

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL İLAÇLAMADA OPTİMİZE EDİLMİŞ GEOMETRİDE
SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: Yunus ÖZKAN
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY

VAN-2019

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL İLAÇLAMADA OPTİMİZE EDİLMİŞ GEOMETRİDE
SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: Yunus ÖZKAN

VAN-2019

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 27 / 11 / 2019

Tez Başlığı / Konusu:

**BİTKİSEL İLAÇLAMADA OPTİMİZE EDİLMİŞ GEOMETRİDE
SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 54 sayfalık kısmına ilişkin, 27 / 11 / 2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TurnitIn intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10 (on) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayımlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; intihalin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza
27.11.2019
Yunus ÖZKAN

Adı Soyadı: Yunus ÖZKAN

Öğrenci No: 159101131

Anabilim Dalı: Biyosistem Mühendisliği

Programı: Tarımsal Makine Sistemleri

Statüsü: Y. Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR


Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY
(Unvan, Ad Soyad, İmza)


FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UYGUNDUR
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



(İmza)

Yunus ÖZKAN

ÖZET

BİTKİSEL İLAÇLAMADA OPTİMİZE EDİLMİŞ GEOMETRİDE SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZKAN, Yunus

Yüksek Lisans Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY

Kasım 2019, 57 sayfa

Tarım küresel bazda gelişmekte olan büyük ve ciddi bir sektördür. Tarımda önemli bir diğer başlık ise ilaçlamadır. Sprey uygulama teknolojilerinin amaçlarından biri, bitkisel üretimi iyileştirmede zararlı seviyesini azaltmak için doğru zamanda doğru uygulama ile doğru miktarda pestisit kullanılmasıdır. Bunun için kullanılan nozulun atomizasyon karakteristiklerini ve bu karakteristiklere etki eden faktörlerin iyi bir şekilde saptanması gereklidir. Bu çalışmada, klasik ilaçlama ünitelerinde bulunan ve tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaca yönelik, sistemde sabit ilaçlama hızı ve spreyleme açısı için; üç farklı nozul-yüzey mesafesi (70cm,85cm,100cm), üç farklı çalışma basıncı (6bar, 8bar, 10 bar) ve üç farklı nozul çapı (0,85mm, 1,10mm, 1,50mm) akış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneyler herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyler sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır. Genel olarak, aynı nozul çapı ve spreyleme mesafesinde; atomizasyon basıncı artarken karakteristik damla çapları küçülmüş ve homojenite katsayısı iyileşmiştir. Aynı spreyleme basıncı ve spreyleme mesafesi için nozul çapları karşılaştırıldığında; nozul çapı arttıkça damlacık çapının arttığı ve homojenite değerinin kötüleştiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Atomizasyon, Bitkisel ilaçlama, Damlacık çapı, Sprey karakteristikleri.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SPRAY CHARACTERISTICS WITH OPTIMIZED GEOMETRY IN HERBAL PESTICIDE

ÖZKAN, Yunus

M.Sc. Thesis, Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Altuğ KARABEY

November 2019, 57 pages

Agriculture is a large and serious sector developing on a global basis. Another important topic in agriculture is disinfection. One of the objectives of spray application technologies is to use the right amount of pesticides at the right time and the right amount of pesticides to reduce the level of pests in improving crop production. For this, it is necessary to determine the atomization characteristics of the nozzle used and the factors affecting these characteristics.

In this study, the effects of flow parameters of drop cone atomizer on droplet diameter of single conical atomizer in conventional spraying units were investigated. For this purpose, for constant spraying speed and spraying angle in the system; three different nozzle-surface distances (70cm, 85cm, 100cm), three different working pressure (6bar, 8bar, 10bar) and three different nozzle diameters (0.85mm, 1.10mm, 1.50mm) were determined as flow parameters. The experiments were carried out in duplicate at different times considering the possibility of any error, and the results obtained on the water sensitive paper were processed and the volumetric diameter and homogeneity values were obtained. In order to examine the effect of the parameters on the obtained values, graphs were drawn and interpreted. In general, the same nozzle diameter and spray distance; As the atomization pressure increased, the characteristic drop diameters were reduced and the homogeneity coefficient improved. Comparing nozzle diameters for the same spraying pressure and spraying distance; It was observed that the diameter of the droplet increased with increasing nozzle diameter and the homogeneity value deteriorated.

Keywords: Atomization, Droplet diameter, Herbal pesticide, Impinging jet, Spray characteristics



ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimimin devamı, tezimin belirlenmesi, deney çalışmalarının yürütülmesi ve tamamlanması aşamalarında yardımlarını ve yapıcı görüşlerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Altuğ KARABEY'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamdaki laboratuvar destekleri ve katkılarından dolayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Makine Mühendisliği değerli hocalarına, deney tasarımında bilgilerine başvurduğum Sayın Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'ya ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Faruk YEŞİLDAL'a teşekkür ederim. Tez çalışmam esnasında bana destek olan Sayın Mehmet TANIŞ'a, Sayın Boğaziçi Mühendislik Ailesi'ne, Sayın Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ'ye teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Son olarak, yalnızca yüksek lisans tezimin hazırlanması aşamasında değil başarıyla sonuçlandırabildiğim her işte sınırsız manevi desteğini yanımda hissettiğim sevgili eşime şükran duygularımı sunarım.

2019

Yunus ÖZKAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖN SÖZ.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Deney düzeneği	13
3.1.2. Sistem	14
3.1.2.1. Hidrolik pompa.....	15
3.1.2.2. Akışkan tankı	16
3.1.2.3. Taşıyıcı sistem	17
3.1.2.4. Debiölçer	18
3.1.2.5. Otomatik kontrol panosu	18
3.1.2.6. Nozullar	19
3.1.2.7. Bağlantı boruları ve hortumlar	20
3.1.2.8. Karıştırıcı motor	21
3.1.2.9. Mesafe sensörleri.....	21
3.1.2.10. Redüktörlü yürüyüş motoru.....	22
3.1.2.10. Açık/kapalı düğmesi (switch).....	23
3.1.2.11. Suya duyarlı kağıtlar.....	23
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. İlaçlama sisteminin kurulması ve atomizasyonun yapılması.....	24
3.2.2. Deney planı	24
3.2.3. Püskürtme ünitelerinin kalibrasyonu.....	26
3.2.3.1. Nozul debilerinin belirlenmesi	26
3.2.3.2. İlaç normunun belirlenmesi	26

	Sayfa
3.2.3.3. İlerleme hızının belirlenmesi	27
3.2.4. Meteorolojik koşullar.....	27
3.2.5. Damla çaplarının belirlenmesi	27
3.2.6. Deneysel verilerin karakteristik hesaplamalarda kullanılması	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	35
5. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZ GEÇMİŞ.....	59



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmaya ait deney planlaması.....	25
Çizelge 3.2. Yayılma Faktörü.....	27
Çizelge 4.1. Çalışmada incelenen parametreler ve değerleri.....	35
Çizelge 4.7. Nozul çapı esas alınarak hesap edilen Nusselt sayına göre yapılan optimizasyon ve optimum değerler.....	45



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Deney düzeneğinin görünüşü.	14
Şekil 3.2. Hidrolik pompa.....	15
Şekil 3.3. Kimyasal ilaçlı su deposu.....	16
Şekil 3.4. Taşıyıcı sistem.....	17
Şekil 3.5. Debi ölçer.	18
Şekil 3.6. Otomatik kontrol panosu.....	19
Şekil 3.7. Nozullar.....	20
Şekil 3.8. Bağlantı boruları ve hortumlar.	20
Şekil 3.9. Karıştırıcı motor.	21
Şekil 3.10. Mesafe sensörleri.....	22
Şekil 3.11. Redüktörlü yürüyüş motoru.	22
Şekil 3.12. Açık/kapalı düğmesi (switch).....	23
Şekil 3.13. Suyu duyarlı kağıt.....	23
Şekil 4.1. 1. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	36
Şekil 4.2. 2. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	37
Şekil 4.3. 3. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	37
Şekil 4.4. 4. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	37
Şekil 4.5. 5. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	37
Şekil 4.6. 6. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	38
Şekil 4.7. 7. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	38
Şekil 4.8. 8. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	38

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. 9. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	38
Şekil 4.10. 10. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	39
Şekil 4.11. 11. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	39
Şekil 4.12. 12. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	39
Şekil 4.13. 13. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	39
Şekil 4.14. 14. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	40
Şekil 4.15. 15. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	40
Şekil 4.16. 16. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	40
Şekil 4.17. 17. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	40
Şekil 4.18. 18. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	41
Şekil 4.19. 19. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	41
Şekil 4.20. 20. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	41
Şekil 4.21. 21. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	41
Şekil 4.22. 22. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	42
Şekil 4.23. 23. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	42
Şekil 4.24. 24. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	42
Şekil 4.25. 25. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	42
Şekil 4.26. 26. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	43
Şekil 4.27. 27. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.	43
Şekil 4.28. $d=0.85\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.....	47
Şekil 4.29. $d=1.10\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.....	47

Şekil	Sayfa
Şekil 4.30. $d=1.50\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.....	48
Şekil 4.31. $d=0.85\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.....	48
Şekil 4.32. $d=1.10\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.....	49
Şekil 4.33. $d=1.50\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.....	49
Şekil 4.34. $x=70\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.	50
Şekil 4.35. $x=85\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.	50
Şekil 4.36. $x=100\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.	51



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur

Simgeler	Açıklama
A	Alan (m^2)
b	Kanat Genişliği (m)
F	Şekil Faktörü
h_k	Kanat Yüksekliği (m)
H/D	Nozul-Hedef Yüzey Arası Mesafe (m)
I	Sisteme Verilen Akım (A)
L	Test Elemanı Uzunluğu (m)
d	Ortalama Damlacık Çapı (μm)
\dot{m}	Kütleli Debi (kg/s)
N	İlaç Normu (l/ha)
n	Damlacık Sayısı
ΔP	Basınç Düşümü (Pa)
D	Lüle Dış Çapı
d	Lüle İç Çapı
Re	Reynolds Sayısı
r	Homojenlik Katsayısı
R	Yayılm Faktörü
t	Kanat Kalınlığı (m)
T_g	Giriş Sıcaklığı ($^{\circ}K$)
$T_{\check{c}}$	Çıkış Sıcaklığı ($^{\circ}K$)
T_{ort}	Ortalama Akışkan Sıcaklığı ($^{\circ}K$)
T_y	Test Elemanı Yüzey Sıcaklığı ($^{\circ}K$)
T_{KIMO}	Cihaz Tarafından Ölçülen Ortam Sıcaklığı ($^{\circ}K$)
V	İlerleme Hızı (km/h)
Q	Toplam Debi (l/min)

W	Genişlik (m)
U_{ort}	Lüle ıkışındaki Jet Ortalama Hızı (m/s)
U₀	Lüle ıkışında Jet Eksenindeki Maksimum Hız (m/s)
μ	Akışkanın Dinamik Viskozitesi (kg/ms)
ρ	Akışkanın Yoğunluğu (kg/m ³)
v	Akışkanın Kinematik Viskozitesi (m ² /s)

Kısaltmalar

Açıklama

ık	ıkış
ff	serbest akış
gir	giriş
ort	ortalama
top	toplam
y	yüzey

1. GİRİŞ

Elma (*Malus domestica Borkh.*) uzun yıllardan beri yetiştirilen ılıman iklim meyvelerinden biridir ve milattan birkaç yüzyıl öncesinden beri kültürü yapılmaktadır (Burak ve ark., 1994; Anonymous, 2012). Elma, Rosaceae familyasından *Malus* cinsine ait bir türdür. Ülkemiz sahip olduğu iklim bakımından pek çok sebze ve meyve türünün yetiştirilebildiği bir ekolojiye sahiptir. İliman iklim meyvelerinden olan elma ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştirilmektedir. Elma, üretim bakımından yumuşak çekirdekli meyve türleri içinde ilk sırada yer almaktadır. Bugün dünyadaki elma çeşitlerinin sayısı 10000'i aşmış olup, Türkiye'de bu sayı 500 çeşit civarındadır (Özongun ve Ark., 2014; Coşkun ve Ark., 2016).

Elma, ülkemizde uzun yıllardan beri yetiştiriciliği yapılan, üretim ve alan bakımından öteki ılıman iklim meyvelerinin başında gelen bir meyve türüdür. Kuzey Anadolu, Karadeniz Kıyı Bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri ile son yıllarda Van Gölü ve etrafı, elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır. Dünya elma üretimi son yıllarda 75 milyon tona yaklaşmıştır. Dünyanın en fazla elma üreten ülkesi, yaklaşık 30 milyon ton ile Çin'dir. Daha sonra ABD ve Türkiye gelmektedir. Dünya elma üretimi içerisinde Türkiye'nin payı yaklaşık % 3-4 civarındadır.

Elma, soğuk-ılıman iklim meyvesidir. Genellikle dünyada 30°-50° enlemlerinde yetişmektedir. Türkiye'de Ege Bölgesi'nde 500 metre, Akdeniz ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin sıcak ve kurak yerlerindeki 800 metreden daha yukarı yerler yetiştiricilik için uygundur. Yüksek ışınım değeri ve güneşlenme süreleri elmada renk oluşumu sağlamada gereklidir. Elma ağacı düşük sıcaklıkların olduğu sert kışlara dayanıklıdır. Kış dinlenmesi sırasında odun kısımları -35°C ile -40°C'a, açmış çiçekler -2.2°C ile -2.3°C ve küçük meyveler ise -1.1°C ile -2.2°C'a dayanırlar.

Elma kış dinlenmesine en fazla ihtiyaç duyan meyve türüdür. Yapılan denemelerde elmaların soğuklama ihtiyacını karşılayabilmesi için +7.2°C'nin altında çeşitlere bağlı olarak 2300-3500 saat kalması gerekir. Yetersiz soğuklama sonucu çiçeklerin bir kısmı ölür, geriye kalan çiçeklerin açılması da normale göre hem daha geç hem de düzensiz olur. Böylece geç açan çiçekler döllenme yetersizliği nedeniyle

dökülür. Soğuklamasını giderememiş elma ağaçlarında yaprak gözleri sürmez ve ağaç çıplak kalır. Elma yüksek yaz mevsimi sıcaklıklarından da hoşlanmaz. Sıcaklık 40°C'nin üzerine çıktığı zaman büyüme durur, daha yüksek sıcaklıklarda ise zararlanma görülmeye başlar.

Tüketiciler meyve veya sebze alırken; ürünlerin fiziksel görünüşüne, kokusuna, tadına ve raf ömrüne bakarak kalitesi hakkında bilgi edinip satın almaya karar verirler. Meyve ve sebzelere ait kalite göstergeleri tüketiciyi sürekli müşteri haline getirmek için oldukça önemlidir. Ürünlerin kalite parametrelerini; renk, sululuk oranı, tatlılık, lezzet, tat/lezzet dengesi, ürünün büyüklüğü/küçüklüğü ve tüketim ömrü etkilemektedir. Ürünlerin hasat sonrası kalitesi ise ürünün yetiştiği yerdeki gelişim sürecinde saptanır. Belirli bir bölge içerisindeki ürünün yetişmesine en uygun alanın belirlenmesi kalite sürecinin başlangıcıdır. Uygun alan seçiminden sonra başlayan büyüme süreci ve bitkinin genetik yapısı, ürünün gelişiminde kritik öneme sahiptir. Meyveler üzerinde bulunan hücre duvarları önemli bir fiziksel kalkan olmasına rağmen birçok mikroorganizma hücre duvarında bulunan pektin ve hemiselüloz gibi yapı elementlerini parçalayarak enzim üretme kabiliyetine sahiptirler. Özellikle mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler ile bu yapılar daha hızlı ve kolay parçalanmaktadır (Lahlali ve ark., 2004; Cantu ve ark., 2008; Demirdöven ve Baysal, 2008). Bu aşamada gerçekleşecek fiziksel bir hasar, hastalık etmeninin daha hızlı ilerlemesine sebep olacaktır.

Tarım küresel bazda gelişmekte olan büyük ve ciddi bir sektördür. Ekonomik ve sosyal alanda meydana gelen gelişmeler göz önüne alındığında, geçmişten geleceğe doğru büyüyen en önemli sektör tarımdır. İnsanlar hayatlarını sürdürebilmeleri için su ve hava kadar gerekli madde gıdadır. İnsanlar dengeli beslenemezse, sağlıklı nesillerin yetişmesi olanaksız olur. Dünya-Gıda ve Tarım Örgütü kaynaklarına göre 2050 yılına dek dünya nüfusunun dokuz milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünya, gelecekte daha kalabalıklaşacak ve gıda ihtiyacı günümüzden daha fazla olacaktır. Tarımda önemli bir diğer başlık ise ilaçlamadır. Yıllık %30-40 civarında ürünlerin kaybına neden olan hastalık, yabancı otlar ve bitki hastalığı ile mücadelede, ilaçlara alternatif mücadele yöntemleri kullanılsa dahi, ilaçlama ihtiyacı yok sanılacak kadar az değildir. Tarım ilacı kullanılmadan sadece doğal tedbirlerle organizmalarla mücadele yapılabilmesi arzu

edilse de bu pek mümkün olmamaktadır. Bu şartlarda tarım ilacı kullanılacaksa ve kullanılması kaçınılmazsa bunu en aza indirmek gerekir.

Dünyanın en büyük sorunlarından biri hızla artan nüfus yoğunluğudur. FAO yayınladığı raporda her yıl 15-20 milyon ton gıda maddesine ihtiyaç vardır. Yüzölçümünün sınırlı olduğu dünyada bu ihtiyacı karşılamak için yeterli tarım alanları bulunmamaktadır. Elde bulunan alanlardan ise yeterli miktarda üretimin elde edilmesi için de tarım ilaçlarının kullanılması vazgeçilmeyecek kadar ihtiyaçtır. Dünya genelinde kullanılan tarım ilacı 3 milyon ton civarında olup, senelik satış 25-30 milyar dolar kadardır (Dağ ve ark., 2000).

Dünya nüfusunun hızla arttığı göz önüne alınırsa, tarımda üretim alanlarından yüksek verimler elde edilmek istenmesi kaçınılmazdır. Kaliteli ve daha fazla ürün alabilmek için, teknikler ve üretim girdileri kullanılması gerekir. En büyük üretim girdisi kuşkusuz tarımsal mücadeleyle olur. Bu mücadelede de kimyasal mücadele diğer yöntemlere göre tercih edilmelidir (Günel ve ark., 2006).

Her yıl dünya çapında 2.2 milyar kg'dan fazla pestisit kullanılmaktadır. Geleneksel atomizasyon yöntemleri nedeniyle toprağa karışarak çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bitkisel ilaçlama ürünleri tehlikeli kimyasallardır. Çevre kirliliğini önlemek ve maliyetten tasarruf sağlamak için en yüksek verimle tarla koşullarına uygulanmalıdır. Sprey uygulama teknolojilerinin asıl amacı, bitkisel üretimi iyileştirmek için ekonomik eşğin altında zararlı seviyesini azaltmada doğru zamanda doğru uygulama ile doğru miktarda pestisit kullanılmalıdır (Hassen ve ark., 2014).

Pülverizatörlerle yapılan tarımsal savaşta en önemli noktalardan biri atomizasyonun istenilen değerler içerisinde gerçekleşip gerçekleşmediğinin saptanmasıdır. Bunun için kullanılan aletin atomizasyon karakteristiklerini ve bu karakteristiklere etkili faktörlerin iyi bir şekilde saptanması gereklidir. Kimyasal uygulamalarda, bitki ve iklim koşulları, ilaç normu, ilaçlama zamanı, damla çapı büyüklüğü, karışımın formülasyonu ve yüzey kaplama oranı etkilidir (Çelen ve ark., 2007).

Hasat öncesi ve hasat sonrası ürün kayıplarının en aza indirgenmesi amacıyla yapılan tarımsal mücadele uygulamaları; kimyasal mücadele, biyolojik ve biyoteknik mücadele, fiziksel ve mekanik mücadele, kültürel önlemler, tahmin ve erken uyarı, karantina ve sertifikasyon önlemlerini kapsamaktadır. Ancak hastalık, zararlı ve yabancı

otlarla mücadelede gerek uygulama kolaylığı ve gerekse etkisinin kısa zamanda görülmesi nedeniyle kimyasal mücadele yöntemi diğerlerine göre tercih edilmektedir (Matthews, 1979; Yağcıoğlu, 1993).

Kimyasal mücadelede ilaçlama maliyetlerini azaltırken ilaçlama etkinliğini artırmak, büyük ölçüde amaca uygun pülverizatör ve ilaçlama yöntemi seçimine bağlı olmaktadır. İlaçlama uygulamalarında hedef bölgede tutunan ilaç miktarı bitki, çevre, ilaçlama ünitesi ve pestisit formülasyonu arasındaki etkileşime bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle, bazı zararlı ve hastalık etmenleri ile mücadelede ilacın yaprak altına ulaştırılması önem arz etmektedir. İlaçlama üniteleri, bitki yüzeylerindeki ilaç tutunması ve yüzey kaplamaya doğrudan etki etmektedir. Bu nedenle, bitki yüzeylerinde optimum kaplamayı sağlayacak ilaçlama ünitesinin seçilmesi önem taşımaktadır (Sumner ve ark., 2000).

Kimyasal mücadelenin başarısı ilaçlama sistemini oluşturan bütün elemanların görevini tam olarak yerine getirmeleriyle yakından ilişkilidir. İlaçlama tekniğinin büyük ölçüde atomizerler tarafından oluşturulan atomizasyonun kalitesine bağlı olması, atomizerlerin hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesinde oldukça önemli bir yere sahip olmasına neden olmaktadır (Ozkan ve ark., 1992).

Püskürtme memelerinin görevi, ilacı olabildiğince aynı büyüklükte damlalar halinde hedef yüzeylerde düzgün dağılım oluşacak şekilde uygulamaktır. İlaçlamada yaygın olarak kullanılan meme tiplerinden birisi konik atomizerlerdir. Günümüzde hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede elde edilen başarı, aynı zamanda yapılan ilaçlamanın ekonomik olup olmaması ile de yakından ilişkilidir. Kimyasal mücadelede kullanılan pestisit ve su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde kullanılacak su miktarının azaltılabilmesi ilaçlamanın ekonomikliği açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle seçilecek ilaçlama ünitesinin hem ilacı hedef yüzeylere ulaştırabilmesi hem de ilaçlama maliyetinin düşük olması istenmektedir (Matthews, 2004).

Püskürtme memelerinin her sıraya bir adet meme gelecek şekilde konumlandırıldığı tekli meme ünitesi, özellikle kısa boylu bitkiler için kullanılmakta, bitkiler büyüdükçe meme sayıları artırılabilir. Memelerin bitkinin yan taraflarına gelecek şekilde konumlandırıldığı ikili meme ünitesi, uzun boylu bitkiler için tercih edilmektedir. Memelerden birinin sıra üzerine diğer ikisinin kenarlara gelecek şekilde konumlandırıldığı üçlü meme ünitesi ile fungusit ve insektisit uygulamalarında bitki

yüzeylerinde iyi bir kaplama sağlanmaktadır. İki veya üç adet memenin kullanıldığı banda ilaçlama yapan ünitelerle tekli meme ünitesi ile yapılan uygulamalara göre daha iyi ilaç penetrasyonu ve yaprak altı ilaç tutunması elde edilmektedir (Grisso ve ark., 2004).

Bu çalışmanın amacı, klasik ilaçlama ünitelerinde bulunan ve tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaca yönelik, sistemde sabit ilaçlama hızı için; üç farklı nozul-yüzey mesafesi (70cm, 85cm, 100cm), üç farklı çalışma basıncı (6bar, 8bar, 10 bar) ve üç farklı nozul çapı (0.85mm, 1.10mm, 1.50mm) akış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneyle herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyle sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

İlaçlama sistemlerinin verimliliğini anlayabilmek için damlacık çapını etkileyen parametrelerin bilinmesi gerekir. Bir nozuldan yüzeye aktarım esnasında, atomizasyon birçok parametreye bağlı kompleks bir yapıdır. Spreyleme basıncı, spreyleme hızı, boyutsuz nozul yüzey mesafesi (h/d) ve nozul çapı bunların başlıcalarıdır. Ayrıca, nozul geometrisi ve türbülans şiddeti gibi ikincil faktörleri saymakta fayda vardır.

Literatürde ilaçlama sistemlerinde yukarıda sayılan parametrelerin bir veya birkaçına ait değişimleri araştıran deneysel ve sayısal çok sayıda çalışma mevcuttur. Bugüne kadar ilaçlama sistemleri ile ilgili çok çeşitli atomizasyon yönünün incelendiği ve farklı geometrilerde nozulların kullanıldığı çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda birçok öneri ve tasarımlar sunulmuştur.

Shahatha (1989), nozulların atomizasyonda en önemli organlardan biri olduğu ve üreticilerin nozul geometrisi ve helisel gövde yapımlarında daha hassas üretim gerçekleştirmeleri gerektiğini belirtmiştir.

Zhu ve ark. (2004) tek sıralı ve çift sıralı olarak yetiştirilen yer fıstığı bitkisinin üç farklı yetiştirme periyodunda (46, 75, 104 günlük) kullanılan hidrolik memelerin ilaç penetrasyonuna olan etkisini incelemişlerdir. Nozullar arası mesafe her iki bitki çeşidi içinde 45 cm olarak belirlenmiştir. Tek ve çift sıralı olarak yetiştirilen bitkilerin üst ve alt yüzeylerinde elde edilen penetrasyonun farklı olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan tüm nozullar için yaprak alan indeksinin artması ile iz maddesi tutunması üst yüzeylerden alt yüzeylere doğru azalmıştır. 75 günlük bitkinin alt yüzeylerinde elde edilen tutunma miktarı, hava akımlı nozul için yelpaze hüzmeli nozula göre tek sıralı bitkide 2.6 kat, çift sıralı bitkide 1.6 kat daha fazla olmuştur. Üç yetiştirme döneminde de en iyi iz maddesi tutunması hava akımlı nozul ile sağlanırken en düşük ilaç penetrasyonu yelpaze hüzmeli nozul ile elde edilmiştir.

Womac ve ark. (2002) tekli nozul ünitesi ve hava akımlı uygulamada kullandıkları yelpaze hüzmeli ve konik hüzmeli nozulları domates bitkisinde elde edilen iz maddesi tutunması açısından karşılaştırmışlardır. İz maddesi tutunma miktarı kolorimetrik yöntemle göre belirlenmiştir. Tekli nozul ünitesi ile elde edilen tutunma uniform olmasına rağmen toprak yüzeyinde elde edilen iz maddesi miktarı fazla

olmuştur. Tekli nozul ünitesi üzerinde yelpaze hüzmeli nozul kullanılması durumunda domatesin farklı yüzeylerinde elde edilen tutunmanın konik hüzmeli nozula göre daha fazla olduğu, büyük çaplı damlaların hedefte daha fazla tutunduğu saptanmıştır.

Womac ve ark. (1992), hava akımlı uygulama, üçlü nozul ünitesi ve klasik ilaçlama ünitesinin pamuk bitkisi üzerindeki ilaç penetrasyonu ve pamuk çizgili yaprak kurdu (*Spodoptera exigua* [Hübner]) mücadelesindeki etkinliklerini araştırmışlardır. Üçlü nozul ünitesinde nozullar, biri sıra üzerine diğer ikisi yanlara gelecek şekilde, klasik ilaçlamada ise, sıra üzerine iki adet nozul gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Araştırma 47 ve 94 l/ha ilaç normlarında yapılmıştır. Hava akımlı uygulamada elde edilen tutunmanın diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bitkinin üst ve orta bölgelerinde üçlü nozul ünitesinin, klasik ilaçlama ünitesine göre daha fazla tutunma sağladığı bildirilmektedir. Yaprak altlarında bulunan zararlı etkinliğinde üçlü nozul ünitesinin diğer uygulamalarla kıyasla daha başarılı olduğu saptanmıştır.

Sumner ve Herzog (2000), gerçekleştirdikleri hava akımlı uygulama, klasik ilaçlama ünitesi ve banda ilaçlama yapan üçlü nozul ünitesini pamuk çizgili yaprak kurdu (*Spodoptera exigua* Hübner) zararlısı ile mücadele etkinlikleri açısından karşılaştırmışlardır. Üçlü nozul ünitesinde nozullardan birisi sıra üzerine diğer ikisi ise yanlara gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Uygulamalarda doğal bir insektisit olan "actinomycete" *Saccharopolyspora spinosa* (Dow A grosciences, Indianapolis, In) kullanılmış ve 70.1 g/ha olacak şekilde ilaçlama yapılmıştır. İlaç normu; hava akımlı uygulamada 187 l/ha, klasik ilaçlamada 78 l/ha ve banda ilaçlamada 136 l/ha olarak seçilmiştir. Pamuk bitkisinin üst bölgelerindeki zararlı popülasyonu üzerinde üç ilaçlama ünitesinin de aynı etkiyi gösterdiği belirtilmiştir. Bitkinin alt bölgelerinde ise etkinlik hava akımlı uygulamada en yüksek, klasik ilaçlama yönteminde en zayıf olmuştur. Bitkinin orta bölgelerinde ise, hava akımlı uygulamada ve askı kollarına üç noktadan konumlandırılmış üçlü nozul ünitesinin aynı etkiyi gösterdiği saptanmıştır.

Sumner ve ark. (2000), elektrostatik yüklemeli hava akımlı, üçlü ve beşli nozul üniteleri ile klasik ilaçlama ünitesinin ilaç dağılım düzgünlükleri yönünden karşılaştırmışlardır. Üçlü nozul ünitesinde nozullardan birisi bitki üzerine diğer ikisi yanlara gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Beşli nozul ünitesinde nozullar askı kollarına beş noktadan konumlandırılmış ve koruyucu perde kullanılmıştır. İlaç dağılım düzgünlüğü pamuk bitkisinin üst ve orta bölgelerinde olmak üzere her bölgenin yaprak

üst ve alt yüzeylerinde belirlenmiştir. Bu amaçla suya duyarlı kartlar üzerinden leke çapı ve yüzey kaplama oranları, yaprak yıkama yöntemi ile birim alandaki iz maddesi tutunma miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; tüm uygulamalarda bitkininin üst bölgelerinden alt bölgelere doğru tutunmanın azaldığı saptanmıştır. Üçlü, ikili ve klasik ilaçlama üniteleri ile birim alanda elde edilen tutunma miktarının arttığı ancak, hava akımlı pülverizatörlerle yapılan uygulamalarda özellikle bitkinin yaprak altı tutunmasının daha fazla olduğu saptanmıştır.

Sidahmed ve ark. (1999), üç adet yelpaze hüzmeli nozul (XR8002, XR8001, 800067) kullanarak 207 kPa sabit basınç şartında su ile püskürtme yapmış ve deneysel verilerle elde edilen damla çapı ve damla hızı değerleri ile hesaplamalar neticesinde elde edilen tahmini değerler arasında benzerlik olduğunu tespit etmişlerdir. Ölçümler nozul orifisinden 4 cm aşağıda ve nozul merkezi boyunca yapılmıştır. Her denemede 10000 damla üzerinden ölçüm yapılmış, $D_{v0,1}$, $D_{v0,5}$, $D_{v0,9}$ değerleri XR8002 için sırasıyla 102 μm , 191 μm ve 280 μm , XR8001 için 96 μm , 170 μm ve 268 μm , 800067 nozul için 83 μm , 134 μm ve 235 μm olarak ölçülmüştür.

Dursun ve ark. (2000), dört farklı üreticiye ait 6 adet nozulun delik çapı ve delik kenar düzgünlüklerini incelemişlerdir. Delik çapları ölçümü için nozul görüntüleri bir tarayıcı ile bilgisayar ortamına aktarılmış ve delik çaplarının hassas ölçülmesi için görüntü 25 kat büyütülmüştür. Daha sonra görüntü işleme programı ile delik çapları her bir nozul için delik çevresi boyunca 5 noktadan ölçülmüştür. Firmalar tarafından belirlenen delik çapları ile ölçülen ortalama delik çapları arasında farklılıklar belirlenmiştir. Nozullara ait deliklerin yeterli düzgünlükte olmadığı ve delik kenarlarında çapak ve havşalar bulunduğu saptanmıştır.

Ellis ve Tuck (1999), beş farklı hidrolik nozulu damlacık çapı, damlacık oluşumu ve damlacık dağılım düzgünlükleri yönünden incelemişlerdir. Araştırmada her bir nozul tipi için yedi farklı özelliğe sahip sıvı kullanılmıştır. Biri su diğerleri adjuvant adı verilen maddeleri içeren farklı sıvıların damlacık oluşumu ve damlacık dağılım düzgünlüğü üzerindeki etkisinin önemli olmadığı, ancak farklı basınçlarda nozullara ait hacimsel ortalama çapların önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir.

Bitkisel ilaçlamada kullanılan hava akımlı pülverizatörlerden farklı olarak, normal ilaçlama makinesine yerleştirilen hava yönlendirme aparatı arasındaki kalıntı miktarı ile yerden sürüklenen kaplamalardaki birikimlere bakılmıştır. İki farklı hava

yönlendirme aparatı uygulanan makineler (TS 2014 ve TS 2014a), aynı tip nozul (konik hüzmeli nozul) ile denenmiştir. Asma bitkisindeki kaplama oranı ile pestisit kalıntı miktarı arasındaki dağılım olarak en düzgün sürüklenme açısı sonuçları TS 2014 tarafından alınmıştır (Sever, 2014).

Bahçelerde yaygın olarak kullanılan hava akımlı pülverizatörlerin elma bahçelerindeki hastalıklara karşı mücadelesindeki etkinlikler incelenmiştir. Suya duyarlı kağıtların kullanılarak Nisan ve Haziran ayları arasında iki farklı makine kullanılmıştır. Bu makinelerin karşılaştırılmasında ilk yıl; yardımcı hava pülverizatörü standart pülverizatöre kıyasla %4.72; ikinci yıl ise %5.32 değerinde verimi artırmıştır. Birbirine yakın olan bu değerler (hava akımlı pülverizatörler için %65.4 olurken standart pülverizatör için ise %63) hava akımlı pülverizatörlerin üstünlüğünü ortaya koymuştur (Sabahoğlu ve ark., 2010).

Direkt ilaçlama yöntemleri ile bant ilaçlama yöntemlerinin farklı kullanımları çalışılmıştır. Bant ilaçlanmasında bütün alan ilaçlanmadığı için, çevre ve canlılar olumsuz etkilerden korunduğu belirlenmiştir. Direkt ilaçlamada istenilen bölge ilaçlandığı için, klasik ilaçlamalardan daha verimli sonuçlar elde edilmektedir (Günel ve ark., 2006).

Sprey kayıplarıyla ilgili yapılan bu çalışmada, Değişken Hız Teknolojileri (VRT) ve Sürüklenme Azaltma Teknolojileri (DRT) ile ilgili geliştirme önerileri sunulmuştur. VRT, sensör kontrollü hassas püskürtme yapmak için kullanılan bir araçtır. DRT, alanın üzerinde yüksek yerlerde püskürtme yapılması gerektiğinde, sürüklenme azaltma nozulları kullanılarak damlacık boyutunun artırılmasıyla çapraz rüzgarın etkisinin azaltılmasında önemli bir role sahip tekniktir. VRT püskürtücüyü geliştirmek için fazla araştırma ve standart ultrasonik sensörlerin eksikliklerinin üstesinden gelmek için modem sinyal işlem algoritmaları gereklidir. DRT' nin ise uluslararası drift veritabanını büyütmek için, drift ölçümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Hassen ve ark., 2014).

Uygun nozul tipinin, farklı hava debileriyle ilaç sürüklenmesi ve en iyi birikim sağlaması yönündeki bu çalışmada dört farklı nozul tipi kullanılmıştır. Bunlar konik hüzmeli nozul, yelpaze hüzmeli nozul (Teejet XR), hava emişli yelpaze hüzmeli nozul (AIXR) ve hava emişli nozul (AI) kullanılmıştır. Üç farklı hava debisi (32000, 45000, 55000 m³h⁻¹) belirlenmiştir. Laboratuvar ortamında yapay asma bitkisiyle yapılan

uygulamada en iyi birikim değeri, yerden ve havadan en az sürüklenen hava emişli yelpaze hüzmeli nozul tipi (AIXR), hava debisi ise $45000 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Urkan, 2012).

Klasik döner diskli nozul ile Turbofan nozul üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu iki nozul üzerine, yardımcı hava akımı gönderilerek rüzgarlı koşullar için belirlenen hızlarda (0, 1.5, 2.5, ve 3.5 m/s), laboratuvar ortamında deneyler yapılmıştır. Döner diskli nozulda rüzgarlı koşullarda sürüklenme potansiyeli yüksek ve ilaç penetrasyonu düşük olmaktadır. Ayrıca bitki üzerinde bırakılan kalıntı miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Turbofan nozul ile yapılan çalışmada, yapraklar üzerinde tutturulan filtre kağıtları yardımıyla, yaprak yüzeylerinde sürüklenen ilaç miktarlarıyla kalıntı miktarları belirlenmiştir. Kullanılan yardımcı hava akımı, her iki nozul ile kullanıldığında yeterli ilaç penetrasyonu sağlayamadığı saptanmıştır (Bozdoğan, 2005).

Elma bahçesinde iç kurdu zararlısına karşı yapılan mücadele ile ilgili çalışma yürütülmüştür. Dar spektrumlu ilaç elma iç kurduna karşı kullanılarak hem insan sağlığına hem de çevre zararını en aza indirerek ekonomik olarak da yeni üretim yönleri ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Elma bahçesi iki bölüme ayrılarak deneyler yapılmıştır. Birinci bölüme diflubenzuron etkili ilaç kullanılmıştır, ikinci bölüme ise fenthion etkili ilaç kullanılmıştır. Birinci bölümde ağaç başına ortalama 2.87 ağ saptanmış, ikinci bölümde 2.25 saptanmıştır. Birinci bölümde Haziran ayının ortasında en fazla ağ gerçekleşirken, ikinci bölümde Mayıs sonunda gerçekleşmiştir. Bahçenin ikinci bölümünde Haziran ayı ilaçlaması ağ kurdunun oranını azaltmıştır (Seven, 2004).

Geleneksel ilaçlama makinesi ile modifikasyonu yapılmış bir bahçe pülverizatörünün denemeleri karşılaştırılmıştır. Farklı üç dönemi gösteren yapay bağlar üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen akıllı püskürtme makinesi asma yaprağına %50 daha az ilaç püskürtmüştür. Ayrıca diğer geleneksel makineye göre iz maddesini biriktirmesi iyi derecede olmuş ve yüksek kaplama oranı ile sürüklenmesi daha az sağlanmıştır (Pekitkan, 2015).

Hidrolik bağ pülverizatörü ile ilaçlamada, damla büyüklüğünün etkilendiği faktörler ve sürüklenme etkilerini belirlenmesi, üç değişik meme (0.8mm, 1.2mm, 2mm) ile üç farklı basınç (6 bar, 12 bar, 18 bar) çalışılmıştır. İz maddesi olarak sodium fluorescein kullanılmıştır. Delik çapı 0.8 mm olan meme, 18 bar basınçta en fazla

damlacık sayısı elde edilmiştir. En büyük delik çapı 2mm ve en küçük 6 bar basınçta ise en büyük hacimsel ortalama bulunmuştur (Urkan, 2005).

Piyasada kullanılan pülverizatör ile geliştirilmiş hava yönlendirme ve ilaç püskürtme makinesinin bağlarda, farklı üç hava debisi (24830, 30473 ve 36117 m³/h) ile üç farklı basınç değerinin (6, 12, 18 bar) ölçülmesinin karşılaştırılması yapılmıştır. Geliştirilen makinenin, piyasada kullanılanlara göre daha az sürüklenme ve kalıntı miktarı da artmıştır. İlacın dağılımını da hedefe düzgün dağıtmıştır. En iyi ayar konumu ise 6 bar basınçta ve 30473 m³/h hava debisinde elde edilmiştir (Güler, 2002).

İlaçlama anında pülverize olan damlaların belirli bir yörüngede hedefe taşınma enerjilerinin zayıf olması ve sürüklenme nedeniyle hedef dışına taşınması ilaç kayıplarını arttırdığından uygulama etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda yetiştirme dönemi boyunca daha fazla ilaçlamaya gereksinim duyularak bilinçsizce aşırı dozda pestisit tüketimine neden olabilmektedir. Böylece üretim maliyeti artmakta, bitkide fitotoksitite riski oluşmakta, çevre, toprak ve yeraltı su kaynaklarında kirlilik sorununa neden olmakta, hedef alınan zararlılarda direnç oluşmakta, önemli olmayan bazı zararlılar ana zararlı konumuna geçmekte, yararlıların ve doğal hayatın öldürülmesiyle doğal denge bozulmakta, ürünlerde pestisit kalıntısına yol açarak tarım ürünlerinin ihracatını sınırlandırmakta ve insan sağlığını tehdit edici bir unsur haline gelmektedir (Coates, 1996; Coates and Palumbo, 1997; Sidahmed et al. 2004; Yıldırım, 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, klasik ilaçlama ünitelerinde bulunan ve tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerlerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaca yönelik, sistemde sabit ilaçlama hızı için; üç farklı nozul-yüzey mesafesi (70cm, 85cm, 100cm), üç farklı çalışma basıncı (6bar, 8bar, 10 bar) ve üç farklı nozul çapı (0.85mm, 1.10mm, 1.50mm) akış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneyler herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyler sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır. Bununla birlikte hacimsel çap üzerine parametrelerin etkisini belirten korelasyon sunulmuştur.

Deneyel çalışmalar akış karakteristiklerini belirlemek amacıyla iki aşamada yürütülmüştür. Her iki aşamada da Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarı'nda bulunan ve bu yüksek lisans çalışması için özel olarak dizayn edilmiş deney düzeneği kullanılmıştır. Akış karakteristikleri belirlenirken deney elemanları düzeneğe yerleştirilmiş, hız ölçer ile hızlar tespit edilmiş ve basınç ölçer yardımıyla basınç değerleri okunmuştur. Deneyel çalışmada kullanılan materyal ve veri elde etme yöntemi detaylı olarak aşağıda sunulmuştur.

3.1. Materyal

3.1.1. Deney düzeneği

Bu çalışmada, sistemin üzerine kurulduğu deney düzeneğinin zemini 2mm paslanmaz sac levhadan yapılmıştır, sistemin ayak kısımları 30mm x 30mm metal profilden imal edilmiştir. Deney sisteminin ölçüleri, eni 0.5m, uzunluğu 5m ve yüksekliği 2m olacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 3.1). Sistemde akışkan olarak hava ve ilaçlı su tercih edilmiştir. Akışkan yüzeye pompa yardımıyla basınçlandırılarak

gönderilmiştir. Akışkan basıncı, pompa çıkışında bulunan vana yardımıyla kontrol edilmiştir. Spreyleme hızı ise kontrol panelinde bulunan hız ayar düğmesi ile belirlenmiştir. Deneyler sabit 0.7 d/dk'lık hızlarda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde akışkanı taşıyan boruların zarar görmemesi için koruyucu esnek kılıflar kullanılmıştır. Şekil 3.1'de şematik resmi görülen deney düzeneğinin özellikleri aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3.1. Deney düzeneğinin görünüşü.

3.1.2. Sistem elemanları

Elma ağaçlarının ilaçlanmasına yönelik tasarlanan sisteminde yer alan parçalar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

1. Hidrolik pompa,
2. Kimyasal ilaçlı su deposu,
3. Deney düzeneği sehpası,
4. Debi ölçer,
5. Otomatik kontrol panosu,
6. Nozullar,
7. Bağlantı boruları ve hortumlar,
8. Karıştırıcı motor,

9. Hız ayar sensörleri ve redüktör motoru,
10. Suya duyarlı kağıtlar.

3.1.2.1. Hidrolik pompa

Hidrolik pompa elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmektedir ve bu olay sonucunda akışkan basınçlandırılmaktadır. Oluşan bu basınç vasıtasıyla sıvı depolama ve karıştırma haznesinde su ile karıştırılmış haldeki ilaç hortumlardan nozula hareketi etmektedir. Neticede, nozullara ilaç ile karıştırılmış akışkanın ulaşması sağlanmaktadır. Nozula ulaşan ilaçlı akışkan nozulun çıkışından itibaren atomizasyon işlemi gerçekleştirmektedir. Uygulanacak püskürtme mesafesi için daha yüksek değerlerde basınç üretebilen pompalar da kullanılabilir. Deneyde kullanılmış olan bu hidrolik pompa 220 volt ile çalışmaktadır ve 10 bara kadar basınç üretebilmektedir. (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Hidrolik pompa.

3.1.2.2. Akışkan tankı

Depodan borular yardımıyla nozula iletilen ve ilaçlama aşamasında kullanılan ilaçlı akışkanın muhafaza edildiği kısımdır. Depo içerisinde bulunan karıştırıcı motor vasıtasıyla homojen bir karışım elde edilmektedir. İlaçlama tankı 70 L depolama kapasitesine sahip dikdörtgen şekilde imal edilmiştir (Şekil 3.3).

Su tankının taban basıncının hesaplanmasında “Eş. 3.1” kullanılmıştır.

$$P_1 = P_a + \rho gh \quad (3.1)$$

Yukarıda verilen eşitlikte;

P: Su tankının tabanındaki basınç (N/m²)

P_a: Atmosfer basıncı (N/m²)

ρ : Akışkanın yoğunluğu (kg/m³)

g: Yerçekim kuvveti (m/s²)

h: Depo yüksekliği (m)



Şekil 3.3. Kimyasal ilaçlı su deposu.

3.1.2.3. Taşıyıcı sistem

Deney düzeneğini taşıyan sehpanın ölçüleri 30mm x 30mm metal profilden ayaklara sahip ve taşıyıcı gövdesinde sac kalınlığı 2mm olan paslanmaz levhadan imal edilmiştir. İki katlı olan taşıyıcı sistemin ilk katında akışkanın ilaç ile karıştırıldığı akışkan tankı, akışkanın ile ilacın karışmasını sağlamakta kullanılan karıştırıcı motor, akışkanın debisini ölçmek için kullanılan debi ölçer ve akışkanı karıştırma haznesinden nozullara iletmek için gerekli basıncı oluşturmakta kullanılan hidrolik pompa bulunmaktadır. İkinci katta ise ilaçlama hareketini sağlayacak olan redüktörlü yürüyüş motorunun takip edeceği yolu sağlamak için 4m uzunluğunda ve 22mm kalınlığında kramayer dişli bulunmaktadır, yine aynı katta en sağda mekanik hareket için gerekli enerjiyi sağlayan elektrik kontrol panosu, akışkanın iletilmesinde doğru yolu tayin eden hortumlar, püskürtme esnasında ilaçlanan suya duyarlı kağıtlar ile nozul arasındaki mesafesinin ayarlanması için 2m boyutunda üzerinde delikler açılmış demir profil ayak ve ilaçlama açısını ayarlamakta kullanılan nozul için açı ayar sistemi bulunmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Taşıyıcı sistem.

3.1.2.4. Debi ölçer

Yapılan deneyde kullanılan akışkanın miktarının belirlenmesi amacıyla birim zamanda birim kesitten geçen sıvının hacim ile miktarının ölçülmesinde kullanılmıştır. Sistemde bulunduğu konum su deposu ile su pompa arasında olacak şekilde sisteme bağlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Debi ölçer.

3.1.2.5. Otomatik kontrol panosu

Deney sisteminde otomasyonun sağlanması amacıyla bulunan ve kullanılan en önemli sistem elemanıdır. Kontrol panosu deney sistemine ait komutları yorumlanmasını ve uygun kodlar ile eşleştirerek deney sisteminin mekanik hareketini, akışkanın spreyleme aşamasındaki basıncın ayarlanmasını ve deney sistemdeki hareket hızının otomatik olarak denetlenmesini sağlamaktadır. Deney sisteminde spreylemenin en önemli kısmı olan nozulun sağa doğru ve sola doğru hareketlerini otomatik olarak sağlayan elemandır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Otomatik kontrol panosu.

3.1.2.6. Nozullar

Deney sisteminde bulunan akışkanın depo ve karıştırma haznesindeki ilaçla karışımıyla elde edilen çözelti, depodan uygun basınç ile spreyleme sistemine iletilerek atomizasyona uğratılmaktadır ve küçük damlacıklar haline getirilerek istenilen basınç ve mesafede atomizasyon sağlanmaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi nozullar yardımıyla yapılmaktadır. Piyasada en çok kullanılan nozul çeşitleri yelpaze hüzmeli ve konik hüzmeli nozullardır. Yelpaze hüzmeli nozullar genellikle tarım alanlarında istenmeyen yabancı olarak adlandırılan otlarla mücadelede kullanılır. Konik hüzmeli nozullar ise tarım alanlarında bilinçli yetiştirilen ürünlerde zararlı ve hastalıklı kısımların kurtarılması amacıyla ilaçlamada tercih edilir. Yapılan bu deney sisteminde ise tarım alanlarda daha çok elma ağaçlarındaki ilaçlamada kullanılması öngörülen konik hüzmeli nozullar tercih edilmiştir. Püskürtülen ilacın etki alanı ve damlacık çapı değeri farklı çaptaki nozullar kullanılarak istenilen değere ayarlanabilir. Yapılan bu deney sisteminde tercih edilen ve sisteme monte edilerek sonuçlar alınmasını sağlayan nozulların çapları 0.8 μm , 1.1 μm ve 1.5 μm ' dir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Nozullar.

3.1.2.7. Bağlantı boruları ve hortumlar

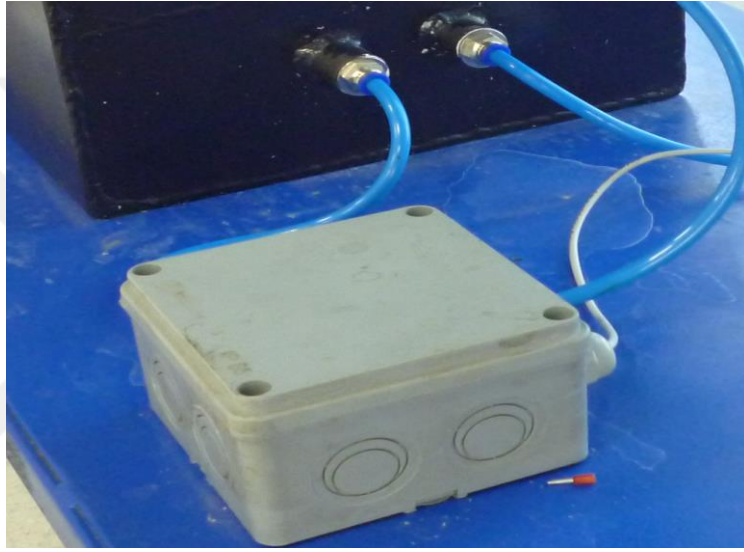
Dizayn edilen sistemde akışkan, depo bölümünde muhafaza edilmektedir. Depo, düzeneğin alt kısmında yer almaktadır ve akışkanın üst kısma ulaştırılmasında boruların esnek bir şekilde taşınmasını sağlayan kanallar kullanılmıştır. Basınç, pompa ile elde edilmiş ve iletim kanalı olarak da sistemde yüksek basınç kaybı oluşturmayacak çapta borular kullanılmıştır. Bu uygun çaptaki borular ilaç ile karıştırılmış akışkanı nozullara iletmeye ve düzgün bir atomizasyon elde edilmesine olanak sağlayan elamanlardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bağlantı boruları ve hortumlar.

3.1.2.8. Karıştırıcı motor

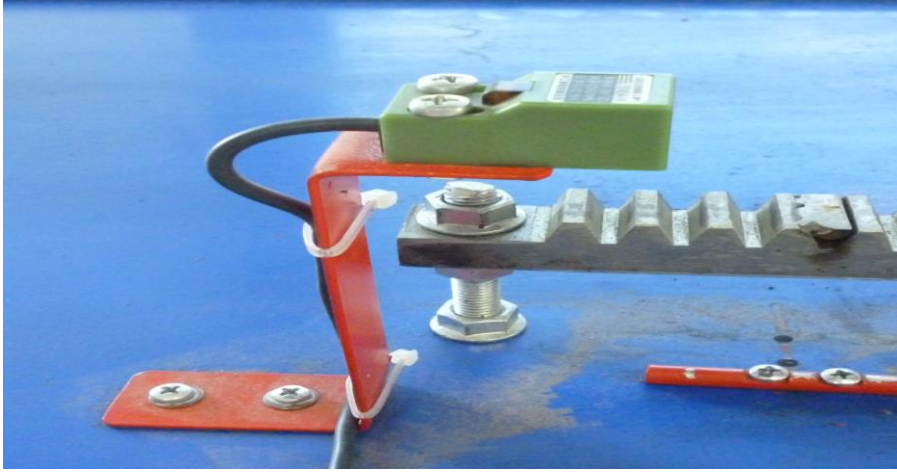
Yapılan deney sisteminde ana amaçlardan biride akışkan içerisine uygulanacak ilacı uygun şekilde homojen olarak dağılmasını sağlamaktır. Karıştırıcı motor açıklamadan da anlaşılacağı üzere kimyasal ilacın ve suyun homojen bir şekilde karışmasını sağlamak için kullanılan motordur. Deney sisteminde kullanılan karıştırıcı motor 24W güce sahip bir motordur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Karıştırıcı motor.

3.1.2.9. Mesafe sensörleri

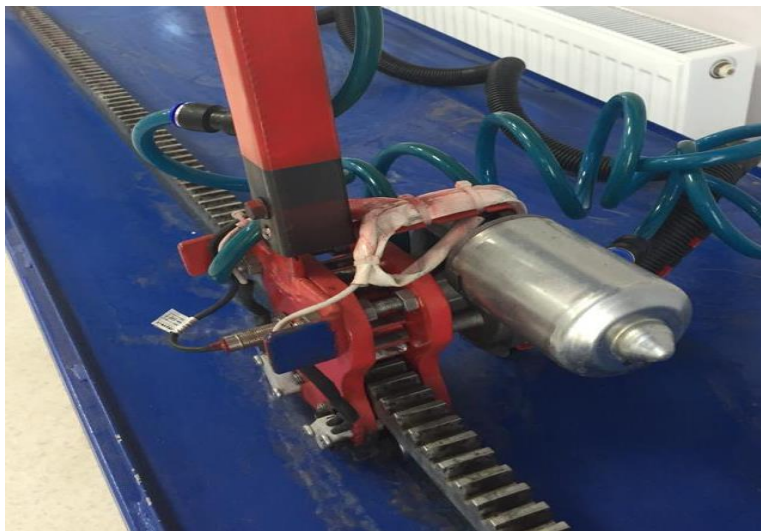
Mesafe sensörü bir engelin varlığını saptamak ve bu engele karşı kendiliğinden otomatik olarak tepki verip önlem almak için kullanılır. Yapılan deney sisteminde ilaçlama için kullandığımız gezer aracın her iki ucunda bulunan mesafe sensörleri, redüktörlü yürüyüş motorunun durma yerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Hareketli parçaların hasara maruz kalmaması için engel ile teması sağlamada redüktörlü yürüyüş motoruna ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Mesafe sensörleri.

3.1.2.10. Redüktörlü yürüyüş motoru

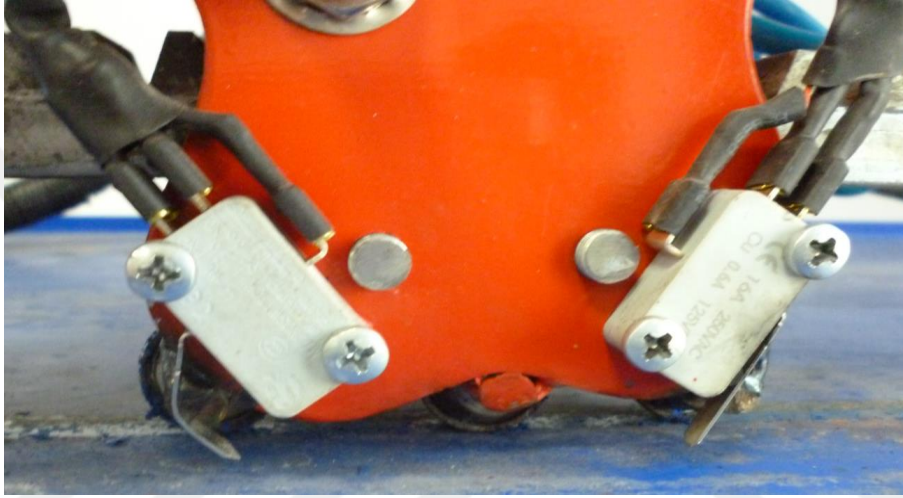
Redüktör motorlarda devir güç ayarını değiştirmek için kullanılan dişli bir mekanik sistemdir. Motorlara redüktör bağlanıp devir sayısı düşürülerek tork oranı yükseltilebilir. Bu durum, kullanılan motorun hızını ya da motorun gücünü kullanılacak makineye göre ayarlama fırsatı sağlamaktadır. Yapılan deney sisteminde kullanılan redüktörlü motor 220V AC akım ile çalışmaktadır ve 24 kW gücünde bir motordur. Sistem üzerinde nozul püskürtme elamanı bulunan bir sistem 4 metrelik kramayer dişli üzerinde hareket etmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Redüktörlü yürüyüş motoru.

3.1.2.10. Açık/kapalı düğmesi (switch)

Switch terim anlamına bakıldığı zaman elektrik ve elektronik uygulamalarda anahtar anlamına gelir, genel olarak ele alındığı zaman anahtarlar tek yönlü çalışırken switch ise açık ya da kapalı olarak iki durumda da çalışma gösterme özelliğine sahiptir. Yapılan deney sisteminde kullanılma amacı, rayın üzerinde bulunan redüktörlü yürüyüş motoru uç noktalarında çarpma ve raydan çıkma olayını engellemektedirler (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Açık/kapalı düğmesi (switch).

3.1.2.11. Suyu duyarlı kağıtlar

Sistemde, damla çapı, yüzey kaplama oranı ve damla yoğunluğunu belirlemek amacıyla 26mm x 38mm (9.88 cm²) ölçülerine sahip suya duyarlı kağıtlar (WSP) kullanılmıştır. Yapılan deneylerde 13 adet suya duyarlı kağıt nozulların karşısında bulunan düzenek üzerine düşey olarak 5cm aralıklarla dizilerek damlacık hareketleri kontrol edilmiştir. (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Suyu duyarlı kağıt.

3.2. Yöntem

3.2.1. İlaçlama sisteminin kurulması ve atomizasyonun yapılması

Bu çalışmada, klasik ilaçlama ünitelerinde bulunan ve tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerlerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaca yönelik, daha önceden optimize edilmiş sistemde (Tanış,2019) sabit ilaçlama hızı ve nozul açısı için; üç farklı nozul-yüzey mesafesi (70cm, 85cm, 100cm), üç farklı çalışma basıncı (6bar, 8bar, 10 bar) ve üç farklı nozul çapı (0.85mm, 1.10mm, 1.50mm) akış parametreleri olarak belirlenmiştir. Her bir deney için on üç suya duyarlı kağıt düşeyde 5cm aralıklarla nozulun karşısına gelecek şekilde yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Çalışmada, deneyler herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyler sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır.

3.2.2. Deney planı

Deney sistemi Çizelge 3.1'de sunulduğu gibi planlanmış ve istatistiksel analizi yapılmıştır. Atomizasyon ünitesine ait basınç, konum ve nozul çapı faktörlerinin damla büyüklüğüne etkisi istatistiksel olarak incelenmiş, korelasyon oluşturulmuş ve grafikleri çizilerek yorumlanmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışmaya ait deney planlaması.

DENEY PLANLAMASI				
Deney No	Çalışma Basıncı	Nozul Çapı	Spreyleme Mesafesi	Çift Tekrar Kontrol
1	6 bar	0.85 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
2	6 bar	0.85 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
3	6 bar	0.85 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
4	6 bar	1.10 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
5	6 bar	1.10 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
6	6 bar	1.10 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
7	6 bar	1.50 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
8	6 bar	1.50 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
9	6 bar	1.50 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
10	8 bar	0.85 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
11	8 bar	0.85 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
12	8 bar	0.85 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
13	8 bar	1.10 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
14	8 bar	1.10 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
15	8 bar	1.10 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
16	8 bar	1.50 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
17	8 bar	1.50 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
18	8 bar	1.50 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
19	10 bar	0.85 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
20	10 bar	0.85 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
21	10 bar	0.85 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
22	10 bar	1.10 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
23	10 bar	1.10 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
24	10 bar	1.10 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>
25	10 bar	1.50 mm	70 cm	<input type="checkbox"/>
26	10 bar	1.50 mm	85 cm	<input type="checkbox"/>
27	10 bar	1.50 mm	100 cm	<input type="checkbox"/>

3.2.3. Püskürtme ünitelerinin kalibrasyonu

Denemeler sırasında standart uygulama yapılabilmesi için nozul debileri, ilaç normu ve ilerleme hızı kontrolleri yapılmıştır.

3.2.3.1. Nozul debilerinin belirlenmesi

Nozul debileri; nozul ölçüleri, atomizasyon basıncı gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Denemelerde bu etmenlerin her biri için nozul debilerinin ölçülmesi gerekmektedir. Depoya bir miktar su konulduktan sonra atomizasyon sırasıyla 6 bar, 8 bar, 10 bar basınçlarında çalıştırılmış ve konik nozullardan birim zamanda akan sıvı miktarı ölçülmüştür. Ölçümler her nozul için seçilen basınç kademelerinde üç kez tekrarlanmış ve her bir nozulun ortalama debisi bu üç ölçümün ortalaması alınarak elde edilmiştir.

3.2.3.2. İlaç normunun belirlenmesi

İlaç normu, birim alana atılan ilaç hacmi olarak bilinmekte olup, teorik olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (Çilingir ve Dursun, 2002).

$$N = (Q \cdot 600) / (V \cdot B) \quad (3.2)$$

N= İlaç normu (l/ha)

Q= Toplam debi (l/min)

V=İlerleme hızı (km/h)

B= İş genişliği (m)'dir.

Banda ilaçlama yapan bir ünitenin ilaç normu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Çilingir ve Dursun 2002).

$$N = [(Q \cdot 600) / (V \cdot B)] \times (\text{Bant genişliği} / \text{Sıra arası mesafe}) \quad (3.3)$$

Banda ilaçlamada bant genişliğinin sıra arası mesafeye oranı banda ilaçlama oranı olarak adlandırılmaktadır.

3.2.3.3. İlerleme hızının belirlenmesi

Araştırma esnasında kullanılan ilerleme hızı değeri sabit olarak belirlenmiş ve 0,7 d/dk değerinde deneyler çift tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

3.2.4. Meteorolojik koşullar

Araştırmanın yürütüldüğü günlerde sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri iki tekrarlı olarak yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır. Bu amaçla ölçümler deney sisteminde nozulun bulunduğu yerden ve suya duyarlı kağıtların bulunduğu yerden ayrı ayrı yapılmıştır.

3.2.5. Damla çaplarının belirlenmesi

Damla çapları üç farklı çalışma basıncında 6 bar, 8 bar, 10 bar, üç farklı nozul çapı için ve tekli nozul ünitesi kullanılarak sabit atomizasyon hızında üç farklı nozul-hedef yüzey arası mesafe için nozulların karşısına yerleştirilen suya duyarlı kağıtlar üzerinden damla lekelerinin büyüklükleri ölçülmesiyle belirlenmiştir. Literatürde, ölçülen leke çaplarının gerçek damla çapına dönüştürülmesinde aşağıdaki çizelge kullanılmaktadır (Çizelge 3.2).

$$\text{Gerçek damla çapı} = \text{Leke çapı} / \text{Yayılma faktörü} \quad (3.4)$$

Çizelge 3.2. Yayılma Faktörü.

Leke çapı	Yayılma faktörü	Gerçek damla çapı
100	1.7	59
200	1.8	109
300	1.9	155
400	2.0	200
500	2.1	243
600	2.1	285

20° C'de ve % 40 bağıl nem civarında ve sedimentasyon hızındaki su damlalarının suya duyarlı kağıtlara ulaştığı varsayılmaktadır.

Sayısal ortalama çap, atomizasyonda oluşan damlaların çap değerleri çoğunlukla istatistiki olarak Gaussian (normal) dağılım gösterirler ve bu dağılımın eğrisi çan eğrisi şeklindedir. Ancak çap dağılımı meme tipine bağlıdır. Dağılımın eğrisi büyük ya da küçük çap sınıflarına doğru yayılma gösterir. Bazı durumlarda ise eğri çok tepeli olabilmektedir. Örneğin; yivli gövdeli memelerde tek tepeli, döner tipi memelerde ise çift tepeli olmaktadır. İstatistiki olarak sayısal ortalama çap, damla çaplarının eklemeli frekans eğrisinin %50 noktasındaki değerdir. Ancak bu tanımlama çan eğrisi şeklindeki dağılımlar için uygun olmaktadır. Cebirsel olarak sayısal ortalama çap, aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$d_n = \frac{\sum d_i \cdot n_i}{n} \quad (3.5)$$

Burada:

- d_n : Sayısal ortalama çap (μm),
- d_i : (i)'nci sınıftaki damla çapı (μm),
- n_i : (i)'nci sınıftaki damla sayısı,
- n : Hesaplama kullanılan toplam damla sayısıdır.

Sayısal ortalama çap, atomizasyonun değerlendirilmesinde yeterli olamamaktadır. Çünkü, burada damlaların tek boyutları esas alınmaktadır. Yüzeysel ortalama çap atomizasyonda oluşan damlaların yüzeyleri esas alınarak yapılan değerlendirmedir. Genelde damlalar küresel kabul edildiklerinden yüzeysel ortalama çap aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$d_s = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 \cdot n_i}{n}} \quad (3.6)$$

Burada:

- d_s : Yüzeysel ortalama çap (μm),
- n_i : d_i çap sınıfındaki damla sayısı
- n : Toplam damla sayısıdır.
- d_i : (i)'nci sınıftaki damla çapı (μm)

Hacimsel ortalama çap ile ilgili olarak atomizasyonda birim alana gelen ilaç miktarı önemlidir. Yüzey kaplama değerinin hangi çaptaki damlalardan oluştuğu hacimsel ortalama çap ile belirlenir. Farklı çaptaki damlalardan oluşan atomizasyonun damla tekdüzeliği hakkında ise, hacimsel ortalama çap yeterli bilgi verememektedir. Atomizasyonu oluşturan damlaların hacimleri esas alınarak hacimsel ortalama çap aşağıdaki eşitlikte hesaplanmaktadır.

$$d_v = \sqrt{\frac{\sum d_i^3 \cdot n_i}{n}} \quad (3.7)$$

Burada:

d_v : Hacimsel ortalama çap (μm),

n_i : d_i çap sınıfındaki damla sayısı

n : Toplam damla sayısıdır.

d_i : (i)'inci sınıftaki damla çapı (μm)

Uluslararası standartlarda (ISO) ortalama damla çaplarının gösterilmesi için hacimsel ortalama çap (d_v)'nin hesaplanması öngörülmektedir. Damla apı tekdüzeliğinin ortaya konmasında ayrıca tekdüzelik katsayısı (r) da kullanılır.

$$r = \frac{d_v}{d_n} \quad (3.8)$$

Burada:

r : Tekdüzelik katsayısı

d_v : Hacimsel ortalama çap (μm)

d_n : Sayısal ortalama çap (μm)'dir.

(r) değeri bire yaklaştığı damla çaplarının birbirine yaklaştığı anlaşılır $r < 1.4$ ise, atomizasyonda damla çaplarının tekdüze olduğu kabul olunabilir (Doğuş ve ark. 1984).

3.2.6. Deneysel verilerin karakteristik hesaplamalarda kullanılması

Çalışmada tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerlerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Nozulların karşısına gelecek şekilde, belirlenen mesafelerde her bir deney için 13'er adet suya duyarlı kağıt, aralarında 5 cm boşluk olacak şekilde örnekleme direğine düşey olarak sıralanmıştır. Atomizasyon sonrası, hedef yüzey olarak kullanılan örnekleme yüzeylerinde damlacık çaplarına ait değerler ve atomizasyona ait özellikler özel olarak geliştirilen yazılım aracılığıyla hesaplanmıştır. Çalışmada; deneyler, herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyler sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır.

Damla spektrumunda yer alan sayısal ve hacimsel damla boyut dağılımlarına göre ilaçlama ünitelerini laboratuvarında kontrollü şartlarda sürüklenme potansiyeli açısından karşılaştırmak mümkündür. Ancak bu araştırma sıcaklık, nem ve değişen rüzgar hızı koşulları altında değerlendirmeye alınmaksızın atomizasyon karakteristikleri farklı ilaçlama ünitelerinde hedef yüzeye taşınabilen damlaların spektrumunu belirlemeyi amaçlamıştır.

Örnekleme direklerinden toplanan suya duyarlı kart örneklerinin her biri 600 dpi çözünürlükte (Marçal and Cunha 2008), gray ve *.jpg uzantılı resim dosyası olarak tarayıcıdan (HP Scanjet 4580) geçirilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kart yüzeyine temas eden lekelerin alanına bağlı olarak ilaçlama ünitelerinin karakteristik damla çaplarını belirlemek için boyut analizine tabi tutulacak kartlar ayırt edilmiş ve her bir görüntüde birbirine temas eden ve yakın komşuluğu bulunan damlalar seçilerek elemine edilmiştir. UTHSCSA Image Tool 3.0 (The University of Texas Health Science, TX) görüntü işleme programında her bir görüntüye sabit eşik bir değeri uygulanarak ikincil bir görüntü oluşturulmuş ve lekelerin alanına bağlı çaplar hesaplanmıştır. Analizler tüm ilaçlama üniteleri için hedeften alınan örneklerle 2 tekrarlı yürütülmüştür.

Kart görüntüleri her 25.4 mm'de 600 piksel olacak şekilde tarandığından leke boyutları 42.3 katsayısı $[(25,4/600)*1000]$ ile çarpılarak (Uremis et al. 2004) olarak

leke çapları (μm) belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıda verilen eşitlikte (Franz 1993) yerine yazılarak gerçek damla çapına dönüştürülmüştür.

$$D_g = 1,033 \cdot D_s^{0,879} \quad (3.9)$$

D_g : gerçek damla çapı, μm

D_s : leke çapı, μm

Karakteristik damla çaplarını ve spektrumunu belirlemek için Microsoft Excel 2007'de makro bir program yazılmış ve 20 adet çap sınıfı aralığında analiz yapılmıştır. Karakteristik damla çaplarını ifade eden tanımlar ve kullanılan formüller (Nuyttens et al. 2007) aşağıda belirtilmiştir.

D_{10} , D_{20} , D_{30} – aritmetik, yüzeysel ve hacimsel ortalama çaplar, μm (i: sınıf numarası, d_i : i. sınıftaki ortalama damla çapı, n: toplam damla sayısı)

$$D_{10} = \sum_{i=0}^n \frac{d_i}{n} \quad (3.10)$$

$$D_{20} = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{d_i^2}{n}} \quad (3.11)$$

$$D_{30} = \sqrt[3]{\sum_{i=0}^n \frac{d_i^3}{n}} \quad (3.12)$$

D_{32} – sauter ortalama çap: tüm damlaların toplam hacminin, toplam yüzey alanına oranı olarak aynı hacim/yüzey alanına sahip çap değeri, μm

$$D_{32} = \sum_{i=0}^n d_i^3 / \sum_{i=0}^n d_i^2 \quad (3.13)$$

$DN_{0.5}$, NMD – sayısal ortanca (medyan) çap: toplamdaki damla sayısını iki eşit parçaya bölerek sayısal olarak %50'den daha küçük çap değeri, μm

$DV_{0.5}$, VMD – hacimsel ortanca (medyan) çap: hacimsel dağılımda toplam damla hacmini iki eşit parçaya bölerek %50'den daha küçük çap değeri, μm

$DV_{0.1}$, $DV_{0.25}$, $DV_{0.75}$, $DV_{0.9}$ – hacimsel dağılımda toplam damla hacminin sırasıyla %10, %25, %75 ve %90'lık kısmına ait değerlerden daha küçük çap değerleri, μm

r – homojenlik katsayısı: damla boyut dağılımındaki homojenliği gösteren katsayı, boyutsuz

$$r = D_{V0,5} / D_{N0,5} \quad (3.14)$$

R_{SF} – nispi yayılım faktörü (relative span factor): damla boyut dağılımındaki homojenliği gösteren diğer bir faktör, boyutsuz

$$R_{SF} = (D_{V0,9} - D_{V0,1}) / D_{V0,5} \quad (3.15)$$

N_{100} , N_{150} , N_{200} , N_{250} – sayısal dağılımda sırasıyla 100, 150, 200, 250 μm çaplı damlaların sayısal oranları, %

V_{100} , V_{150} , V_{200} , V_{250} – hacimsel dağılımda sırasıyla 100, 150, 200, 250 μm çaplı damlaların hacimsel oranları, %

D_{\min} , D_{\max} , N – görüntü analiziyle ölçülebilen minimum damla boyutu, kart yüzeyinde elemine edildikten sonra ölçülen maksimum damla boyutu, analize tabi tutulan toplam leke sayısı

BCPC Ç.K. – BCPC (İngiliz Bitki Koruma Konseyi, British Crop Protection Council) tarafından bildirilen damla boyutu kategorileridir. Sınıflandırmada çok ince (VF, 150<), ince (F, 150-250), orta (M, 250-350), kaba (C, 350-450), çok kaba (VC, 450-550) ve aşırı kaba (XC, 550>) yapılı olmak üzere 6 kategori yer almaktadır (ASAE Standarts S-572).

Her bir deneye ait atomizasyon sonrası, bilgisayara aktarılan suya duyarlı kart görüntülerinde birim alana taşınan damla sayısını belirlemek için UTHSCSA Image Tool 3.0 (The University of Texas Health Science, TX) görüntü işleme programı kullanılmıştır (Zhu et al. 2008). Analiz için görüntüye sabit bir eşik değeri verilerek siyah ve beyaz renkli piksellerin yer aldığı ikincil bir görüntü oluşturulmuş ve üzerinde yer alan damla sayısı (adet) ile kartın yüzey alanı (cm^2) belirlenmiştir. Damla

yoğunluğu için damla sayısı örnekleme alanına oranlanmış ve birim alandaki damla sayısı “adet/cm²” olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada, damla yoğunluğuna göre ilaçlama ünitelerini karşılaştırmak için sonuçlar tam şansa bağlı bloklar deneme planına göre tekrarlı ölçüm düzeninde varyans analizine (GLM Repeated Measures) tabi tutulmuştur. İstatistik modelde blok ve ilaçlama üniteleri gruplar arası ana faktör, yaprak yüzeyi grup içi alt faktör değişkenleri olarak değerlendirilmiştir. Varyans analizinde meteorolojik etmenler kovaryans olarak değerlendirilmemiştir. Deneyleler arasındaki varyansı dengelemek için ölçümlere logaritmik $[\log(x+1)]$ transformasyon uygulanmıştır. Varyans analizinde deney içi faktörlere ait kovaryans matrisinin Huynh-Feldt yapısındaki geçerliliği için “Mauchly Sphericity” testi kullanılmış ve önemli bulunması durumunda serbestlik dereceleri düzetilmiş analiz sonuçları verilmiştir (Akbaş vd 2001). Önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar 0.05 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan’s Multiple Range) ile belirlenmiştir. İstatistik analizler SPSS 13.0 (SPSS Inc.) paket programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın temelinde bitkisel ilaçlamada damlacık çapını etkileyebilecek olduğu düşünülerek seçilen kontrol edilebilir parametreler ve bu parametrelerin deneylerde incelenen değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada incelenen parametreler ve değerleri

Parametreler	Seviyeler		
	1	2	3
A Nozul-Hedef Yüzey Mesafesi, (mm)	700	850	1000
B Nozul çapı, d [mm]	0.85	1.10	1.50
C Spreyleme basıncı, P [bar]	6	8	10
D Spreyleme hızı, V [d/dk]	0.7	0.7	0.7
E Spreyleme açısı, α [derece]	30°	30°	30°

Çalışmada, daha önceden bitkisel ilaçlamada optimum spreyleme karakteristiklerinin belirlenmesinde, Hacimsel Medyan Çap’ın performans karakteristiği olarak dikkate alındığı ve belirlenen dört parametre için Taguchi $L_9(3^4)$ ortogonal dizisinin deney planı olarak seçilip optimum şartların belirlendiği çalışmaya ait sonuçlar kullanılmıştır (Tanış, M. 2019). Bu durum göz önüne alınarak, yukarıdaki çizelgeden de görüleceği gibi nozul-hedef yüzey mesafesi, nozul çapı ve spreyleme basıncı üç seviyeli, diğer parametreler ise bir seviyeli olarak seçilmiş ve buna göre Çizelge 3.1’de sunulan deney planı belirlenmiştir. Bu modelde, optimum şartlara ait en etkili parametrelerin farklı değerlerdeki akış karakteristikleri ve atomizasyon sonucu oluşan damlacık çapına etkileri incelenmiştir. Çalışmada, bitkisel ilaçlamada akış karakteristiklerini ve damlacık çapını etkileyebilecek olduğu ön görülen 27 adet deney şartına ait 54 adet deney yapılmıştır. Deneylerde bozucu ve tesadüfi faktörlerin etkisini gözlemleyebilmek için her deney farklı zamanlarda iki defa tekrarlanmıştır.

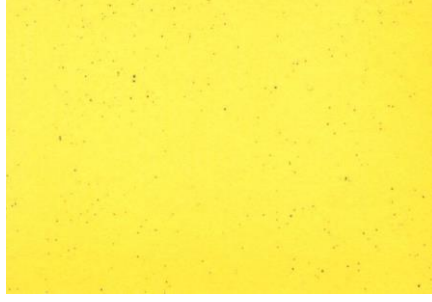
Çalışmada tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerlerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Nozulların karşısına gelecek şekilde, belirlenen mesafelerde her bir deney için 13'er adet suya duyarlı kağıt, aralarında 5 cm boşluk olacak şekilde örnekleme direğine düşey olarak sıralanmıştır. Atomizasyon sonrası, hedef yüzey olarak kullanılan örnekleme yüzeylerinde damlacık çaplarına ait değerler ve atomizasyona ait özellikler Bölüm 3.2.6'da açıklanan eşitlikler aracılığıyla hesaplanmıştır.

Örnekleme direklerinden toplanan suya duyarlı kart örneklerinin her biri 600 dpi çözünürlükte (Marçal and Cunha 2008), gray ve *.jpg uzantılı resim dosyası olarak tarayıcıdan (HP Scanjet 4580) geçirilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kart yüzeyine temas eden lekelerin alanına bağlı olarak ilaçlama ünitelerinin karakteristik damla çaplarını belirlemek için boyut analizine tabi tutulacak kartlar ayırt edilmiş ve her bir görüntüde birbirine temas eden ve yakın komşuluğu bulunan damlalar seçilerek elemine edilmiştir. UTHSCSA Image Tool 3.0 (The University of Texas Health Science, TX) görüntü işleme programında her bir görüntüye sabit eşik bir değeri uygulanarak ikincil bir görüntü oluşturulmuş ve lekelerin alanına bağlı çaplar hesaplanmıştır. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve değerleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Aşağıda, her bir deneyden elde edilen, damlacık çaplarının hesaplandığı suya duyarlı kağıtlara ait görüntü örnekleri sunulmuştur. Her bir deneyde 13 adet suya duyarlı kağıt kullanılmasına karşın, çalışmanın açık ve anlaşılabilir olması adına, deneylere ait yalnızca birer adet örnek sunulmuştur.



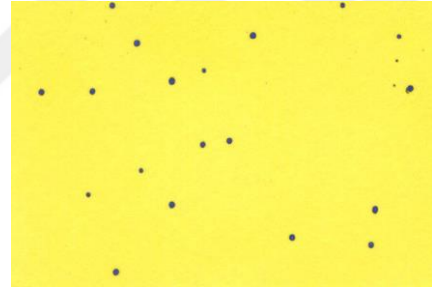
Şekil 4.1. 1. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



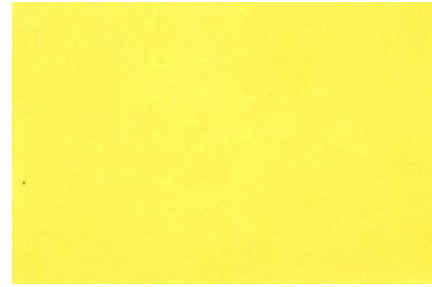
Şekil 4.2. 2. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.3. 3. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



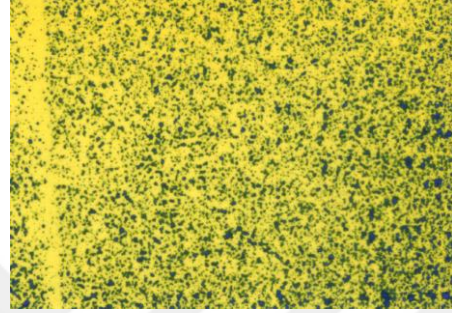
Şekil 4.4. 4. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.5. 5. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.6. 6. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.7. 7. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.8. 8. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.9. 9. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.10. 10. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.11. 11. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.12. 12. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



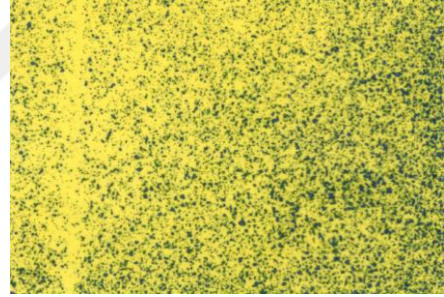
Şekil 4.13. 13. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



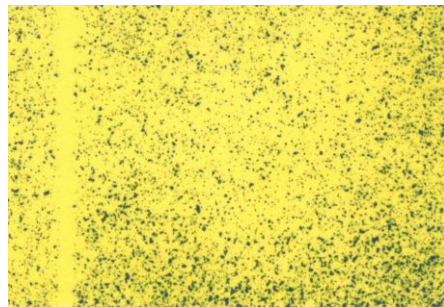
Şekil 4.14. 14. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.15. 15. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.16. 16. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



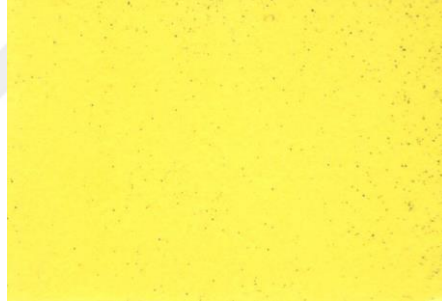
Şekil 4.17. 17. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.18. 18. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.19. 19. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.20. 20. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.21. 21. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



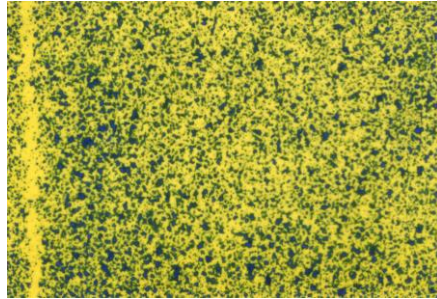
Şekil 4.22. 22. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.23. 23. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.24. 24. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.25. 25. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.26. 26. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.



Şekil 4.27. 27. Deneye ait örnek suya duyarlı kağıt görüntüsü.

Çizelge 4.2. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve değerleri

Uyg	Ortalama çaplar (µm)				Hacimsel çaptan küçük damla oranı (%)				Sayısal çaptan küçük damla oranı (%)				NMD		Hacimsel çaplar (µm)					Homojenlik		Min çap	Max çap	Sayı
	D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₃₂	V ₁₀₀	V ₁₅₀	V ₂₀₀	V ₂₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	N ₂₀₀	N ₂₅₀	DN _{0.5}	DV _{0.1}	DV _{0.25}	DV _{0.5}	DV _{0.75}	DV _{0.9}	r ₁	r ₂	min	max	adet	
D1	91	98	106	122	22.4	71.4	95.6	99.9	66.2	94.2	99.5	100.0	81	79	103	127	155	182	0.82	1.57	38	256	4399	
D1T	85	92	99	115	32.3	71.6	94.9	100.0	75.7	95.0	99.5	100.0	73	71	95	124	154	179	0.88	1.69	38	225	3202	
D2	71	74	77	85	66.5	100.0	100.0	100.0	90.6	100.0	100.0	100.0	66	57	67	86	104	140	0.97	1.30	38	148	224	
D2T	70	74	77	85	68.3	100.0	100.0	100.0	90.1	100.0	100.0	100.0	67	57	69	86	103	119	0.72	1.29	38	158	300	
D3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D4	226	249	264	296	0.4	0.8	3.4	17.0	23.0	26.2	32.2	52.3	240	221	273	300	320	377	0.52	1.25	38	426	58	
D4T	186	197	204	218	-28.0	-11.4	10.2	93.7	-9.6	8.5	31.0	96.9	206	200	204	212	227	245	0.21	1.03	38	258	23	
D5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D6T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D7	87	95	102	119	30.0	68.2	93.5	98.4	73.9	94.4	99.4	99.9	80	80	95	122	160	190	0.90	1.52	38	273	1961	
D7T	91	98	107	125	28.1	62.4	87.9	98.0	74.3	93.2	98.8	99.9	76	74	96	131	170	205	1.00	1.72	38	305	8809	
D8	78	84	90	103	40.7	83.5	98.4	99.9	81.3	97.9	99.9	100.0	63	61	82	109	134	169	0.99	1.72	38	247	2727	
D8T	94	103	112	133	22.6	52.7	82.5	98.2	69.6	90.3	97.9	99.9	83	83	103	146	184	216	0.91	1.75	38	275	3237	
D9	73	77	81	88	64.7	98.5	100.0	100.0	87.9	99.8	100.0	100.0	68	64	72	93	104	123	0.63	1.37	38	155	270	
D9T	71	76	80	89	62.9	96.0	100.0	100.0	89.9	99.5	100.0	100.0	65	62	75	93	115	130	0.74	1.42	38	174	726	
D10	90	98	106	123	27.7	62.6	90.7	99.7	71.9	92.8	99.0	100.0	82	81	97	126	167	198	0.93	1.54	38	265	3591	
D10T	93	100	108	126	26.1	63.4	90.7	98.1	71.4	92.7	99.0	99.9	79	76	98	132	166	198	0.93	1.68	38	300	4477	
D11	66	69	72	78	83.2	100.0	100.0	100.0	95.5	100.0	100.0	100.0	65	52	67	81	96	104	0.64	1.24	38	131	139	

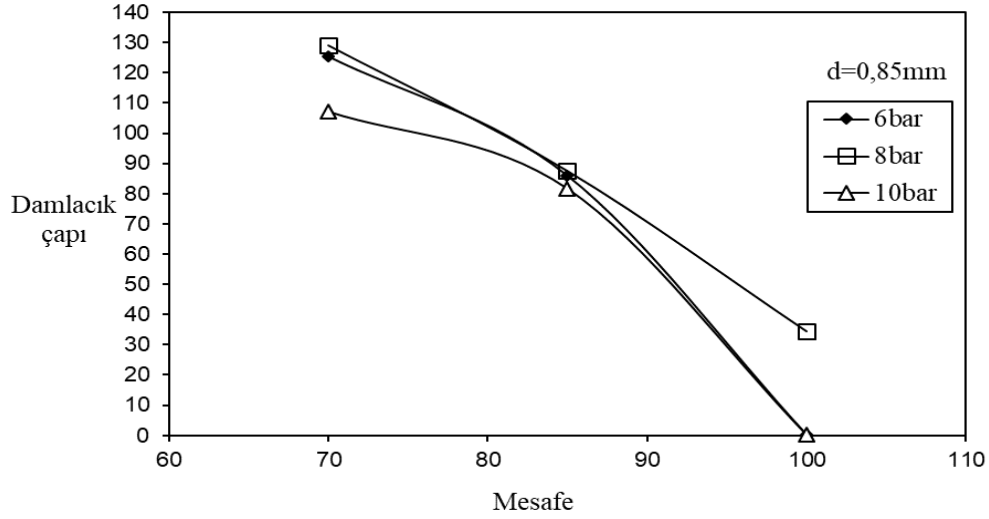
Çizelge 4.2. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve değerleri (devam)

Devam	Ortalama çaplar (µm)			Hacimsel çaptan küçük damla oranı (%)				Sayısal çaptan küçük damla oranı (%)				NMD	Hacimsel çaplar (µm)					Homojenlik		Min çap	Max çap	Sayı	
	D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₃₂	V ₁₀₀	V ₁₅₀	V ₂₀₀	V ₂₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	N ₂₀₀		N ₂₅₀	DN _{0.5}	DV _{0.1}	DV _{0.25}	DV _{0.5}	DV _{0.75}	DV _{0.9}				r ₁
D11T	77	81	84	91	56.1	100.0	100.0	100.0	82.6	100.0	100.0	100.0	69	65	82	94	108	122	0.60	1.36	38	142	105
D12	60	63	65	69	95.8	100.0	100.0	100.0	98.9	100.0	100.0	100.0	54	52	67	69	84	86	0.50	1.28	38	104	177
D12T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D13	80	86	93	110	42.6	71.1	82.2	98.1	84.1	97.2	98.8	99.9	70	65	78	105	169	216	1.43	1.51	38	288	2886
D13T	79	87	98	123	38.6	49.7	60.5	89.9	88.3	95.7	97.1	99.5	69	67	81	142	218	250	1.29	2.07	38	286	918
D14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D14T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D15T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D16	88	96	103	121	29.4	65.7	91.4	99.2	73.6	94.0	99.2	100.0	80	80	95	124	165	195	0.94	1.54	38	272	7205
D16T	77	84	90	106	37.6	79.7	93.5	99.9	81.0	97.5	99.6	100.0	62	61	83	111	144	173	1.01	1.80	38	248	1478
D17	87	94	101	117	31.8	69.3	90.9	98.4	75.1	95.1	99.2	99.9	74	71	94	122	159	197	1.03	1.65	38	281	4964
D17T	83	89	95	107	36.9	83.9	97.4	99.9	76.7	97.7	99.8	100.0	76	70	86	111	135	171	0.91	1.46	38	256	2716
D18	78	83	88	98	53.7	88.8	95.3	100.0	85.2	98.6	99.7	100.0	71	66	76	98	125	153	0.89	1.39	38	222	742
D18T	79	84	89	99	50.7	88.7	99.0	100.0	83.8	98.5	99.9	100.0	72	63	81	99	127	153	0.90	1.38	38	210	2459
D19	75	80	86	98	49.4	86.4	99.3	100.0	85.9	98.3	100.0	100.0	68	64	75	100	130	157	0.92	1.49	38	222	3062
D19T	81	87	94	109	34.5	80.6	97.4	100.0	77.9	97.1	99.8	100.0	66	64	86	114	144	173	0.96	1.74	38	241	6198
D20	67	70	73	81	74.7	100.0	100.0	100.0	93.2	100.0	100.0	100.0	64	55	67	84	100	111	0.66	1.31	38	142	530
D20T	68	70	73	80	81.7	98.0	100.0	100.0	95.6	99.8	100.0	100.0	64	53	66	79	96	114	0.78	1.22	38	165	1202
D21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D21T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D22	97	113	129	168	14.7	-61.8	45.6	86.1	79.1	60.2	89.4	98.5	69	85	190	202	214	222	0.68	2.93	38	265	114
D22T	95	115	139	204	12.8	-2.0	27.7	61.0	81.8	80.6	90.4	97.8	66	87	196	225	348	448	1.60	3.44	38	465	301

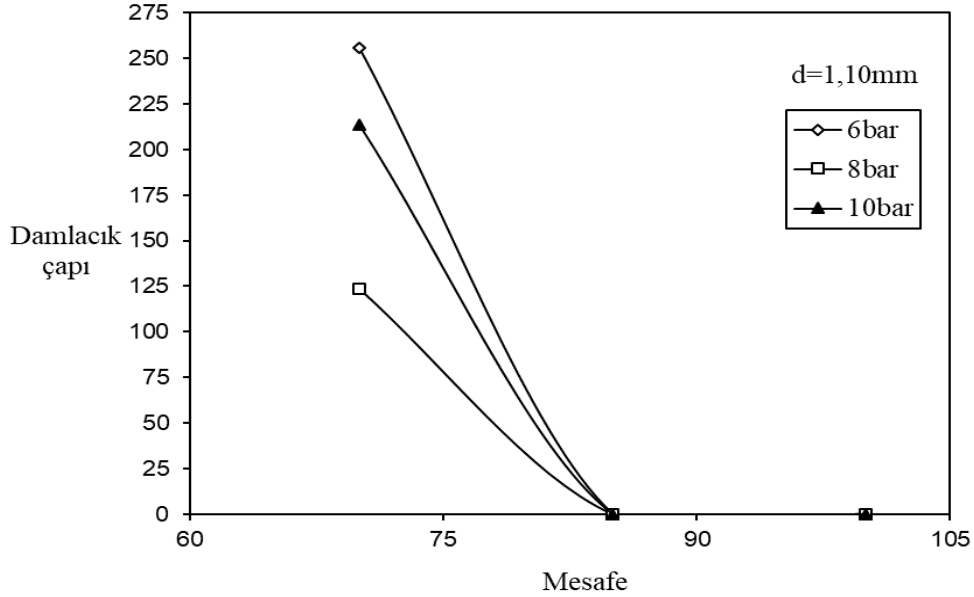
Çizelge 4.2. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve değerleri (devam)

Devam	Ortalama çaplar (µm)			Hacimsel çaptan küçük damla oranı (%)				Sayısal çaptan küçük damla oranı (%)				NMD	Hacimsel çaplar (µm)					Homojenlik		Min çap	Max çap	Sayı		
	D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₃₂	V ₁₀₀	V ₁₅₀	V ₂₀₀	V ₂₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	N ₂₀₀	N ₂₅₀	DN _{0.5}	DV _{0.1}	DV _{0.25}	DV _{0.5}	DV _{0.75}	DV _{0.9}	r ₁	r ₂	min	max	adet	
D23T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D24T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D25	95	103	110	126	25.3	61.4	90.3	98.5	66.6	91.4	98.9	99.9	87	83	100	126	164	199	0.92	1.45	38	265	1707	
D25T	87	92	97	108	38.6	83.4	99.5	100.0	74.6	97.0	99.9	100.0	81	73	87	109	135	163	0.83	1.34	38	200	1141	
D26	98	105	113	131	24.4	59.7	85.7	97.0	68.0	91.6	98.3	99.8	85	80	101	134	176	210	0.97	1.59	38	309	3337	
D26T	90	97	104	120	29.2	67.9	89.8	98.1	72.4	94.3	99.0	99.9	76	72	96	127	160	201	1.01	1.67	38	292	2085	
D27	70	74	78	86	67.3	89.7	100.0	100.0	91.5	99.0	100.0	100.0	66	62	72	81	111	131	0.85	1.24	38	174	424	
D27T	77	80	83	89	70.1	96.5	100.0	100.0	89.8	99.6	100.0	100.0	71	66	72	87	103	123	0.66	1.23	38	190	894	

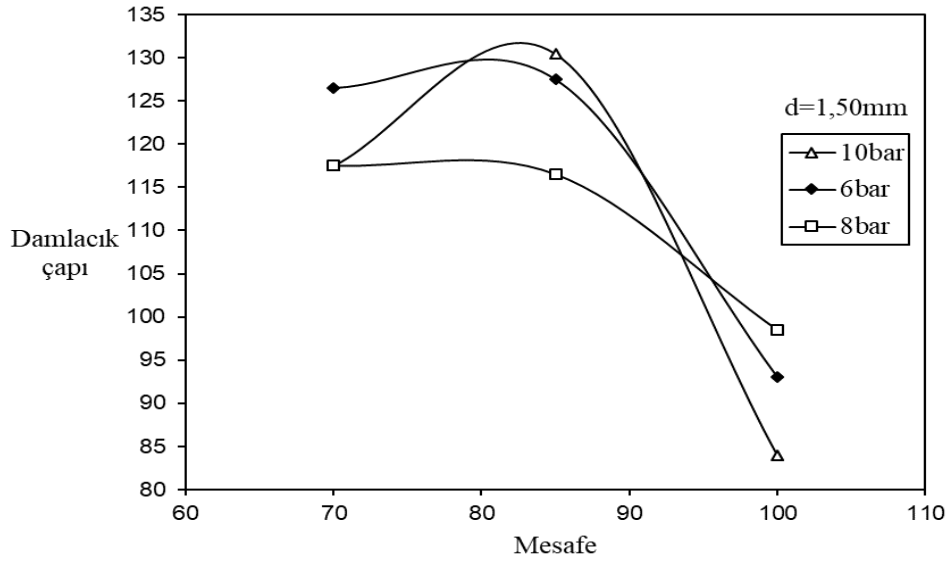
Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilere göre aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.



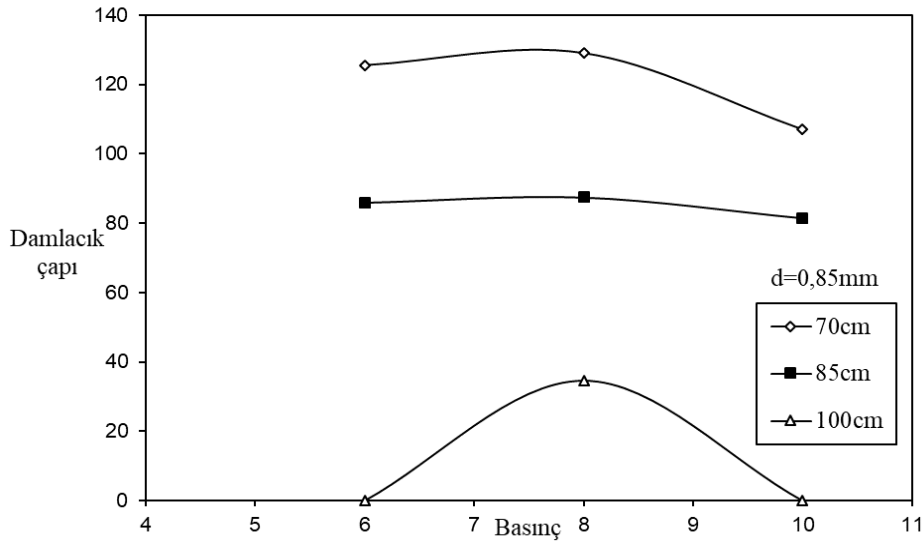
Şekil 4.28. $d=0,85\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.



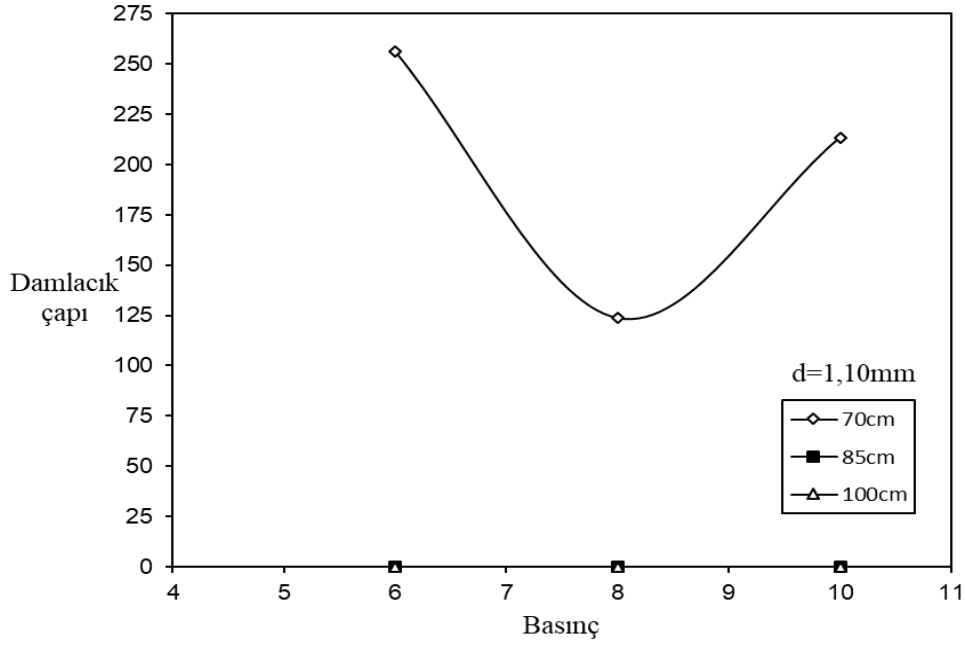
Şekil 4.29. $d=1,10\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.



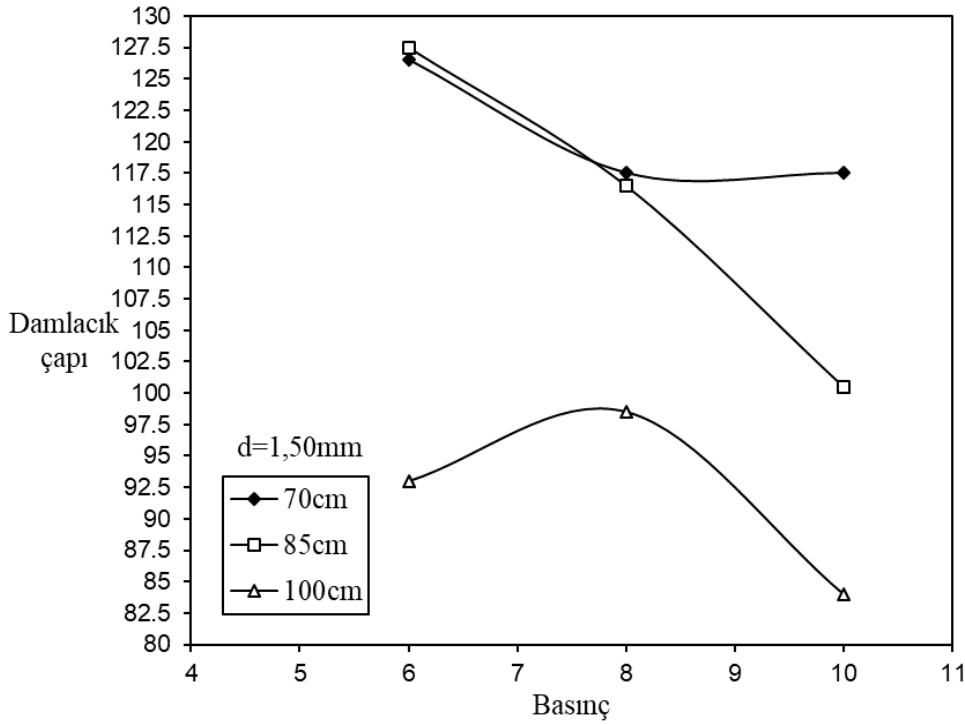
Şekil 4.30. d=1,50mm çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile mesafenin basınç ile değişimi.



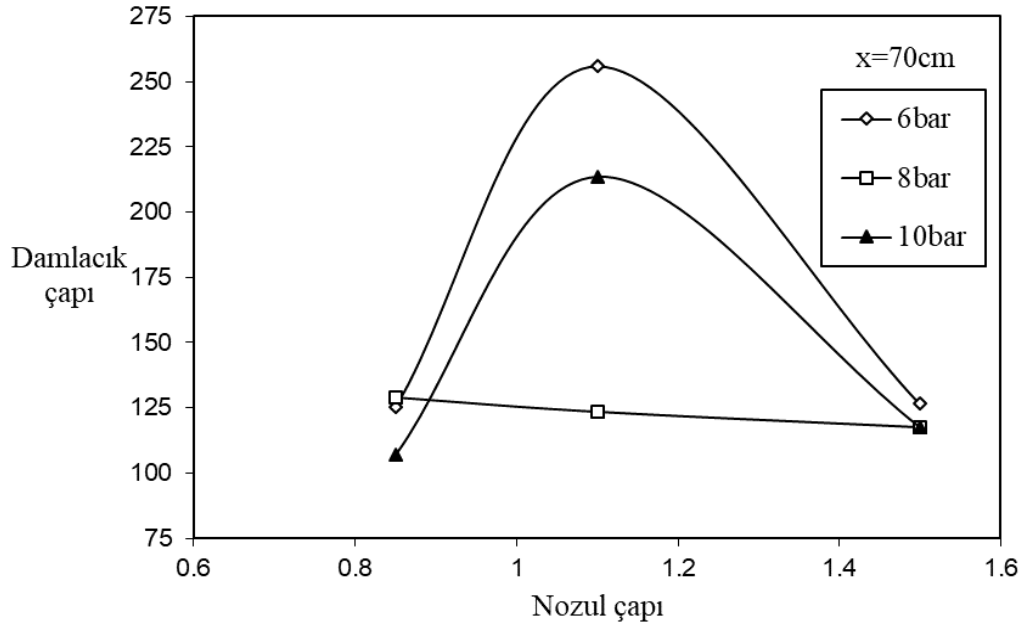
Şekil 4.31. d=0,85mm çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.



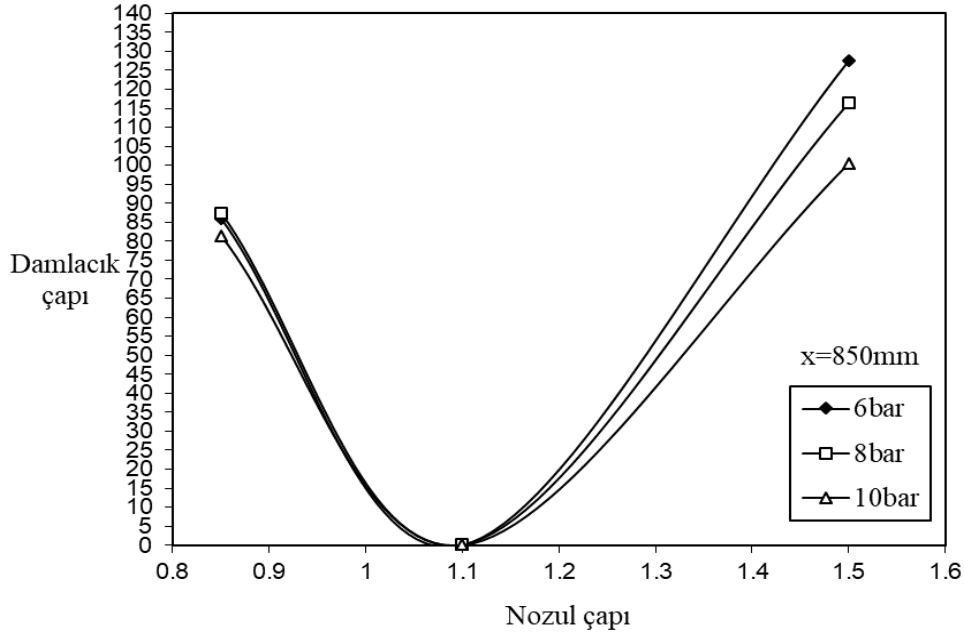
Şekil 4.32. $d=1,10\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.



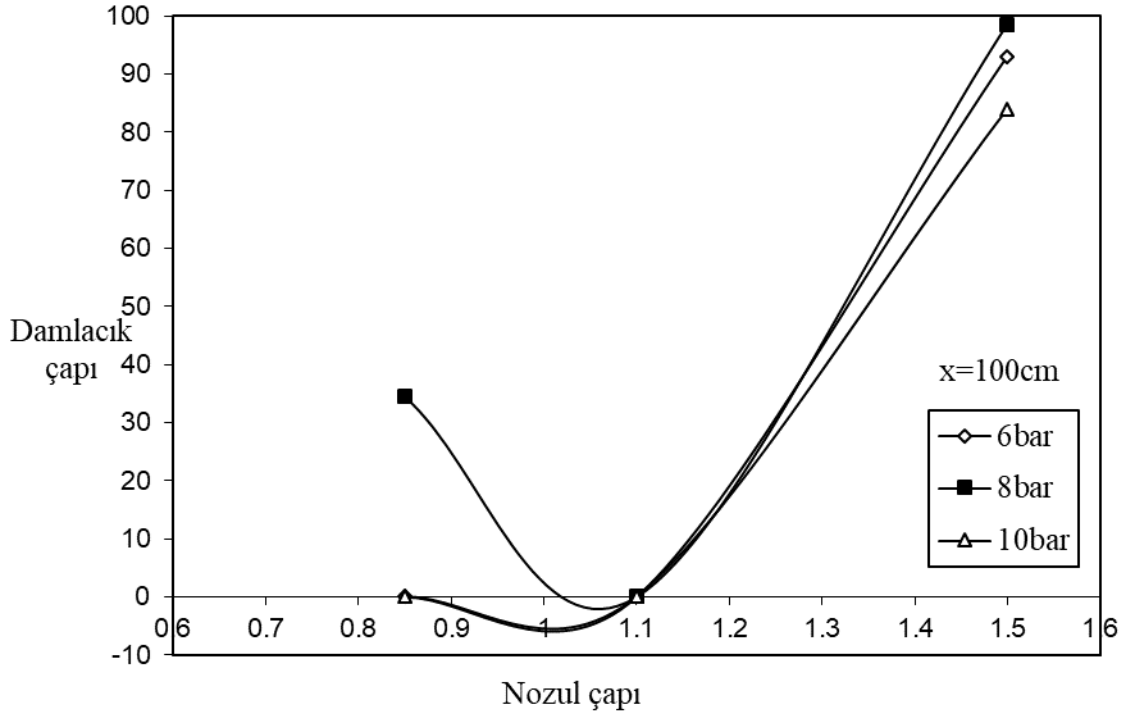
Şekil 4.33. $d=1,50\text{mm}$ çaplı konik nozulda, damlacık çapı ile basıncın mesafe ile değişimi.



Şekil 4.34. $x=70\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.



Şekil 4.35. $x=85\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.



Şekil 4.36. $x=100\text{cm}$ spreyleme mesafesinde, damlacık çapı ile nozul çapının mesafe ile değişimi.

Yukarıda sunulan grafikler ve Çizelge 4.2 incelendiğinde, atomizasyonda kullanılan nozulların karakteristik damla çapları ile homojenitelerinin aynı spreyleme mesafesinde, çalışma basıncına bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir.

Uygulanan atomizasyonda oluşan damlacık çapları arasındaki sapma miktarı homojenite katsayısı ile ilgilidir. Homojenite katsayısı azaldıkça (1'e yaklaştıkça) atomizasyon sırasında oluşan damlacık çapları daha homojen bir dağılım sergilemektedir. Bu nedenle homojenite katsayısı (r) değerlendirmelerde kullanılmıştır.

Çizelge 4.2 ve grafikler değerlendirildiğinde genel olarak, aynı nozul çapı ve spreyleme mesafesinde; atomizasyon basıncı artarken karakteristik damla çapları küçülmüş ve homojenite katsayısı iyileşmiştir. Bu durum, atomizasyon basıncı arttıkça daha iyi bir ilaçlama yapılabileceğini ifade etmektedir. 0.85 mm çaplı nozul 70cm spreyleme mesafesinde incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme basınçları arasında damlacık çapının %14.7 azaldığı, homojenitenin ise %11.7 iyileştiği hesaplanmıştır.

Buna karşılık aynı spreyleme basıncı ve spreyleme mesafesi için nozul çapları karşılaştırıldığında; nozul çapı arttıkça damlacık çapının arttığı ve homojenite değerinin

kötüleştigi gözlemlenmiştir. 10 bar spreyleme basıncı ve 85 cm spreyleme mesafesinde en düşük ve en yüksek nozul çapları karşılaştırıldığında; nozul çapı arttıkça damlacık çapının %60.1 arttığı, homojenitenin ise %28.4 kötüleştigi hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmada, aynı nozul çapı için basınç arttıkça damlacık çapı küçülmüş ve homojenite iyileşmiştir. Buna ilaveten, yine aynı nozul çapı için aynı spreyleme basıncında, spreyleme mesafesi arttıkça damlacık çapı küçülmüş ve homojenite iyileşmiştir. 1.50 mm çaplı nozul, 6 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %28.5 azaldığı, homojenitenin ise %13.6 iyileştigi hesaplanmıştır. Aynı çaplı nozul, 8 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %15.7 azaldığı, homojenitenin ise %16.8 iyileştigi hesaplanmıştır. 1.50 mm çaplı nozul, 10 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %28.5 azaldığı, homojenitenin ise %11.4 iyileştigi hesaplanmıştır.

Farklı nozul çaplarıyla yapılan bu çalışmada en yüksek homojenite 100 cm spreyleme mesafesinde, 10 bar spreyleme basıncında ve 1.50mm çaplı nozulda elde edilmiştir. En düşük homojenite ise 70 cm spreyleme mesafesinde, 10 bar spreyleme basıncında ve 1.10 mm çaplı nozulda elde edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, klasik ilaçlama ünitelerinde bulunan ve tekli olarak karşıdan atomizasyon sağlayan konik atomizerlerin akış parametrelerinin damlacık çapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaca yönelik, sistemde sabit ilaçlama hızı için; üç farklı nozul-yüzey mesafesi (70cm, 85cm, 100cm), üç farklı çalışma basıncı (6bar, 8bar, 10 bar) ve üç farklı nozul çapı (0.85mm, 1.10mm, 1.50mm) akış parametreleri olarak belirlenmiştir. Deneysel herhangi bir hata olasılığı dikkate alınarak farklı zamanlarda çift tekrarlı olarak yapılmış ve deneyler sonucu suya duyarlı kağıt üzerinde elde edilen görüntüler işlenerek hacimsel çap ve homojenlik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere parametrelerin etkisini inceleyebilmek için grafikler çizilerek yorumlanmıştır. Deneysel sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Atomizasyonda kullanılan nozulların karakteristik damla çapları ile homojenitelerinin aynı spreyleme mesafesinde, çalışma basıncına bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. Genel olarak, aynı nozul çapı ve spreyleme mesafesinde; atomizasyon basıncı artarken karakteristik damla çapları küçülmüş ve homojenite katsayısı iyileşmiştir. Bu durum, atomizasyon basıncı arttıkça daha iyi bir ilaçlama yapılabileceğini ifade etmektedir. 0.85 mm çaplı nozul 70cm spreyleme mesafesinde incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme basınçları arasında damlacık çapının %14.7 azaldığı, homojenitenin ise %11.7 iyileştiği hesaplanmıştır.

Aynı spreyleme basıncı ve spreyleme mesafesi için nozul çapları karşılaştırıldığında; nozul çapı arttıkça damlacık çapının arttığı ve homojenite değerinin kötüleştiği gözlemlenmiştir. 10 bar spreyleme basıncı ve 85 cm spreyleme mesafesinde en düşük ve en yüksek nozul çapları karşılaştırıldığında; nozul çapı arttıkça damlacık çapının %60.1 arttığı, homojenitenin ise %28.4 kötüleştiği hesaplanmıştır. Aynı nozul çapı için basınç arttıkça damlacık çapı küçülmüş ve homojenite iyileşmiştir.

Buna ilaveten, yine aynı nozul çapı için aynı spreyleme basıncında, spreyleme mesafesi arttıkça damlacık çapı küçülmüş ve homojenite iyileşmiştir. 1.50 mm çaplı nozul, 6 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %28.5 azaldığı, homojenitenin ise %13.6 iyileştiği hesaplanmıştır. Aynı çaplı nozul, 8 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek

ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %15.7 azaldığı, homojenitenin ise %16.8 iyileştiği hesaplanmıştır. 1.50 mm çaplı nozul, 10 bar spreyleme basıncında incelendiğinde, en yüksek ve en düşük spreyleme mesafeleri arasında damlacık çapının %28.5 azaldığı, homojenitenin ise %11.4 iyileştiği hesaplanmıştır. Farklı nozul çaplarıyla yapılan bu çalışmada en yüksek homojenite 100 cm spreyleme mesafesinde, 10 bar spreyleme basıncında ve 1.50mm çaplı nozulda elde edilmiştir. En düşük homojenite ise 70 cm spreyleme mesafesinde, 10 bar spreyleme basıncında ve 1.10 mm çaplı nozulda elde edilmiştir. Çalışma sonunda bundan sonraki araştırmalarla ilgili aşağıdaki öneriler belirlenmiştir: Kesirli faktöriyel tasarımlardan olan Taguchi deney tasarımında optimum noktalar belirlenirken oldukça az sayıdaki deneysel nokta değerleri esas alınmaktadır. Özellikle damlacık çapı çalışmalarında bir korelasyona ihtiyaç duyulduğu için kesirli faktöriyel tasarımlarla test elemanlarının davranışlarını tamamen temsil eden bir korelasyon üretmek mümkün değildir. Bunun için istatistiki matematik bilgilerine başvurmak gerekmektedir.

Bu çalışma sonunda kesirli faktöriyel tasarımla elde edilen parametrelerin optimum değerlerinin arasında en fazla etkili olanları tam faktöriyel deney metoduyla incelenmiştir. İlaçlamanın dış etkenlere bağlı (rüzgar hızı, nem, sıcaklık, vb.) olması nedeniyle parametre sayısı artırılıp optimum şartlar ve parametreler arası etkileşim daha detaylı araştırılabilir. Özellikle akış karakteristiklerini belirlemeye yönelik çalışmalar kompleks çalışmalardır. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen damlacık çapı ve homojenlik değerlerinin yanı sıra damla yoğunluğu ve iz maddesi de kullanımıyla iz maddesi tutunma miktarı hesaplanabilir. Bu sayede ilaçlama verimliliğiyle ilgili daha detaylı bilgi sahibi olunabilir. Değişik akış simülasyon yöntemleri ve Fluent gibi yazılımlar kullanılarak akış olayları matematiksel olarak çözülebilir. Ayrıca akış gözlemlene deneyleri ile çeşitli spreyleme basınçları, spreyleme mesafeleri, vb. akım yapısının belirlenmesi böylesine dış etkenlere bağlı bir fiziksel olay hakkında bilgi sahibi olmak için oldukça faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2012. *Dünya Meyve Üretim İstatistikleri*, FAO.
- Burak, M., Öz, F. ve Bulagay, N., 1994. *Yerli ve Yabancı Elma Çeşitlerinin Seçimi*. Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova, 18s.
- Bozdoğan, N.Y., 2005. *Turbofan ve Yardımcı Hava Akımlı Döner Diskli Memelerin (Micromax III, TARP-2383) Farklı İşletme Koşullarında Sağladıkları Kalıntı ve Sürüklenme Boyutlarının Saptanması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Cantu, D., Vicente, A.R., Labavitch, J.M., Bennett, A.B. and Powell, A.L.T., 2008b. Strangers in the matrix: plant cell walls and pathogen susceptibility. *Trends Plant Sci*, **13**: 610-617.
- Coates, W., 1996. Spraying technologies for cotton: deposition and efficacy. *Applied Engineering in Agriculture*, **12**(3): 287-296.
- Coates, W. and Palumbo, J., 1997. Deposition, off-target movement, and efficacy of captureTM and thiodanTM applied to cantaloupes using five sprayers. *Applied Engineering in Agriculture*, **13**(2): 181-188.
- Coşkun, F., 2006. *Gıdalarda Bulunan Doğal Koruyucular*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, Tekirdağ, 2: 27-33.
- Çelen, I. H., Arın, S., Durgut, M.R. ve Okur E., 2007. Bağlarda kalıntı ve damla dağılımı üzerinde pülverizatör ilerleme hızı değişiminin etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi*, Sütçü İmam Üniversitesi 5-7 Eylül, Kahramanmaraş.
- Dağ, S.S., Aykaç, V.T., Gündüz, A., Kantarcı, M., Şişman, N., 2000. Türkiyede tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği, *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, 933-957, Ankara
- Demirdöven, A. and Baysal, T., 2008. The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, **25**(1): 1-11.
- Dursun, E., Karahan, Y. Ve Çilingir, İ., 2000. Ülkemizde üretilen pülverizatör meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, sayfa, 201-206, 1-2 Haziran, Erzurum.
- Ellis, M. C. B. and Tuck, C.R., 1999. How adjuvants influence spray formation with different hydraulic nozzles. *Crop Protection*, **18**, 101-109.
- Grisso, R., Ozkan, H.E., Hofman, V., Womac, A., Wolf, R., Hoffman, W.C., Williford, J. And Valco, T., 2004. *Pesticide Application Equipmant*. Chapter 29.
- Günel, H., Öztürk, İ., 2006. Bant ilaçlaması ve direkt ilaçlama yapan üniteler ve kullanım alanları, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* **38** (1): 91-95
- Güler, H., 2002. *Değişik Hava Akımı ve İlaç Püskürtme Yönlerinin Tele Alınmış Bağlarda İlaç Dağılım Düzgünlüğüne Olan Etkisi*, Doktora Tezi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Hassen, N.S., Sidik, N.A.C., Sheriff, J.M., 2014. *Advanced Techniques for Reducing Spray Losses in Agrochemical Application System*
- Kurt, M., 2019. *Fungal İnhibitörler ile Hasat Sonrası Elma Meyvelerinde Penicillium Expansum Fungusunun Gelişiminin Engellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Lahlali, R., Serrhini, M.N. and Jijakli, M.H., 2004. Efficacy assessment of conidia *oleophila* (strain O) and *pichia anomala* (strain K) against major postharvest diseases of citrus fruits in Morocco. *Comm Agr Appl Biol Sci*, **69**(4): 601-609.
- Matthews, G.A., 1979. *Pesticide Application Methods*. Longman, p.1-325.
- Matthews, G. A., 2004. How Was The Pesticide Applied? *Crop Protection*, **23**, 651-653.
- Özkan, H.E., Reichard, D.L. Ackerman. K. D., 1992. Effect of orifice wear on spray patterns from fan nozzles. *Transactions of the ASAE*, **35**(4), 1091-1097.
- Özongun, S., Dolunay, E.M., Öztürk, G. ve Pektaş, M., 2014. Eğirdir (Isparta) Şartlarında bazı elma çeşitlerinin performansları. *Meyve Bilimi*, **1**(2): 21-29.
- Pekitkan, F.G. 2015. *Bağlarda Etkin İlaçlama İçin Değişken Düzeyli Püskürtme Sistemi Tasarımı*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Sabahoğlu, Y., Aydar, A., Uzunok, S., Atlamaz, A.,2010. Elma bahçelerinde elma karalekesi *venturia inaequalis* (Cke.) wint. hastalığının mücadelesinde yardımcı hava akımlı hidrolik bahçe pülverizatörünün biyolojik performansının belirlenmesi, *Bitki Koruma Bülteni* , **50**(4):183-191
- Sayınacı, B., Bastaban, S., Sanches,J.,2012. Determination of optimal spot roundness variation interval for droplet size analysis on water sensitive Paper, *J. Agr. Sci. Tech.* **14**: 285-298
- Seven, A., 2004. *Hakkari İlinde Elma İçkurduna (Cydia pomonella (L) Lep Tortricidae) Karşı Farklı İlaç ve İlaçlama Yöntemlerinin Arthropodlar Üzerine Etkisi*,Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniveritesi Fenbilimleri Enstitüsü, Van.
- Sever, T.,2015. *Yardımcı Hava Akımlı Hidrolik Bağ – Bahçe Pülverizatörü İçin Hava Yönlendirme Elemanının Performansının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Shahatha, H.H., 1989. *Konik Hüzmeli Pülverizatör Memelerinin Çeşitli Kullanma Koşullarında Uygunluklarının Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y.Lisans Tezi.
- Sidahmed, M. M., Brown, R. B and Darvishvand, M., 1999. Drop-size / velocity correlations at formation of sprays from fan nozzles. *Transactions of the ASAE*, **42** (6), 1557-1564.
- Sidahmed, M. M., Awadalla, H. H. and Haidar, M. A., 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. *Biosystems Engineering*, **88** (3): 305-312.
- Sumner. H. R. and Herzog, G. A., 2000. Assessing the effectiveness of air-assisted and hydraulic sprayers in cotton via leaf bioassay. *The Journal of Cotton Science*, **4**, 79-83.
- Sumner, H. R., Herzog, G. A., Sumner, P.E., Bader, M. and Mullinix, B. G., 2000. Chemical application equipment for improved deposition in cotton. *The Journal of Cotton Science*, **4**,19-27.
- Tanış, M., 2019. *Bitkisel İlaçlamada Sprey Karakteristiklerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2016. “*Elma Hastalık Ve Zararlıları İle Mücadele Kitapeği*” www.tarim.gov.tr
Erişim tarihi: 09.10.2019.
- Urkan, E., 2005. *Bir Hidrolik Bağ Pülverizatöründe Damla Büyüklüğünün Sürüklenme Üzerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Urkan, E., 2012. *Farklı Tip Memelerle Bağ İlaçlamasında Pülverizatör Performansının ve Sürüklenmenin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Womac, A.R., Mulrooney, J. E. And Scott. W. P., 1992. Characteristics of air-assisted and drop-nozzle sprays in cotton. *Transactions of the ASAE*, **35** (5), 1369-1376.
- Womac, A., Wills, J., Ellis, L. And Coffey, D., 2002. *Improving Drop Nozzle and Air Blast Tomato Spraying*.
<http://bioenr.ag.utk.edu/Extension/extprog/vegetable/year/veginitreport00/60>
- Yağcıoğlu, A., 1993. *Bitki Koruma Makinaları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayın no: 508, 338s. Bornova, İzmir.
- Yıldırım, E., 2008. Tarımsal zararlılarla mücadele yöntemleri ve ilaçlar. 2. Baskı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 219*, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 350 s.
- Zhu, H., D. L., Dorner, J.W., Rowland, D.L., Derksen, R.C. and Ozkan, H.E., 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, **87** (3), 275-283.

ÖZ GEÇMİŞ

1986 yılında Van'da doğdu. İlk, Orta ve Lise Öğrenimini Van'da tamamladı. 2009 yılında girdiği Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu ve özel sektörde çalışma hayatına başladı. 2013 yılından beri imalat ve enerji sektörlerinde mühendis ve yönetici olarak çalışmaktadır. Halen Boğaziçi Mühendislik Firması'nda makine mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.



KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi **Biyosistem Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda **Dr. Öğr. Üy. Altuğ KARABEY** danışmanlığında, **Yunus ÖZKAN** tarafından sunulan "**BİTKİSEL İLAÇLAMADA OPTİMİZE EDİLMİŞ GEOMETRİDE SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince **08 / 11 / 2019** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği/ oy-çokluğu** ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans/ Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üy. Faruk YEŞİLDAL

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üy. Altuğ KARABEY

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29.11.2019 tarih ve 2019/62-I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

