yüksekliklerinin de değişebileceği söylenebilir. Bu açıklamaların ışığında İHA ile pestisit uygulamalarında yeni araştırmaların yapılması gerekliliği güncelliğini sürekli koruyacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M., et al. (2016). “İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları.”, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1): 104-118
- Akkaş, Ö., (2023). Pülverizatörlerde Traktör Sürücüsü Üzerinde Pestisit Kalıntısı Miktarı Üzerine Bir Araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. Samsun.
- Anonim. (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu Tarım İlaçları Alt Komisyonu Raporu, 153 sayfa. DPT:2591-ÖİK:603. Ankara.
- Arjun Upadhyay a, Sunil G C a, Yu Zhang a, Cengiz Koparan a,b, Xin Sun. 2024. Development and evaluation of a machine vision and deep learning-based smart sprayer system for site-specific weed management in row crops: An edge computing approach. *Journal of Agriculture and Food Research*. 18 (2024). 101331.
- Baltazar, A. R., Santos F.N. D., Moreira, A. P., Valente, A., and Cunha, j. B.2021. Smarter Robotic Sprayer System for Precision Agriculture. *Electronics* 2021, 10, 2061.
- Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S. (2021). Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(1), 38-49.
- Chen, P., Ouyang, F., Wang, G., Qi, H., Xu, W., Yang, W., ... & Lan, Y. (2021). Droplet distributions in cotton harvest aid applications vary with the interactions among the unmanned aerial vehicle spraying parameters. *Industrial Crops and Products*, 163, 113324.
- Chojnacki, J., Pachuta, A. (2021). Impact of the parameters of spraying with a small unmanned aerial vehicle on the distribution of liquid on young cherry trees. *Agriculture*, 11(11): 1094.
- Çelen, I. H., Önler, E., & Özyurt, H. B. (2020). Drone Technology In Precision Agriculture. *Engineering Sciences*, 121.
- Çelik, N., (2000). *Tarımda Girdi Kullanımı ve Verimliğe Etkileri*. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, No: 2521, Ankara.
- Çetin, M., Duran, H., Taner, A., (2022). Pesticide Application Techniques In Precision Agriculture. Proceedings of the XIII International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2022”. 687-695
- Derksen, R.C., Coffman, C.W., Jang, C. and Gulyas, S.W. (1999). Influence of hooded and air-assist vineyard applications on plant and worker protection. *Transactions of the ASAE*, 42(1):31-36.
- Duran, H., (2002). Samsun İlinde Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Ot İlaçlama Tekniklerinin İyileştirilmesi Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. Samsun.
- Gubiani, R., Pergher, G. and Zucchiatti, N. (1997). *Efficient spraying of vineyards*. *Informatore-Agrario*, 53(15): 79-86.
- Güler M., Kara T., (2005). Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir Bakış. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 2005,20(3):110-117, J. of Fac. of Agric., OMU, 2005,20(3):110-117
- Irfan, M., Ahmad, F., Kahliq, A., Awais, M., Hamid, S. (2021). Uav Sprayers Use For Mango Orchards Spraying To Control The Environmental Pollution. *In Book of Abstracts* (p. 295).

- Jeon, H., Y., Zhu, H., Derksen, R., C., Ozkan, H., E., Krause, C., R., Fox, R., D., (2011). Performance Evaluation Of A Newly Developed Variable-Rate Sprayer For Nursery Liner Applications. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 54(6): 1997-2007.
- Li, X., Giles, D.K., Niederholzer, F.J., Andaloro, J.T., Lang, E.B., Watson, L.J., (2021). Evaluation of an unmanned aerial vehicle as a new method of pesticide application for almond crop protection. *Pest Management Science*, 77(1): 527–537.
- Manktelow, D.W. and Praat, J.P. (2000). Spray deposit variability in new zealand winegrape canopies and implications for agrichemical application practices. *New Zealand Plant Protection*, 53, 235-240.
- Mohammed, R., (2023). Sırt Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Operatörlerin Pestisitlere Maruziyeti. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. Samsun.
- Özguven, M. M. (2018). Hassas tarım. *Akfon Yayınları*.
- Özyurt, H., B., Duran, H., Çelen, İ., H., (2022) Determination of the Application Parameters of Spraying Drones for Crop Production in Hazelnut Orchards. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty Research Article*.
- Planas, S., Solanellas, F. and Fillat, A. (2002). Assesment of recycling tunnel sprayers in mediterranean vineyards and apple orchards. *Biosystems Engineering*, 82(1): 45-52.
- Ribeiro L.F.O. and Vitória, E. L. 2023. Impact of Application Rate and Spray Nozzle on Droplet Distribution on Watermelon Crops Using an Unmanned Aerial Vehicle. *Agriculture* 2024, 14, 1351.
- Sarghini, F., Visacki, V., Sedlar, A., Crimaldi, M., Cristiano, V., & de Vivo, A. (2019). First measurements of spray deposition obtained from UAV spray application technique. *In 2019 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor) (pp. 58-61)*. IEEE.
- Sebbane, Y. B. (2018). Intelligent autonomy of uavs, advanced missions and future use. *CRC Press Taylor & Francis Group*.
- Tunca, E., Köksal, E. S., Çetin, S., Ekiz, N. M., Balde, H. (2018). Yield and leaf area index estimations for sunflower plants using unmanned aerial vehicle images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11), 682.
- Turgut, E., (2021). Farklı Hava Emişli Meme Tiplerinin Bazı Pülverizasyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. Samsun.
- Uluğ, E. (1989). Manisa ve Civarındaki Bağlarda Görülen Yabancı Otlar, Fenolojileri, Yayılış Alanları ve Mücadele İmkanları Üzerinde Araştırmalar. *Adana Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*.
- Urkan, E., (2005). Bir Hidrolik Bağ Pülverizatöründe Damla Büyüklüğünün Sürüklenme Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*. İzmir.
- Wang, G., Lan, Y., Qi, H., Chen, P., Hewitt, A., & Han, Y. (2019). Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. *Pest management science*, 75(6), 1546-1555.
- Yao W X, Lan Y B, Wen S, et al., (2019). Evaluation of droplet deposition and effect of variable-rate application by a manned helicopter with AG-NAV Guía system. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, 2019; 12(1): 172–178. doi: 10.25165/j.ijabe.20191201.4039.

- Yao W. X., Guo S., Yu F., Du W., Meng Y., Wang J., Chen., Li X., Xu T., Lan Y., (2021), Droplet deposition and spatial drift distribution characteristics of aerial spraying based on the determination of effective swath *Int J Precis Agric Aviat Open Access at <https://www.ijpaa.org>*
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karlı, F., Gökalp, E., (2013). *İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, KTÜ, Trabzon.
- Zaman, Q., U., Schumann, A., W., Miller, W., M., (2005). *Variable Rate Nitrogen Application In Florida Citrus Based On Ultrasonically-Sensed Tree Size. American Society of Agricultural Engineers*, 21(3): 331–335.
- Zhang, P., Zhang, W., Sun, H. T., He, F. G., Fu, H. B., Qi, L. Q., ... & Liu, J. S. (2021). Effects of Spray Parameters on the Effective Spray Width of Single-Rotor Drone in Sugarcane Plant Protection. *Sugar Tech*, 23(2), 308-315.
- Zhang, X. Q., Song, X. P., Liang, Y. J., Qin, Z. Q., Zhang, B. Q., Wei, J. J., ... & Wu, J. M. (2020). Effects of spray parameters of drone on the droplet deposition in sugarcane canopy. *Sugar Tech*, 22(4), 583-588.

## ÖZ GEÇMİŞ

Meltem ÇETİN, Layika Akbilek Anadolu Kız Teknik ve Meslek Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nden 2021 yılında Ziraat Mühendisi olarak Mezun oldu. 2021 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden sonra Ziraat Mühendisi olarak özel sektörde görev yapmıştır. Orta derecede İngilizce bilmektedir.



## 5. EKLER

EK1: İHA Analiz Tablosu

ROTA	PÜSKÜRTME YÜKS.	BÖLGE	TEKERRÜR	DV5	KO	DS
ROTA 1	2,5	X1	1	195	0,88	131
ROTA 1	2,5	X2	1	173	0,53	134
ROTA 1	2,5	X3	1	176	0,61	113
ROTA 1	2,5	Y1	1	178	1,46	120
ROTA 1	2,5	Y2	1	155	0,49	112
ROTA 1	2,5	Y3	1	189	0,93	121
ROTA 1	2,5	Z1	1	155	0,79	101
ROTA 1	2,5	Z2	1	191	0,8	112
ROTA 1	2,5	Z3	1	195	0,61	115
ROTA 1	2,5	X1	2	181	0,85	162
ROTA 1	2,5	X2	2	200	0,74	150
ROTA 1	2,5	X3	2	239	0,92	112
ROTA 1	2,5	Y1	2	228	0,77	106
ROTA 1	2,5	Y2	2	150	0,62	114
ROTA 1	2,5	Y3	2	160	0,8	116
ROTA 1	2,5	Z1	2	145	0,65	91
ROTA 1	2,5	Z2	2	186	0,68	95
ROTA 1	2,5	Z3	2	191	0,66	120
ROTA 1	2,5	X1	3	230	1,78	205
ROTA 1	2,5	X2	3	192	0,79	147
ROTA 1	2,5	X3	3	235	0,78	169
ROTA 1	2,5	Y1	3	215	1,21	151
ROTA 1	2,5	Y2	3	211	1,3	133
ROTA 1	2,5	Y3	3	177	0,38	157
ROTA 1	2,5	Z1	3	130	0,61	87
ROTA 1	2,5	Z2	3	141	0,34	102
ROTA 1	2,5	Z3	3	179	0,4	132
ROTA 1	3	X1	1	314	0,85	152
ROTA 1	3	X2	1	231	0,79	162
ROTA 1	3	X3	1	200	0,71	237
ROTA 1	3	Y1	1	173	0,45	157
ROTA 1	3	Y2	1	247	0,54	158
ROTA 1	3	Y3	1	243	0,48	145
ROTA 1	3	Z1	1	173	0,51	113
ROTA 1	3	Z2	1	194	0,43	136
ROTA 1	3	Z3	1	176	0,78	146
ROTA 1	3	X1	2	266	0,69	147
ROTA 1	3	X2	2	201	0,57	129
ROTA 1	3	X3	2	189	0,35	164
ROTA 1	3	Y1	2	155	0,45	126
ROTA 1	3	Y2	2	212	0,51	137
ROTA 1	3	Y3	2	200	0,86	198

ROTA 1	3	Z1	2	153	0,35	125
ROTA 1	3	Z2	2	212	0,21	121
ROTA 1	3	Z3	2	192	0,25	127
ROTA 1	3	X1	3	239	0,75	169
ROTA 1	3	X2	3	187	0,56	167
ROTA 1	3	X3	3	199	0,45	210
ROTA 1	3	Y1	3	143	0,38	165
ROTA 1	3	Y2	3	282	0,33	182
ROTA 1	3	Y3	3	165	0,66	174
ROTA 1	3	Z1	3	196	0,35	89
ROTA 1	3	Z2	3	130	0,28	108
ROTA 1	3	Z3	3	124	0,32	112
ROTA 2	2,5	X1	1	256	1,44	149
ROTA 2	2,5	X2	1	241	1,03	249
ROTA 2	2,5	X3	1	240	0,52	198
ROTA 2	2,5	Y1	1	264	1,01	174
ROTA 2	2,5	Y2	1	234	0,98	162
ROTA 2	2,5	Y3	1	186	1,03	153
ROTA 2	2,5	Z1	1	201	1,15	130
ROTA 2	2,5	Z2	1	162	0,97	111
ROTA 2	2,5	Z3	1	174	0,69	176
ROTA 2	2,5	X1	2	250	0,96	147
ROTA 2	2,5	X2	2	150	0,57	205
ROTA 2	2,5	X3	2	247	0,64	162
ROTA 2	2,5	Y1	2	254	0,47	137
ROTA 2	2,5	Y2	2	192	0,74	118
ROTA 2	2,5	Y3	2	149	0,38	165
ROTA 2	2,5	Z1	2	182	1,21	162
ROTA 2	2,5	Z2	2	139	0,38	172
ROTA 2	2,5	Z3	2	136	0,27	116
ROTA 2	2,5	X1	3	278	0,79	104
ROTA 2	2,5	X2	3	196	0,8	227
ROTA 2	2,5	X3	3	202	0,42	135
ROTA 2	2,5	Y1	3	249	0,53	109
ROTA 2	2,5	Y2	3	248	1,11	129
ROTA 2	2,5	Y3	3	149	0,49	111
ROTA 2	2,5	Z1	3	226	0,63	125
ROTA 2	2,5	Z2	3	125	0,49	160
ROTA 2	2,5	Z3	3	162	0,34	205
ROTA 2	3	X1	1	183	0,57	135
ROTA 2	3	X2	1	255	0,79	87
ROTA 2	3	X3	1	121	0,67	127
ROTA 2	3	Y1	1	109	0,48	91
ROTA 2	3	Y2	1	164	0,46	94
ROTA 2	3	Y3	1	230	0,51	84
ROTA 2	3	Z1	1	193	1,01	93
ROTA 2	3	Z2	1	187	0,81	81
ROTA 2	3	Z3	1	137	0,64	96

ROTA 2	3	X1	2	151	0,76	141
ROTA 2	3	X2	2	209	1,56	126
ROTA 2	3	X3	2	143	0,54	139
ROTA 2	3	Y1	2	129	0,69	104
ROTA 2	3	Y2	2	145	0,88	86
ROTA 2	3	Y3	2	239	0,97	76
ROTA 2	3	Z1	2	197	0,52	82
ROTA 2	3	Z2	2	191	0,47	97
ROTA 2	3	Z3	2	131	0,23	80
ROTA 2	3	X1	3	260	0,97	102
ROTA 2	3	X2	3	273	0,83	109
ROTA 2	3	X3	3	118	0,41	107
ROTA 2	3	Y1	3	104	0,41	89
ROTA 2	3	Y2	3	157	0,5	61
ROTA 2	3	Y3	3	252	0,61	87
ROTA 2	3	Z1	3	182	0,42	91
ROTA 2	3	Z2	3	174	0,24	66
ROTA 2	3	Z3	3	112	0,49	71

X1: Üst Merkez	Y1: Orta Merkez	Z1: Alt Merkez
X2: Üst Orta	Y2: Orta Orta	Z2: Alt Orta
X3: Üst Dış	Y3: Orta Dış	Z3: Alt Dış

## EK2: Bahçe Pülverizatörü Analiz Tablosu

ROTA	BÖLGE	TEKERRÜR	DV5	KO	DS
ROTA 1	X1	1	224	16,69	241
ROTA 1	X2	1	319	20,31	270
ROTA 1	X3	1	401	23,25	299
ROTA 1	Y1	1	285	14,21	230
ROTA 1	Y2	1	294	15,39	248
ROTA 1	Y3	1	315	17,28	261
ROTA 1	Z1	1	270	12,45	219
ROTA 1	Z2	1	285	13,54	231
ROTA 1	Z3	1	291	16,89	271
ROTA 1	X1	2	235	17,71	252
ROTA 1	X2	2	325	21,54	283
ROTA 1	X3	2	356	24,69	278
ROTA 1	Y1	2	275	15,62	238
ROTA 1	Y2	2	284	16,89	241
ROTA 1	Y3	2	302	18,45	267
ROTA 1	Z1	2	261	13,68	214
ROTA 1	Z2	2	278	15,74	222
ROTA 1	Z3	2	294	17,63	247
ROTA 1	X1	3	343	20,04	298
ROTA 1	X2	3	351	24,23	314
ROTA 1	X3	3	368	25,2	327
ROTA 1	Y1	3	312	19,44	271
ROTA 1	Y2	3	321	21,23	277
ROTA 1	Y3	3	356	24,45	296
ROTA 1	Z1	3	304	16,56	243
ROTA 1	Z2	3	325	18,69	264
ROTA 1	Z3	3	332	21,36	287

X1 : ÜST MERKEZ  
X2 : ÜST ORTA  
X3 : ÜST DIŞ

Y1 : Orta Merkez  
Y2 : Orta Orta  
Y3 : Orta Dış

Z1 Alt Merkez  
Z2 : Alt Orta  
Z3 :Alt Dış