

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL MAKİNE SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL İLAÇLAMADA SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN TAGUCHİ  
YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mehmet TANIŞ  
DANIŞMAN: Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY

VAN-2019



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL MAKİNE SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

**BİTKİSEL İLAÇLAMADA SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN TAGUCHİ  
YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: MEHMET TANIŞ

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2019- 8101** No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2019



## KABUL VE ONAY SAYFASI

Tarımsal Makine Sistemleri Anabilim Dalı'nda Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY danışmanlığında, Mehmet TANIŞ tarafından sunulan “**Bitkisel İlaçlamada Sprey Karakteristiklerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 26/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr.Şefik TÜFENKÇİ

İmza:

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY


İmza:

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Faruk YEŞİLDAL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 06/09/2019 tarih ve 2019/50-1. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza  
Dr.Öğr.Ü. Z. Funda TÜRKMEÑOĞLU  
Enstitü Müdürü  
Enstitü Müdürü





## 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.

Mehmet TANIŞ







## ÖZET

### BİTKİSEL İLAÇLAMADA SPREY KARAKTERİSTİKLERİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU

TANIŞ, Mehmet  
Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Makine Sistemleri Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı : Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY  
Eylül 2019, 37 sayfa

Bu tez çalışmasında, elma ağacı zararlıları ile mücadele de Taguchi yöntemi kullanılarak minimum ilaç kalıntısını sağlayan nozul tipini ve fazla ilaç kullanımını en aza indirerek çevreye, toprağa, havaya ve suya karışabilecek ilaç miktarının düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda değişik çaplarda ki nozullar (0.85, 1.10, 1.5 mikron) ile farklı yükseklik (70, 85, 100cm), farklı basınçlarda (6, 8, 10 bar) ve farklı açılarda (0, 15, 30 derece) püskürtme işlemi yapılarak ilacın spreynin karakteristiklerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapıldı. Deneilerde sodium fluorescein iz maddesi kullanılmıştır. Çalışmada ilaçlama uygulamasını değerlendirmek üzere dikey dizilmiş suya duyarlı kağıtlardan oluşan deney düzeneğinde, nozul- yüzey arası mesafe, spreyleme basıncı, nozul çapı ve nozul açısının damlacık çapı ve akım karakteristiklerine etkileri Taguchi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. İlk aşamada ortalama çap değerleri belirlenmiştir. Hacimsel Medyan Çap performans karakteristiği olarak dikkate alınmış ve belirlenen dört parametre için  $L_9(3^4)$  ortogonal dizisi deney planı olarak seçilmiştir. Performans karakteristiği dikkate alınarak Hacimsel Medyan Çap hesaplandığında optimum sonuçlar; 6 bar spreyleme basıncı 100cm spreyleme mesafesi, 30° nozul açısı ve 1.10 mikron nozul çapında elde edilmiştir. Hacimsel Medyan Çap değerleri görüntü işleme yöntemiyle hesaplanmış, parametrelerin damlacık çapı üzerindeki etki grafikleri çizilip yorumları yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bitkisel ilaçlama, Optimizasyon, Sprey karakteristikleri, Taguchi yöntemi.



## ABSTRACT

### OPTIMIZATION OF SPRAY CHARACTERISTICS BY TAGUCHI METHOD IN HERBAL PESTICIDE

TANIŞ, Mehmet

Master Thesis, Department of Agricultural Machinery Systems

Supervisor : Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY

September 2019, 37 pages

In this thesis, it is aimed to reduce the amount of drug that can be mixed with environment, soil, air and water by minimizing the type of nozzle and the use of excess drugs by using Taguchi method in combating apple tree pests. For this purpose, nozzles of different diameters (0.85, 1.10, 1.5 micron) are sprayed at different heights (70, 85, 100cm), at different pressures (6, 8, 10 bar) and at different angles (0, 15, 30 degrees). studies were carried out to determine the spray characteristics of the drug. Sodium fluorescein was used in the experiments. In this study, the effects of nozzle-to-surface distance, spraying pressure, nozzle diameter and nozzle angle on droplet diameter and flow characteristics were investigated using Taguchi method. In the first stage, mean diameter values were determined. Volumetric Median Diameter was considered as performance characteristic and  $L_9(3^4)$  orthogonal sequence was chosen as the experimental plan for the four parameters determined. When the Volumetric Median Diameter was calculated considering the performance characteristics, optimum results were obtained with 6 bar spraying pressure, 100 mm spraying distance,  $30^\circ$  nozzle angle and 1,10 micron nozzle diameter. Volumetric Median Diameter values were calculated by image processing method and the effect graphs of the parameters on the droplet diameter were drawn and interpreted.

**Keywords:** Herbal pesticide, Optimization, Spray characteristics, Taguchi method.



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımını esirgemeyen, beni her zaman çalışmaya teşvik eden danışmanım Sayın Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY'e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitim sürecim boyunca her konuda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen bölüm başkanım sayın Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ hocama teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın maddi desteğini veren Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (BAP) (Proje No: FYL-2019- 8101) teşekkür ederim. Bana her konuda destek olan annem babam ve kardeşlerime, eşim Ziraat Yüksek Müh. Gül Betül TANIŞ'a ve kızım Merve TANIŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

2019

Mehmet TANIŞ



# İÇİNDEKİLER

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| ÖZET .....                                    | i            |
| ABSTRACT .....                                | iii          |
| ÖN SÖZ.....                                   | v            |
| İÇİNDEKİLER.....                              | vii          |
| ÇİZELGELER LİSTESİ .....                      | ix           |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                         | xi           |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                  | xiii         |
| 1. GİRİŞ.....                                 | 1            |
| 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....                   | 7            |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                    | 11           |
| 3.1. Materyal.....                            | 11           |
| 3.1.1. Deney düzeneği .....                   | 11           |
| 3.1.2. Deney düzeneğinin parçaları.....       | 11           |
| 3.1.2.1. Hidrolik pompa.....                  | 12           |
| 3.1.2.2. Kimyasal ilaçlı su deposu .....      | 13           |
| 3.1.2.3. Deney düzeneği sehpası.....          | 14           |
| 3.1.2.4. Debi ölçer .....                     | 14           |
| 3.1.2.5. Otomatik kontrol panosu .....        | 15           |
| 3.1.2.6. Nozullar .....                       | 16           |
| 3.1.2.7. Bağlantı boruları ve hortumlar ..... | 16           |
| 3.1.2.8. Karıştırıcı motor .....              | 17           |
| 3.1.2.9. Mesafe sensörleri.....               | 17           |
| 3.1.2.10. Redüktörlü yürüyüş motoru.....      | 18           |
| 3.1.2.11. Açık/kapalı düğmesi (switch).....   | 19           |

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| 3.1.2.12. Suya Duyarlı Kağıt .....                            | 19           |
| 3.2. Yöntem .....   | 20           |
| 3.2.1. Deney Tasarım Teknikleri ve Taguchi Deney Yöntemi..... | 20           |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....                                  | 25           |
| 4.1.Sistem Tasarımı ve Akış Karakteristikleri.....            | 25           |
| 5. SONUÇ.....   | 33           |
| KAYNAKLAR.....  | 35           |
| ÖZ GEÇMİŞ.....  | 37           |



## ÇİZELGELER LİSTESİ

| Çizelge   | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 4.1. Çalışmada incelenen parametreler ve değerleri.....   | 26    |
| Çizelge 4.2. Seçilen $L_9(3^4)$ deney planı.....  | 26    |
| Çizelge 4.3. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve bunlara ait S/N değerleri..  | 28    |
| Çizelge 4.4. Nozul çapı esas alınarak hesap edilen ortalama damlacık çapına göre yapılan optimizasyon ve optimum değerler ..... | 31    |





## ŞEKİLLER LİSTESİ

| Şekil  | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 3.1. Deney düzeneği .....  | 11    |
| Şekil 3.2. Hidrolik pompa.....   | 12    |
| Şekil 3.3. Kimyasal ilaçlı su deposu.....  | 13    |
| Şekil 3.4. Deney düzeneği sehpası .....  | 14    |
| Şekil 3.5. Debi ölçer .....  | 15    |
| Şekil 3.6. Otomatik kontrol panosu .....   | 15    |
| Şekil 3.7. Nozullar .....  | 16    |
| Şekil 3.8. Bağlantı boruları ve hortumlar .....  | 16    |
| Şekil 3.9. Karıştırıcı motor .....   | 17    |
| Şekil 3.10. Mesafe sensörleri.....   | 17    |
| Şekil 3.11. Redüktörlü yürüyüş motoru .....  | 18    |
| Şekil 3.12. Açık/Kapalı düğmesi (switch).....  | 19    |
| Şekil 3.13. Suya duyarlı kağıt.....  | 19    |
| Şekil 4.1. ANOVA Programında Taguchi Analizi başlangıç ekranı .....                            | 27    |
| Şekil 4.2. Deneylemlerden elde edilen sonuçlara göre damlacık çapları .....                    | 28    |
| Şekil 4.3. Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine katkı yüzdeleri (Mean Analysis)<br>..... | 29    |
| Şekil 4.4. Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine katkı yüzdeleri .....                    | 29    |
| Şekil 4.5. Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine etkileri .....                           | 30    |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

### Simgeler

### Açıklama

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| <b>kg</b>   | Kilogram          |
| <b>m</b>    | Metre             |
| <b>km/s</b> | Kilometre saat    |
| <b>m/s</b>  | Metre Saniye      |
| <b>sa</b>   | Saat              |
| <b>mm</b>   | Milimetre         |
| <b>L</b>    | Litre             |
| <b>v</b>    | Volt              |
| <b>µm</b>   | Mikron            |
| <b>W</b>    | Watt              |
| <b>kw</b>   | Kilowat           |
| <b>P</b>    | Basınç            |
| <b>Pa</b>   | Pascal            |
| <b>g</b>    | Yer Çekim Kuvveti |
| <b>h</b>    | Yükseklik         |
| <b>q</b>    | Yoğunluk          |
| <b>v</b>    | Volt              |
| <b>N</b>    | Newton            |
| <b>s</b>    | Saniye            |

### Kısaltmalar

### Açıklama

|            |                             |
|------------|-----------------------------|
| <b>FAO</b> | Dünya Gıda ve Tarım Örgütü  |
| <b>AB</b>  | Avrupa Birliği              |
| <b>ABD</b> | Amerika Birleşik Devletleri |
| <b>TS</b>  | Türk Standartları           |



## 1. GİRİŞ

Tarım küresel bazda gelişmekte olan büyük ve ciddi bir sektördür. Ekonomik ve sosyal alanda meydana gelen gelişmeler, 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 ön tahmin edilmektedir. Dünya, gelecekte daha kalabalık 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 keşke yapılabilseydi! Pek mümkün olamamaktadır. O zaman 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).

Avrupa Birliği (AB) dünyadaki en yüksek gıda güvenliği standartlarından birine sahiptir. AB mevzuatı gereğince yapılan katı düzenlemeler sayesinde, gıdaların güvenli bir şekilde tüketicilere ulaşması sağlanmıştır. AB 1979 yılında Hızlı Uyarı Sistemi (Rapid Alert System) kurulmuştur. RASFF, bilgilerin üye ülkeler arasında etkin bir şekilde paylaşılmasını sağlar. Bildirimler topluca ve verimli bir şekilde gönderilir, alınır ve yanıtlanır. RASFF sayesinde, Avrupalı tüketicilere zarar vermeden önce birçok gıda güvenliği riski önlenmiştir. Bitkide izin verilen kalıntı miktarı kalmasıyla insanlara ve canlılara zarar vermektedir. Yüksek kalıntı miktalı ürünlerin kullanılmasıyla, sağlık açısından büyük bir risk demektir. RASFF sisteminin AB'ye giren ürünlerin kalıntı

miktarını aşanların, tespit edilerek internet ağı üzerinden yayımlayarak kamuoyuyla paylaşmaktadır (Anonim, 2009).

Hızla artan dünya nüfusuna, tarımda üretim alanında yüksek verimler elde etmeyi gerektirir. 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, H. ve Ark. 2006).

Her yıl dünya çapında 2,2 milyar kg'dan fazla pestisit kullanılmaktadır. Geleneksel sprey kullanım 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 azaltmak için doğru zamanda doğru uygulama ile doğru miktarda pestisit koyulmalıdır (Hassen, N.S. ve Ark. 2014).

Tarımda belirli ekili ve dikili alanlar mevcuttur bu alanları doğru ve bilinçli olarak kullanmak verimlilik açısından çok önemlidir. Bitkisel üretimdeki hastalıklar, yabancı otlar ve zararlı etkenlerin olumsuz yöndeki etkilerini en aza indirerek, ekonomik ve kaliteyi yükseltmek adına büyük bir etkiye sahiptir (Kültürel, 2008).

Bitkisel üretimde verimi etkileyen unsur zararlı organizmalar, hastalıklar, zararlı ve yabancı otlardır. Ülkemizde yetişen bitkileri zarara uğratan 588 zararlı organizma vardır. Bitkisel yetiştiricilikte hastalık ve zararlılar ortalama %30-35, salgın durumda olanlar ise %100 oranında zarara neden olabilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2016).

Tarımsal nozullar tarafından üretilen sprey kalitesi, bitki koruma ürünlerinin uygulanmasında önemli rol oynar. İdeal meme-basınç kombinasyonu, öldürücü bir dozun hedefe biriktirilmesini ve transferini artırarak sprey verimliliğini en üst seviyeye çıkarmalıdır (Smith, D.B. ve Ark. 2000).

Genel olarak böcek ilaçları, hedef bölgelerdeki birikmeyi en üst düzeye çıkarmak amacıyla spreylere vasıtasıyla uygulanır. Bununla birlikte, püskürtme işlemi sıklıkla, çevreye sürtünen sprey gibi kayıplara neden olmaktadır. Sprey kayması, tarımsal uygulamaların pestisitlerin sürdürülebilir kullanımı açısından çevresel sonuçları nedeniyle büyük bir endişe kaynağıdır. Püskürtme kayması, uygulama işlemi sırasında



hava akımlarının hareketi ile püskürtülen (işlenmiş) alandan gerçekleştirilen sprey sıvısı miktarı olarak tanımlanır (ISO 22866).

Pestisitler, ekili ürünlerin hem verimliliğini hem de kalitesini artırmak için kullanılır. Diğer yandan, ciddi çevresel ve halk sağlığı sorunlarına neden olabilirler. Pestisit uygulamasının sonuçları, kirletici ajanların mahsul yetiştirme alanlarından havaya, suya ve diğer doğal kaynaklara farklı yollar yoluyla taşınması nedeniyle kırsal ve kentsel alanlarda kalıcı sorunlara neden olabilir (Heidary, M.Al. ve Ark. 2014).

Pestisit uygulamalarında en önemli unsurlardan biri, kullanılacak ilaçlama makinesinin nozullarıdır. Hedef dışı pestisit kalıntısı bırakmamak için uygun nozullar kullanılarak azaltılabilir. Püskürtülen pestisitler; damlacık büyüklüğü, rüzgar hızı ve yönü, sprey tahliye yüksekliği ve sürüklenme gibi özelliklerin etkisi ile en aza indirilebilir (Bozdoğan, N.Y. ve Ark. 2009).

Tarımsal ilaçlamada damlacık özelliklerini belirlemek için suya duyarlı kağıtlar kullanılmaktadır. Suyu duyarlı kağıtlar'ın yüzeyine püskürtülen ilacın tanecikleri üst üste binmemiş noktalar göz ardı edilerek ortalama ilaçlama oranı bu şekilde bulunur (Sayıncı, B. ve Ark. 2012).

Ülkemizde elma uzun yıllardan beri yetiştirilen ve üretim alanı olarak diğer meyvelerin başında gelir. Dünya da elma üretimi günümüzde 75 milyon ton civarındadır. En fazla üretim yapan ülke 30 milyon ton ile Çin'dir. ÇİN'İ, ABD ve Türkiye TAKİP etmektedir. Türkiye'nin payı %3-4 civarındadır. Dünyada elma türlerinin sayısı 6.500 civarında iken, Türkiye'de ise bu sayı 460 civarındadır.

Günümüz şartlarında tarım ilacı kullanımı vazgeçilmez duruma gelmiştir. Öyle ki, bugün dünyada tarım ilacı kullanmadan tarımsal üretim yapılsaydı verimlerde %20 ila %40 oranlarında düşüş yaşanırdı (Chen, 2010).

Doğada bitki koruma ilaçlarındaki döngü, karışık yapıya sahiptir. Örneğin herhangi bir ortamdaki ağaçların hastalık veya zararlılara karşı ilaçlanması esnasında ilaç tanecikleri su ekosistemine karışmaktadır. Canlıların çeşitli hayat yapılarına karşı pestisitler farklı atık etkileri göstermektedir. Buna karşılık genel kural olarak, bitki koruma ilaçlarının canlılar için zehirli olduğu tespit edilmiştir. Zira ekosistem içerisindeki tüm canlı organizmalar göz önüne alındığında, ekosisteme giren pestisitlerin bazı topluluklara direkt olarak zehirli etkileri olmasa bile dolaylı şekilde

toksik olması muhtemeldir. Pestisitler direkt veya endirekt yollarla insan ve çevresinde olumsuz yansımalar göstermektedir (Dikmen, 2001).

Kimyasalların kullanımları bilinçsiz şekilde olduğunda yarardan çok zarara dönüşebilmektedir. Fazla kullanılan ilaçların çevreye verdiği kirlilik ve zarar, ekosistemde dengeyi bozabilmektedir. Kullanılan aşırı ilaçlar ürün maliyetini ve ilaç tüketimini artırmaktadır. İlacın iletilmek istendiği yüzeyde yeterince ilaç iletilmemesi de istediğimiz sonuçlara ulaşmamızı engellemektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için, kullanılan alet ve ilaçların dikkatli ve hassas olarak uygulanması sağlanmalıdır (Çilingir, İ. ve Ark. 2002).

Daha fazla ve kaliteli ürün üretmek için, elma hastalık ve zararlıları ile mücadele farklı yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle 1950'li yıllardan itibaren kimyasal mücadele, en çok kullanılan yöntem haline gelmiştir. Ancak rastgele ve yoğun olarak kullanılan ilaçlar, var olan dengeyi bozmaları, toprak su ve hava gibi çevre unsurlarında kirlenmeye neden olmaları, hastalık ve zararlıları zamanla ilaçlara karşı direnç kazanmaları ve ürünlerde kalıntı bırakmaları gibi birçok sakıncalar ortaya çıkarmıştır. Bunun üzerine kimyasal mücadeleye alternatif olabilecek yöntemler üzerinde durulmaya başlanmıştır (Anonim, 2001).

Meyve ağırlığı birimi başına pestisit kalıntıları üç işleme bağlıdır, yani ilk püskürtme birikimindeki değişiklik, hava faktörlerine bağlı fiziksel bozulma ve büyüme seyreltmesi. Bireysel numuneler arasındaki artıklardaki değişkenlik kaçınılmazdır, çünkü kısmen pestisitlerin düzgün bir şekilde püskürtülen şekilde biriktirilmesi mümkün değildir. Uygulama tekniğinin, ürün mimarisinin ve büyüme aşamasının, ilk tortudaki değişkenliği etkilediği gösterilmiştir. Böcek ilacı kalıntılarını etkileyen en önemli faktörlerden biri gölgelik yapısıdır. Birçok çalışma, ilk tortu konsantrasyonlarını etkilemede kanopi (örtücü) yapısının önemini göstermiştir (Xu,X. ve Ark. 2006).

Genel olarak, sprey sapmasını azaltma yöntemleri meyve yetiştiricileri tarafından kabul edilmesi, ekonomik etkiye, bitki koruma etkinliğine ve yasal yönlere bağlıdır. Geri dönüşüm, sensör donanımlı ve korumalı püskürtücüler, iş gücü azaltma, püskürtme hacmi azaltma, püskürtme sapması azaltma, daha geniş bir pestisit aralığı, kimyasallar için optimum zamanlama püskürtme imkanı ve işçilerin püskürtülen ilaçtan daha az etkilenmeleri söz konusu olmalıdır (Koning, 2009).

Sprey kayıpları, sprej uygulama teknolojisinde karşılaşılan en önemli problemdir. Kayıp tarım kimyasalları tarlaya yakın bitkilere zarar verir, ekosistemin kirlenmesi, sprej verimliliğini ve tarım maliyetini azaltır. Bitkiler arasındaki geniş boşlukların püskürtülmesinden ve ayrıca hava akışı olan hedeflenmemiş alanlara sprej sürüklenmesinden dolayı sprejler kaybolur (Hassen, N.S. ve Ark. 2014).

Etkin maddenin en çok nerede ve ne zaman ihtiyaç duyulduğuna ve belirli bir hedef için seçilen optimum damlacık büyüklüğüne daha fazla dikkat edilirse pestisit uygulamasının etkinliği artırılabilir (Matthews, 1977).

Bir püskürtücünün birçok bileşeni, damlacık boyutunu değiştirecek şekilde ayarlanabilir. Bunlardan, meme tipi seçimi en kritik olanlardan biridir. Kullanılacak pestisitlerin uzağa püskürtülmesi, hem ticari olarak hem de masraflı bir sorundur. Sürüklenme de dahil olmak üzere birkaç soruna neden olur. Su kirliliği, pestisit kalıntıları, fazla ilaç kullanımı ve su kirliliklerine neden olur (Summer, 1997).



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Elma ağaçlarındaki yoğun yaprak değişimlerine göre, ilacın sıvı miktarını ayarlayabilen ilaç makinesi geliştirmiştir. Hava destekli ahtapot makinesi kullanılmıştır. Atılacak ilaç miktarını kontrolünü sağlayan memeler, üç farklı debiyle atılmıştır. Püskürtülen ilacın, ultrasonik sensör yardımıyla yaprakların yoğunluğuna göre otomatik olarak değiştirerek atmıştır (Önler, E. 2012).

Amerika'nın Florida eyaletinde gerçekleştirilen hava akımlı pülverizatör ile 2 farklı hızda (1.6 -6.4 km/s), deneyler gerçekleştirerek kalıntı değerlerini ölçmüşlerdir. Zemin hızının, ağaç gölgeliklerindeki ortalama birikim üzerinde etkili olamamıştır. Kalıntı miktarları hız ile önemli bir etkileşim göstererek daha yoğun ve daha düşük biriktirme ile sonuçlanmıştır (Salyani, M. ve Ark. 1990).

Bitkisel ilaçlamada kullanılan hava akımlı pülverizatörlerden farklı olarak, normal ilaçlama makinesine takılan hava yönlendirme aparatı arasındaki kalıntı miktarı ile yerden sürüklenen kaplamalardaki farklılıklara bakılmıştır. İki farklı hava yönlendirme aparatı takılmıştır bu makineler (TS 2014 ve TS 2014a), aynı tip nozul (Konik huzmeli nozul) ile denenmiştir. Asma bitkisindeki kaplama oranı ile pestisit kalıntı miktarı arasındaki dağılım olarak en düzgün sürüklenme açısı sonuçları TS 2014 tarafından alınmıştır (Sever, T. 2014).

Bahçelerde yaygın olarak kullanılan hava akımlı pülverizatörlerin elma bahçelerindeki hastalıklara karşı mücadelesindeki etkinlikler belirlenmiştir. Suya duyarlı kağıtların kullanılarak Nisan ve Haziran ayları arasında iki farklı makine kullanılmıştır. Bu makinelerin karşılaştırılmasında ilk yıl, yardımcı hava pülverizatörü standart pülverizatöre kıyaslan %4.72; ikinci yıl ise %5.32 değerini 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, Y., ve Ark. 2010).

Direkt ilaçlama yöntemleri ile bant ilaçlama yöntemlerinin farklı kullanımları çalışılmıştır. Bant ilaçlanmasında bütün alan ilaçlanmadığı için, çevre ve canlılar olumsuz etkilerden korunmuş olmaktadır. Direkt ilaçlamada istenilen bölge ilaçlandığı

için, klasik ilaçlamalardan daha verimli sonuçlar elde edilmektedir (Günel, H. 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. DERT, 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, N.S. ve Ark. 2014).

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

Uygun meme tipinin, farklı hava debileriyle ilaç sürüklenmesi ve en iyi birikim sağlama yönündeki bu çalışmada dört farklı meme tipi kullanılmıştır. Bunlar konik huzmeli meme, yelpaze huzmeli meme (Teejet XR), hava emişli yelpaze huzmeli meme (AIXR) ve hava emişli meme (AI) kullanılmıştır. Üç farklı hava debisi (32000, 45000, 55000 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>) kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında yapay asma bitkisiyle yapılan uygulamada en iyi birikim değeri, yerden ve havadan en az sürüklenen hava emişli yelpaze huzmeli meme tipi (AIXR), hava debisi ise 45000 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Urkan, E. 2012).

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 ayında ilaçlaması ağ kurdunun oranını azaltmıştır (Seven, A. 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, F.G. 2015).

Pülverizatörlerde sıvı ilacın, sıkışmış hava basıncı debisi üzerine araştırma yapılmıştır. Modellenen yerli üretim bir pülverizatörün debi ve basınç karakteristikleri göz önüne alınarak Matlab Simulink Toolbox kullanılarak simülasyonu hazırlanmıştır. Sonuç olarak sisteme sıkışmış hava basıncı ve debinin karakteristiklerine etki ettiği görülmüştür. 0.1 ve %10 sıkıştırılan havanın, sistemi kararlı hale getirme süresi 1.7s, 2.6s ve 21.6s olarak tespit edilmiştir (Kültürel, Y. 2008).

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 sodyum 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, E. 2005).

Piyasada kullanılan pülverizatör ile geliştirilmiş hava yönlendirme ve ilaç püskürtme makinesinin bağlarda, farklı üç hava debisi (24830, 30473 ve 36117 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/h hava debisinde elde edilmiştir (Güler, H. 2002).





### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Deney düzeneği

Yapılan bu çalışmada, sistemin üzerinde kurulduğu sehpa zemin olarak 2mm paslanmaz levha, ayakları 30x30 mm metal profilden yapılmış eni 0.5m, uzunluğu 5m ve yüksekliği 2m olan sistem olarak kurulmuştur (şekil 3.1).



şekil 3.1. Deney düzeneği.

##### 3.1.2. Deney düzeneğinin parçaları

Geliştirilmiş bu sistemin önemli parçaları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Hidrolik pompa
- Kimyasal ilaçlı su deposu
- Deney düzeneği sehpası
- Debi ölçer

- Otomatik kontrol panosu
- Nozullar
- Bağlantı boruları ve hortumlar
- Karıştırıcı motor
- Mesafe sensörleri
- Redüktörlü yürüyüş motoru
- Açık/kapalı düğmesi (switch)
- Suya duyarlı kağıtlar

### 3.1.2.1. Hidrolik pompa

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürerek bir basınç oluşturuyor, bu basınç enerjisiyle sulandırılmış ilacı hortumlardan hareket ileterek nozullara ulaşmasını sağlar. Nozullarda ilaçlı suyu küçük damlacıklar haline getirerek püskürtme işlemi gerçekleştirir. Kullanılacak püskürtme mesafesi için daha büyük basınç üreten pompalar kullanılabilir. Kullanılan bu hidrolik pompa 220 volt ile çalışan 10 bar'a kadar basınç üreten bir pompadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Hidrolik pompa.

### 3.1.2.2. Kimyasal ilaçlı su deposu

İçinde bulunan karıştırıcı motor ile homojen bir karışım elde edilerek, borular yardımıyla iletilen ve ilaçlamada kullanılan ve ilacın muhafaza edildiği kısımdır. İlaçlama tankı 70 L depolama kapasitesine sahip dikdörtgen şekilli yapıdadır (Şekil 3.3).

Su tankının taban basıncının hesaplanmasında ‘‘Eş. 3.1’’ kullanılır.

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

Yukarıda verilen eşitlikte;

|                |                                 |                      |
|----------------|---------------------------------|----------------------|
| P              | :Su tankının tabanındaki basınç | (N/m <sup>2</sup> )  |
| P <sub>a</sub> | :Atmosfer basıncı               | (N/m <sup>2</sup> )  |
| $\rho$         | :Akışkanın yoğunluğu            | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| g              | :Yerçekim kuvveti               | (m/s <sup>2</sup> )  |
| h              | :Depo yüksekliği                | (m)                  |



Şekil 3.3. Kimyasal ilaçlı su deposu.

### 3.1.2.3. Deney düzeneği sehpağı

Deney düzeneğini taşıyan 30x30 mm metal profil ayakları olan ve sac kalınlığı 2mm olan paslanmaz levhadan yapılmıştır. İki katlı olan sehpanın alt tarafında ılaçlı su tankı, karıştırıcı motor, debi ölçer ve hidrolik pompa bulunmaktadır. İkinci kısmında ise redöktürlü yürüyüş motorunun hareketini sağlamak için 4m boyutunda 22mm kalınlığında kramayer dişli, en sağında elektrik kontrol panosu, hortumlar, püskürtme mesafesinin ayarlanması için 2m boyutunda delikli profil ve açılı nozul ucu bulunmaktadır (şekil 3.4).



şekil 3.4. Deney düzeneği sehpağı.

### 3.1.2.4. Debi ölçer

Kesitten birim zamanda geöen sıvının ölçülmesinde kullanılmıştır. Su deposu ile pompa arasına bağlanmıştır (şekil 3.5).





Şekil 3.5. Debi ölçer.

### 3.1.2.5. Otomatik kontrol panosu

Otomasyonun en önemli parçasıdır. Kontrol panosu sistemim hareketini, basıncını ve hızını otomatik olarak denetlememizi sağlar. Nozulun sağa sola hareketini otomatik olarak sağlayan elemandır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Otomatik kontrol panosu.

### 3.1.2.6. Nozullar

Kimyasal ilacı atomizasyona uğratarak küçük damlacıklar haline getirerek istenilen hızda ve mesafede püskürtme yapan parçadır. Piyasada en çok kullanılan çeşidi yelpaze hüzmeli ve konik hüzmeli nozullardır. Yelpaze hüzmeli nozullar genelde yabancı otlarla mücadelede kullanılır. Konik hüzmeli nozullar ise zararlılar ve hastalık ilaçlamasında tercih edilir. Püskürtülen ilacın etki alanı farklı çaptaki nozullar kullanılarak artırılabilir veya azaltılabilir. Bizim kullandığımız nozulların çapları 0.8,1, 1.2 $\mu\text{m}$ ' dur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Nozullar.

### 3.1.2.7. Bağlantı boruları ve hortumlar

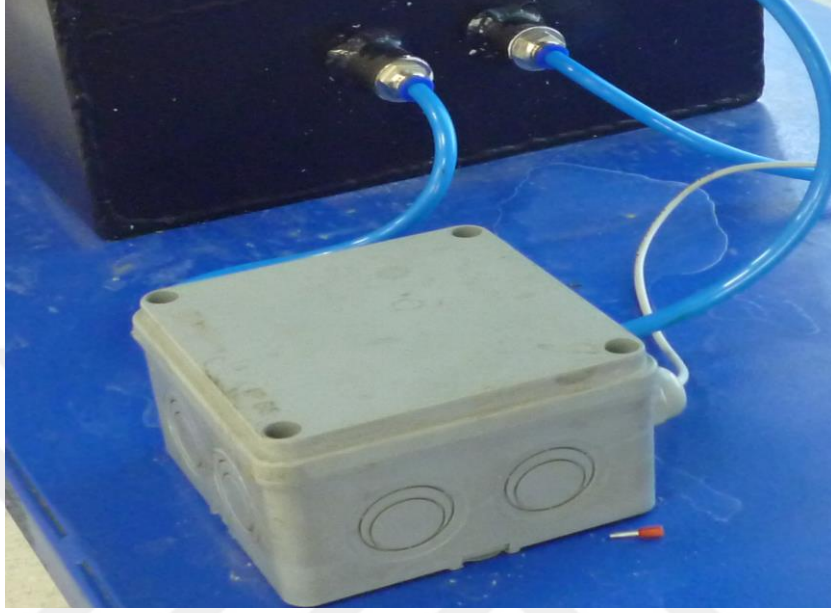
Kimyasal ilaç deposunda bulunan sıvıyı nozullara iletmeye yarayan elemanlardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bağlantı boruları ve hortumlar.

### 3.1.2.8. Karıştırıcı motor

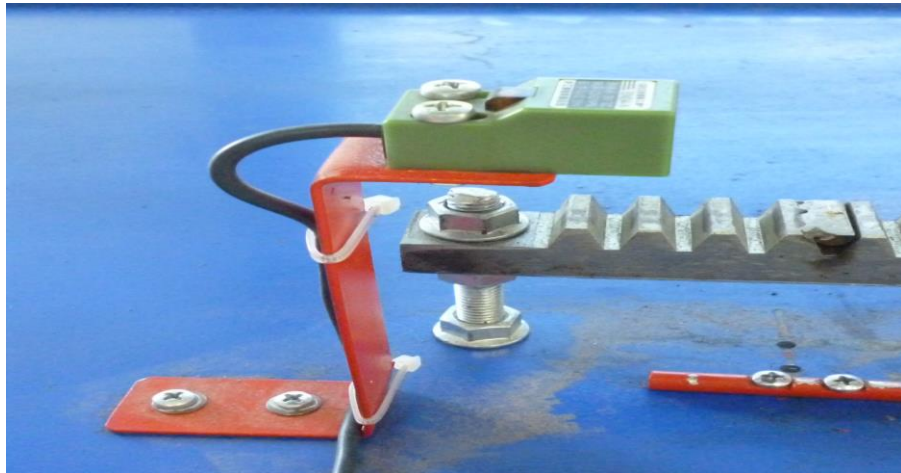
Kimyasal ilacın ve suyun homojen bir karışım elde edilebilmesi için kullanılan motordur. 24W güce sahip bir motordur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Karıştırıcı motor.

### 3.1.2.9. Mesafe sensörleri

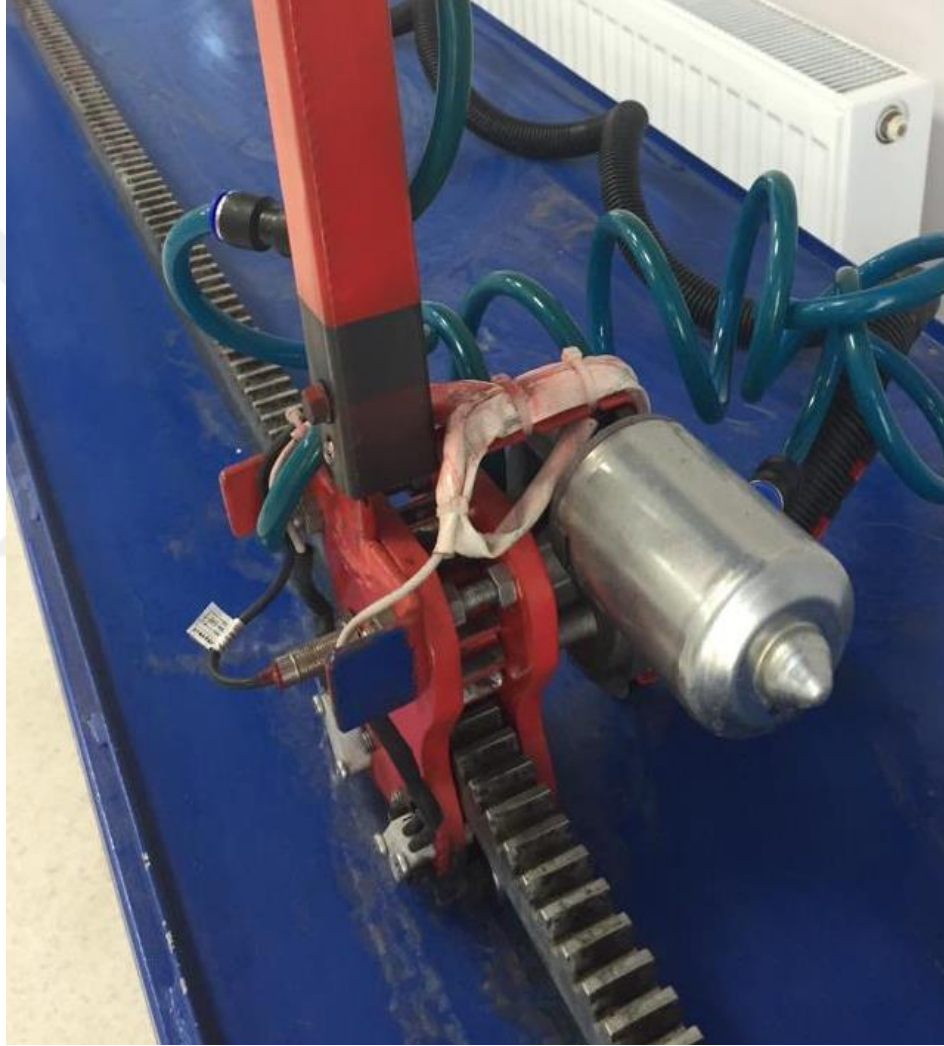
Mesafe sensörü engelin varlığını saptamak için kullanılır. Her iki uçta bulunan mesafe sensörleri, redüktörlü yürüyüş motorunun durma yerlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Hareketli parçaların hasara maruz kalmaması için teması engellemek için önceden durdurur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Mesafe sensörleri.

### 3.1.2.10. Redüktörlü yürüyüş motoru

Redüktör; motorlarda devir güç ayarını değiştirmek için dişli bir sistemdir. Motorlara redüktör bağlanarak devir düşürülerek tork yükseltilebilir. Böylelikle motorun hızını yada gücünü kullanacağımız makineye göre ayarlama fırsatı bulmamızı sağlar. Bizim kullandığımız redüktörlü motor 220v Ac akım ile çalışan 24 kw gücünde bir motordur. Üzerinde nozul püskürtme sistemi bulunmaktadır, 4 metrelik kremayer dişli üzerinde hareket etmektedir (Şekil 3.11).

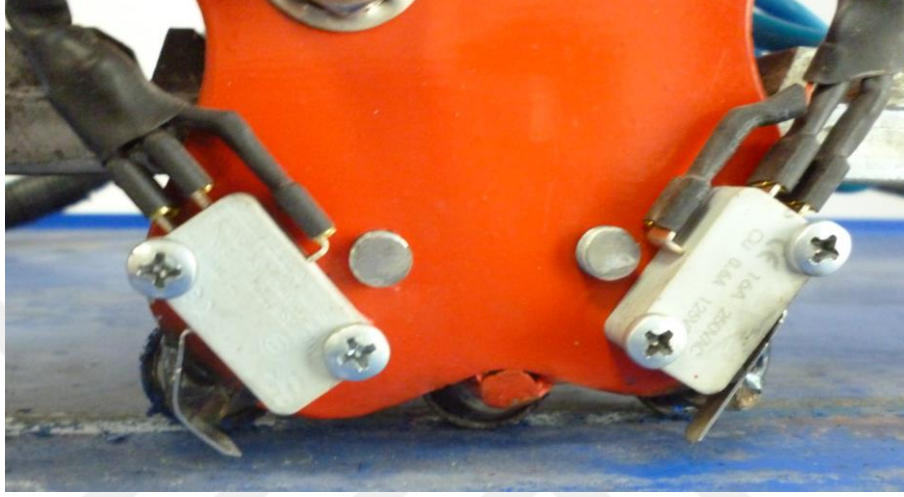


Şekil 3.11. Redüktörlü yürüyüş motoru.



### 3.1.2.11. Açık/kapalı düğmesi (switch)

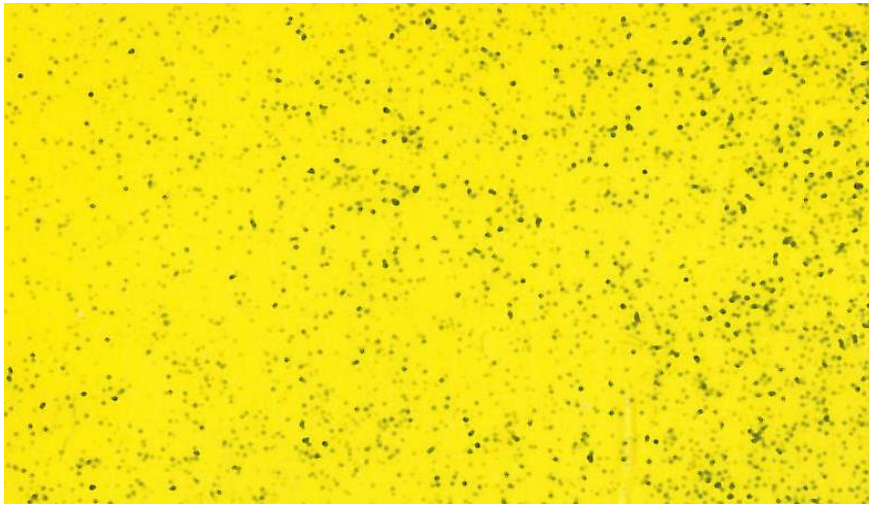
Switch teknik terim olarak elektrik ve elektronikte anahtar anlamına gelir. Bu anahtar bildiğimiz diğer anahtarlardan farklıdır, diğer anahtarlar tek yönlü çalışırken switch ise iki duruma açık ya da kapalı duruma sahiptir. Hareketli olan redüktörlü yürüyüş motorunun çarpmasını engeller (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Açık/kapalı düğmesi (switch).

### 3.1.2.12. Suyu duyarlı kağıtlar

Suyu duyarlı kağıt damlacık çapını ölçmek için kullanılır. Sarı, suya duyarlı kağıt ıslandığı noktacıkları içine hapseder yayılmasını engelleyip mavi renge dönüşür damlacıklar. Uygun miktarda kağıtlar dizilerek damlacık hareketleri kontrol edilebilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Suyu duyarlı kağıt.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deney Tasarım Teknikleri ve Taguchi Deney Yöntemi

Yeni ürünlerin geliştirilerek piyasaya sürülmesine kadar olan süre her geçen gün azalmaktadır. Karmaşık haleden oluşan ürün tasarımı yapıldığı durumda; bütün değerleri göz önünde bulunduran, ürünün ve süreç geliştirme davranışlarının planlanması ve bununla birlikte geçerli kalite seviyesi, uygun teslimat zamanlaması ve ekonomik maliyet kalemlerinin elde edilmesi gerekmektedir. Deney tasarımı yöntemi, İngiliz asıllı Ronald Aylner Fisher tarafından tarım sektörü bazında uyguladığı çalışmalara dayandırılmaktadır. Endüstriyel anlamda, sorunların çözülmesinde DoE yöntemlerinin kullanılması, E.P. Box ve K.B. Wilson'un çabalarından dolayı sonuç vermiştir.

Deney tasarımı yönteminin amacı, incelenecek sistemdeki değişimlerin nedenlerini araştırmak ve olağan değişimleri ortadan kaldırmak veya yapılan değişimlere karşı sistemi güçlü kılmaya çalışmalarıdır. Değişken değerlerin kontrolü yapılması kalitenin yükseltilerek ve maliyetin düşürülerek istenilen değerler sağlanabilir. Az maliyetle üst düzey kaliteye ulaşmak, belli bir yöne eğilimli deney tekniklerinin, yaygın olarak kullanılabileceğinin ortaya çıkması, fazla araştırmacıyı bu alana yöneltmiş ve aşağıda sıralanan bazı yöntemler geliştirilmiştir;

1. Her seferinde bir faktörü farklı kılarak deney yapma
2. Klasik istatistiksel deney yöntemi
  - a. Tam faktöriyel deney yöntemi
  - b. Kesirli faktöriyel deney yöntemi
3. Taguchi deney yöntemi

Her seferinde bir faktörü değiştirmekle deney yapma yönteminde ürün ve süreci etkileyen değişkenlerin performans değeri üzerindeki beklentilerini belirleyebilmek için her seferinde bir değer değiştirilip diğerleri sabit tutmak şartıyla deneyler gerçekleştirilmektedir. Yüksek sayıda deney gerektiren, optimum çalışma koşullarını her seferinde belirleyememesi, her seferinde bir faktörü değiştirerek deney uygulama yönteminin hem pratik, hem ekonomik, hem de etkin olamayacağının göstergesidir.

Performansı etkileyen değerlerin bütün farklı kombinasyonları incelendiği tam faktöriyel yönetimi stratejisinde bütün faktörler aynı zamanda değiştirilmektedir. Her seferinde bir faktör değiştirilip deney uygulama stratejisine göre, her yönüyle daha avantajlı olan tam faktöriyel yönetiminin sadece önemli bir dezavantajı olan faktör, seviye yükseldikçe yapılması gereken deney sayısının fazla sayıda artmasıdır.

Fazla sayıda faktörü barındıran gerçek hayat problemlerinin çözümlenmesinde tam faktöriyel tasarım stratejisiyle fazla sayıda deneyin yapılması gerekmektedir. Bu durum birçok kere, deneysel çalışmaların başlamadan bitmesine sebep olur. Deneysel çalışmanın yapılabilmesini sağlamak için kesirli faktöriyel yönetimi stratejisi kullanılabilir alternatiflerdendir. Kesirli faktöriyel yönetimi tam faktöriyel yönetiminden dikkatli şekilde seçilmiş deneyleri kullanılarak bazı bileşik etki bilgilerinin kaybolmasına karşı deney adedinde önemli miktarda azalma kaybına uğramaktadır.

Klasik istatistiksel yönetiminin nihai hedefi, performansın değer ortalamasını hedeflenen seviyeye getirmek olduğu ve hedef civarındaki değişkenlikle uğraşmaz. Oysaki kitle üretiminde karşı karşıya kalınan en önemli problem performansın değerlerinde ki değişkenliktir.

Klasik istatistiksel yönetiminde faktörler kontrol edilip deneyler incelenmediği takdirde deneyler üzerinde bazı kısıtlamalar getirmektedir. Deneysel malzemenin heterojenliğinin etkisini ortadan kaldırmakta rastgeleleştirme kullanılmaktadır. Bunun gibi hareket tarzıyla kontrol edilmeyen parametrelerdeki beklenmeyen olumsuz etkileri azaltılabilir. Fakat bütün kontrol edilmeyen parametrelerin performans değeri üstündeki etkileri sabit olmadığından kısmi başarı sağlansa da, tam sağlıklı bir sonuç elde edilememektedir. Klasik deney yönetimi yöntemlerinin, eleştirilen bir başka yönü de istatistiksel kurallara kesinlikle bağlı olmasıdır. Deneyler sonunda bir parametrenin modele alınıp alınmayacağı F testi ile belirlenmektedir. Ayrıca deneylerin çok sayıda bileşik etkinin incelenmeleri ve böylelikle performans değerinin sağlanmasında faktörlerin toplanabilirliğinin bozulmasından laboratuvar ortamında ki belirlenen optimum değerler ile gerçek üretim şartlarında sağlanmayabilir.

Taguchi metodu kullanılarak, hedef değere tam olarak ulaşmanın yanı sıra, kontrol edilemeyen parametrelere karşı tasarımın duyarlılığı minimuma indirgenerek,

maliyetin ve kalite faktörlerinin optimum bir değer aralığının belirlenmesi hedeflenir. Taguchi deney tasarımı metotları ile maliyet etkin tasarımlara ulaşılır.

Taguchi yöntemi, ürünlerde ve proseste değişkenliği yaratan ve kontrol altına alınamayan parametrelere karşı, kontrolü yapılabilen parametrelerin düzeyleri en uyguna yakın bir kombinasyon seçilerek, ürünlerin ve prosesteki farklılığı minimuma indirmeye çalışan bir deney yönetimi ve tasarım metodudur (Canıyılmaz ve Kuntay 2003). Bu yöntem; bütün ürünlerin kalite yapılanmasının iyileşmesinde etkili olmasından ziyade, kaliteyi geliştirmekten daha az deneme ve daha iyi sonucun elde edilmesine imkan vermektedir (Canıyılmaz ve Kuntay 2003, Ross 1989). Kalitenin tasarımındaki prosesin sağlanmasını öngörmektedir (Genichi ve Clausing 1990). Bu yöntem de faktör düzeylerinin tespit edilebilmesinde; sıralama metodu, gözlem metodu, sütun farkları metodu, varyans analizi metodu ve faktör etkilerinin grafiksel sunumu metodlarından herhangi birisi uygulanmaktadır (Ross 1989).

Taguchi'nin ürün ve süreçlerin performansı;

- Kullanılacak çevre şartlarından
- Üretim için kullanılan bileşenlerden

etkilenir. Böylelikle, ürün ve süreç faktörlerinin uygun değerleri, ürünün ve sürecin kullanılacağı çevresel koşulların, üretim için kullanılan bileşenlerin durumları göz önüne alınarak belirlenmelidir. Süreç ve ürünleri etkileyen faktörler ise;

- Kontrolü sağlanabilen
- Kontrolü sağlanamayan

olarak iki grupta altında toplanabilir. Taguchi deney yönteminde, kontrol edilebilen parametrelerin optimum değerlerini belirleyen ortogonal sırayı içeren yüksek kesirli metodlar kullanılır. Deneylerin sonunda ulaşılan verilerin analiziyle belirlenen optimum şartlarda doğrulama yöntemleri yapılarak, beklenen sonuçların ulaşılabilirliği kontrol edilir. Phadke (1989), Taguchi 18 farklı ortogonal dizisi geliştirdiğini belirtmektedir. Taguchi, bu dizilere faktörler ile bileşik etkilerinin yerleşimini sağlamada öncelik

alınacak lineer grafikler ve üçlü çizelgeleri de geliştirmiştir. Farklı birçok problemde standart ortogonal dizilerinden biri direkt deney planı için kullanılabilir. Farklı durumlarda üçlü çizelgeler, lineer grafikler ve benzeri araçlar kullanılarak standart ortogonal diziler üzerinde ki etkisi kısmi düzenlemelerle probleme uygun olarak deney planı geliştirilebilmektedir. Başka bir deyişle çok faktörlü ve seviyeli deneylerin planlama metodlarında basitlik ve üst düzey bir esneklik sağlanmaktadır.

Fazla yüksek maliyet gerektirecek olmalarından dolayı kontrol edilmeyen faktörlerin olumsuz sonuçlarını belirleyip ortadan kaldırılmasından ziyade, bu olumsuz sonuçları ortadan kaldırmak veya en aza indireyecek kontrolü sağlanabilen değerleri araştırılır. Kontrolü sağlanabilen faktörlerin performans değerine etkileri üç grupta sınıflandırılmaktadır:

- Kontrol etkenleri
- Düzeltme etkenleri
- Etkisiz etkenler

Deneysel sonuçta sağlanan performans değeriyle performans istatistiği bilgileri analiz edildikten sonra sınıflama yapılır ve kontrol faktörlerinin yardımıyla değişkenlik düşürülür, düzeltme faktörleri etkisiyle de ortalama düzeydeki hedeflenen değere getirilir ve etkisiz parametrelerin en uygunu ve en ekonomisi seçilir.

Kacker (1985), incelenen problemlerden dolayı kullanılabilir 60'tan fazla sayıda performans istatistiği geliştirildiğini belirtiyor. "Daha iyi ve daha büyük" durumlar için geliştirilen; "Eş. 3.2" kullanılır.

$$Z_B = -10 \text{Log} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (3.2)$$

ve "daha küçük daha iyi" durumu için geliştirilen "Eş. 3.3" kullanılır.

$$Z_K = -10 \text{Log} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (3.3)$$

performans istatistiği optimizasyon kriteri olarak seçilebilecek alternatiflerden ikisidir. Burada  $Z_B$  ve  $Z_K$  performans istatistiklerini,  $n$  bir deneysel kombinasyonda tekrar sayılarını ve  $Y_i$   $i$ . Deneyin yönteminin performans değerlerini göstermektedir.

Taguchi'nin metodunda en uygun çalışma koşullarına karşılık gelen deney yapılmamış olabilir. Böyle bir ortamda en uygun şartları karşılayan performans değeri, aşağıda verilen toplamdaki modelden yararlanılmak üzere tahmin yürütülebilir (Phadke 1983):

$$Y_i = \mu + X_i + e_i \quad (3.4)$$

Burada  $\mu$  değerinin performansının toplam ortalaması,  $X_i$   $i$ . deneyindeki değer-seviye kombinasyonunun stabil etkileri ile  $e_i$   $i$  deneydeki rassal hatayı göstermektedir. Eşitlik (3.4.) ile verilen deneysel verilerin kullanıldığı, hesaplanan bir noktanın tahmini olduğu için, bu değerlerin anlamlı bir bütün oluşturduğunu belirleyebilmek için güven aralığının hesaplanması gerekmektedir. Alınan bu hata seviyesindeki güven aralığı “Eş. 3.5” aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Ross 1989):

$$Y_i \pm \sqrt{F_{\alpha;1,DF_{MSe}} * MSe * \left( \frac{1+m}{N} + \frac{1}{n_r} \right)} \quad (3.5)$$

Burada  $DF_{MSe}$  hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamı,  $F$  Çizelge değeri,  $\alpha$  hata seviyesi,  $m$  en uygun çalışma şartlarının bulunmasında kullanılacak serbestlik derecelerinin toplamı,  $n_i$  doğrulama deneyindeki tekrar sayısı,  $N$  toplam deney sayısını göstermektedir. Eğer deneysel sonuçlar yüzdellik ise eşitlik (3.4) ve (3.5) hesaplanmadan önce aşağıdaki eşitlik yardımıyla yüzdellik değerlerin omega dönüşümü yapılır. Daha sonra ilgilenilen değerler aynı eşitlik yardımıyla ters dönüşüm yapılarak belirlenir (Taguchi 1987):

$$\Omega(db) = -10 \text{Log} \left( \frac{1}{p} - 1 \right) \quad (3.6)$$

Burada  $\Omega(db)$  yüzdellik (%) değerinin omega dönüşümleri ile bulunan desibelin değeri,  $p$  deneysel olarak bulunan ürünün yüzdellik (%) değerini göstermektedir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Akış Karakteristikleri ve Taguchi Optimizasyonu

Spreyleme yardımıyla yapılan tarımsal ilaçlamada önemli olan noktalardan biri atomizasyonun istenilen değerler aralığında gerçekleştiğinin bulunmasıdır. Kullanılan nozulun akış karakteristiklerinin belirlenmesi ve uygun bir şekilde saptanması gerekmektedir. Yapılan literatür araştırmasında ilaçlamalar, kullanılan ilacın, iklimin, ilaçlamanın yapıldığı zaman ve yüzeyde bırakılan ilaç kalıntı miktarı verimi etkileyen parametreler olduğu görülmüştür. Yine bu araştırmalar ışığında damla çapı büyüklüğünün, uygulanan akışkan hızı ve sıcaklığının, nozul ile bitki arası mesafenin, nozul geometrisinin, bitki yapraklarının birbirlerine göre diziliş şeklinin akışı ve akışın yapısal özelliklerini etkileyen temel parametreler olduğu tespit edilmiştir. Buna göre bu çalışmada damlacık çapını etkileyebilecek olduğu düşünülen parametrelerin deneylerde uygulanacak değerlerinin belirlenerek Taguchi deney tasarımı kullanılarak sabit spreyleme hızında nozul çapı, spreyleme mesafesi, spreyleme basıncı ve nozul açısına ait optimizasyon deneyleri yapılmıştır. Direkt ilaçlama yöntemleri ile bant ilaçlama yöntemlerinin farklı kullanımları çalışılmıştır. Bant ilaçlanmasında bütün alan ilaçlanmadığı için, çevre ve canlılar olumsuz etkilerden korunmuş olmaktadır. Direkt ilaçlamada istenilen bölge ilaçlandığı için, klasik ilaçlamalardan daha verimli sonuçlar elde etmiştir (Günel, H. ve Ark. 2006).

Çalışmada ilaçlama uygulamalarında yararlanılan spreylemedeki damlacık çapını etkileyebilecek olduğu düşünülen kontrol edilecek parametrelerin deneydeki incelenen değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. 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 bulmuştur (Urkan, E. 2005).

Çizelge 4.1. Çalışmada incelenen parametreler ve değerleri

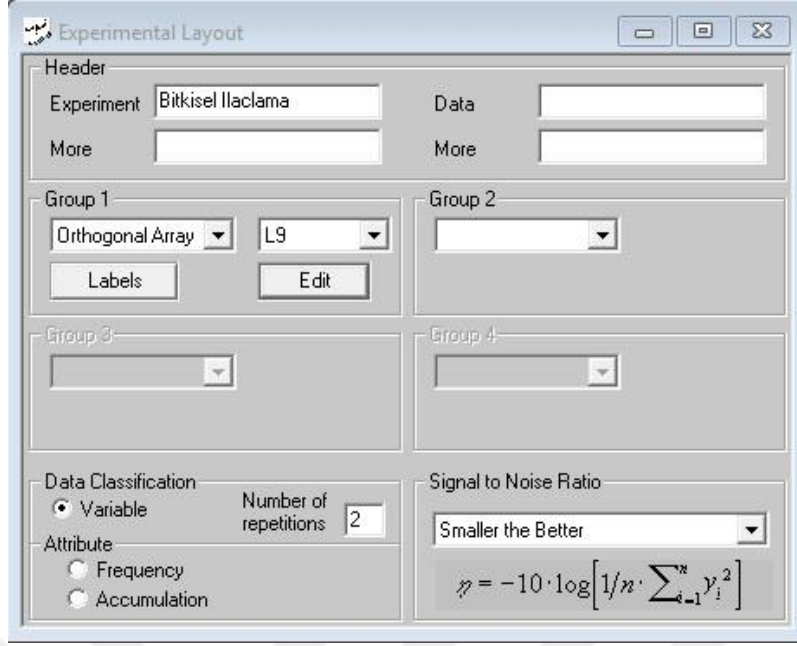
| Parametreler                     | Seviyeler |     |     |
|----------------------------------|-----------|-----|-----|
|                                  | 1         | 2   | 3   |
| A Spreyleme basıncı, P [atm]     | 6         | 8   | 10  |
| B Spreyleme mesafesi, H [mm]     | 70        | 85  | 100 |
| C Nozul açısı, $\alpha$ [derece] | 0         | 15  | 30  |
| D Nozul çapı, d [mm]             | 0,85      | 1,1 | 1,5 |

Yukarıdaki çizelgeden de görüleceği gibi tüm parametreler 3 seviyeli olarak seçilmiş ve buna göre Çizelge 4.2'de verilen  $L_9(3^4)$  ortogonal dizisi deney planı (Çizelge 4.2) olarak seçilmiştir (Phadke 1989). Bu modelde 4 adet asıl etkisinden ziyade parametrelerin arasındaki bileşik etki de incelenebilmektedir.

Çizelge 4.2. Seçilen  $L_9(3^4)$  deney planı

| Deney | Parametreler |   |   |   |
|-------|--------------|---|---|---|
|       | A            | B | C | D |
| 1     | 1            | 1 | 1 | 1 |
| 2     | 1            | 2 | 2 | 2 |
| 3     | 1            | 3 | 3 | 3 |
| 4     | 2            | 1 | 2 | 3 |
| 5     | 2            | 2 | 3 | 1 |
| 6     | 2            | 3 | 1 | 2 |
| 7     | 3            | 1 | 3 | 2 |
| 8     | 3            | 2 | 1 | 3 |
| 9     | 3            | 3 | 2 | 1 |





Şekil 4.1. ANOVA Programında Taguchi Analizi başlangıç ekranı

Klasik deney tasarım metodlarından tam faktöriyel tasarım ile  $3^4 = 81$  adet deney yapmak yerine Taguchi deney tasarımı ile  $L_9(3^4)$  deney planı kullanılarak sadece 9 adet deney şartlanması ile 18 adet deney yapılmıştır. Deneylerde bozucu ve tesadüfi faktörlerin etkisini gözlemleyebilmek için her deney farklı zamanlarda iki defa tekrarlanmıştır. Deneyler ve ölçümler yapıldıktan sonra, toplanan veriler ANOVA-TM paket programında analiz edilmiştir. Optimizasyon kriteri olarak “performans istatistiği” seçilmiştir. Parametrelerin optimizasyon kriterine etkilerini gözlemleyebilmek için Hacimsel Medyan Çapına ait performans değerleri hesaplanmıştır. Hacimsel Medyan Çapı, toplam atomizasyon yüzey alanına göre hesaplanmış, özel yazılım sonucu oluşturulmuş yazılım yardımıyla görüntü işleme tekniği kullanılarak elde edilmiş ve netice yapılan analiz sonucu genel optimum şartlar bulunmuştur. Hacimsel Medyan Çapı için “daha küçük daha iyi” performans istatistikleri kullanılmıştır. Akış karakteristikleri deneylerinden verilerin elde edilmesi ve elde edilen verilerin hesaplarda kullanılması Bölüm 3’te anlatılmıştı. Veriler kullanılarak Hacimsel Medyan Çapı hesaplanmıştır. Bu büyüklüğe ait sonuçlar ANOVA-TM paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Deneylerden elde edilen verilerle bulunan Hacimsel Medyan Çaplarının deney planındaki karşılıkları ve Anova tablolarının oluşturulmasında esas alınan S/N oranları Şekil 4.2’de verilmiştir

| Uygulama | Ortalama çaplar (µm) |     |     |     | Hacimsel çaptan küçük damla oranı (%) |       |       |       | Sayısal çaptan küçük damla oranı (%) |       |       |       | NMD | Hacimsel çaplar (µm) |       |        |       |        |       | Homojenlik |    | Min çap | Max çap | Damla adet |
|----------|----------------------|-----|-----|-----|---------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-----|----------------------|-------|--------|-------|--------|-------|------------|----|---------|---------|------------|
|          | D10                  | D20 | D30 | D32 | V100                                  | V150  | V200  | V250  | N100                                 | N150  | N200  | N250  |     | DV0.5                | DV0.1 | DV0.25 | DV0.5 | DV0.75 | DV0.9 | r1         | r2 |         |         |            |
| 01       | 76                   | 82  | 87  | 98  | 49.4                                  | 97.8  | 100.0 | 100.0 | 81.0                                 | 99.7  | 100.0 | 100.0 | 74  | 71                   | 87    | 100    | 116   | 133    | 0.62  | 1.36       | 28 | 181     | 1500    |            |
| 01t      | 72                   | 78  | 83  | 93  | 55.3                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 84.4                                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 69  | 66                   | 83    | 97     | 111   | 126    | 0.62  | 1.40       | 28 | 151     | 887     |            |
| 02       | 73                   | 79  | 84  | 95  | 53.1                                  | 99.5  | 100.0 | 100.0 | 83.6                                 | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 71  | 67                   | 84    | 98     | 113   | 131    | 0.65  | 1.39       | 28 | 156     | 1178    |            |
| 02t      | 72                   | 78  | 84  | 96  | 56.1                                  | 96.8  | 87.0  | 100.0 | 85.7                                 | 97.7  | 99.3  | 100.0 | 69  | 68                   | 84    | 97     | 111   | 135    | 0.70  | 1.41       | 28 | 227     | 307     |            |
| 03       | 71                   | 77  | 83  | 95  | 53.2                                  | 97.0  | 100.0 | 100.0 | 84.9                                 | 99.6  | 100.0 | 100.0 | 66  | 67                   | 84    | 99     | 116   | 131    | 0.65  | 1.49       | 28 | 163     | 1100    |            |
| 03t      | 73                   | 78  | 82  | 90  | 71.4                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 88.5                                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 77  | 73                   | 83    | 93     | 101   | 110    | 0.41  | 1.21       | 28 | 131     | 182     |            |
| 04       | 97                   | 104 | 109 | 122 | 22.1                                  | 77.3  | 99.1  | 100.0 | 58.4                                 | 94.0  | 99.9  | 100.0 | 93  | 86                   | 103   | 125    | 148   | 165    | 0.63  | 1.34       | 28 | 221     | 1324    |            |
| 04t      | 98                   | 105 | 111 | 123 | 17.8                                  | 79.1  | 96.9  | 100.0 | 53.1                                 | 94.4  | 99.6  | 100.0 | 97  | 89                   | 106   | 125    | 147   | 167    | 0.62  | 1.29       | 28 | 219     | 1647    |            |
| 05       | 65                   | 70  | 74  | 82  | 84.6                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 95.3                                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 67  | 64                   | 77    | 87     | 95    | 105    | 0.48  | 1.31       | 28 | 127     | 59      |            |
| 05t      | 74                   | 80  | 85  | 97  | 50.2                                  | 94.3  | 100.0 | 100.0 | 82.8                                 | 99.3  | 100.0 | 100.0 | 73  | 71                   | 84    | 100    | 116   | 136    | 0.65  | 1.37       | 28 | 183     | 457     |            |
| 06       | 62                   | 68  | 72  | 82  | 79.2                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 94.2                                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 58  | 59                   | 75    | 88     | 98    | 106    | 0.54  | 1.53       | 28 | 126     | 250     |            |
| 06t      | 65                   | 71  | 76  | 87  | 66.5                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 91.0                                 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 61  | 61                   | 76    | 91     | 107   | 122    | 0.67  | 1.49       | 28 | 151     | 892     |            |
| 07       | 80                   | 86  | 92  | 105 | 37.5                                  | 92.8  | 98.6  | 100.0 | 76.2                                 | 98.8  | 99.9  | 100.0 | 73  | 70                   | 90    | 109    | 130   | 147    | 0.70  | 1.50       | 28 | 226     | 2126    |            |
| 07t      | 83                   | 90  | 96  | 110 | 32.3                                  | 88.3  | 99.9  | 100.0 | 72.3                                 | 97.8  | 100.0 | 100.0 | 79  | 77                   | 94    | 114    | 137   | 153    | 0.66  | 1.44       | 28 | 199     | 2140    |            |
| 08       | 80                   | 86  | 93  | 106 | 35.7                                  | 91.0  | 98.9  | 100.0 | 76.2                                 | 98.4  | 99.9  | 100.0 | 72  | 70                   | 90    | 111    | 134   | 149    | 0.71  | 1.55       | 28 | 211     | 2512    |            |
| 08t      | 89                   | 96  | 102 | 115 | 28.7                                  | 84.8  | 99.6  | 100.0 | 67.7                                 | 96.7  | 100.0 | 100.0 | 85  | 81                   | 97    | 118    | 142   | 158    | 0.65  | 1.40       | 28 | 208     | 2459    |            |
| 09       | 76                   | 82  | 88  | 99  | 47.0                                  | 97.1  | 100.0 | 100.0 | 80.4                                 | 99.5  | 100.0 | 100.0 | 74  | 71                   | 87    | 102    | 121   | 137    | 0.65  | 1.39       | 28 | 173     | 2165    |            |
| 09t      | 82                   | 89  | 94  | 107 | 33.7                                  | 92.9  | 100.0 | 100.0 | 72.2                                 | 98.6  | 100.0 | 100.0 | 78  | 75                   | 92    | 111    | 132   | 147    | 0.65  | 1.42       | 28 | 186     | 3650    |            |

Şekil 4.2. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre damlacık çapları

Çizelge 4.3. Hesaplanan karakteristik büyüklükler ve bunlara ait S/N değerleri

| Deney No | Parametreler |     |    |      | Hacimsel Medyan Çapı |        | S/N oranı |
|----------|--------------|-----|----|------|----------------------|--------|-----------|
|          | A            | B   | C  | D    | 1                    | 2      |           |
| 1        | 6            | 70  | 0  | 0,85 | 98.00                | 93.00  | 39,603    |
| 2        | 6            | 85  | 15 | 1,1  | 95.00                | 96.00  | 39,600    |
| 3        | 6            | 100 | 30 | 1,5  | 95.00                | 90.00  | 39,326    |
| 4        | 8            | 70  | 15 | 1,5  | 122.00               | 123.00 | 41,763    |
| 5        | 8            | 85  | 30 | 0,85 | 82.00                | 97.00  | 39,067    |
| 6        | 8            | 100 | 0  | 1,1  | 82.00                | 87.00  | 38,541    |
| 7        | 10           | 70  | 30 | 1,1  | 105.00               | 110.00 | 40,631    |
| 8        | 10           | 85  | 0  | 1,5  | 106.00               | 115.00 | 40,874    |
| 9        | 10           | 100 | 15 | 0,85 | 99.00                | 107.00 | 40,236    |

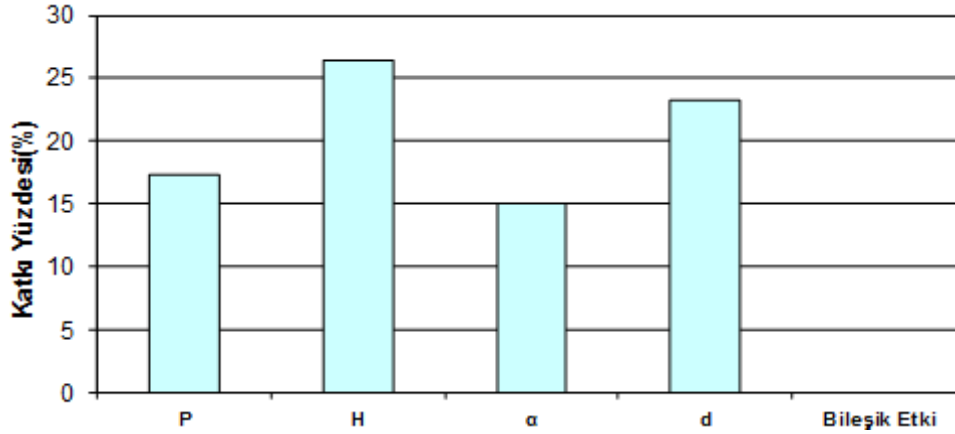
iki farklı hızda (1.6 -6.4 km/s), deneyler gerçekleştirerek kalıntı değerlerini ölçmüşlerdir. Zemin hızının, ağaç gölgeliklerindeki ortalama birikim üzerinde etkili olamamıştır. Kalıntı miktarları hız ile önemli bir etkileşim göstererek daha yoğun ve daha düşük biriktirme ile sonuçlanmıştır (Salyani, M. ve Ark. 1990).

| Source | Pool   | DF | S          | V        | F       | S'       | rho   |
|--------|--------|----|------------|----------|---------|----------|-------|
| A      |        | 2  | 483.4444   | 241.7222 | 9.2182  | 431.0000 | 17.28 |
| B      |        | 2  | 713.4444   | 356.7222 | 13.6038 | 661.0000 | 26.51 |
| C      |        | 2  | 427.4444   | 213.7222 | 8.1504  | 375.0000 | 15.04 |
| D      |        | 2  | 633.4444   | 316.7222 | 12.0784 | 581.0000 | 23.30 |
| e1     |        |    |            |          |         |          |       |
| e2     | (e)    | 9  | 236.0000   | 26.2222  |         |          |       |
| (e)    | UnPool | 9  | 236.0000   | 26.2222  |         | 445.7778 | 17.88 |
| Total  | Auto   | 17 | 2,493.7778 | 146.6928 |         |          |       |

Şekil 4.3. Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine katkı yüzdeleri (Mean Analysis)

Her bir parametrenin seçilen performans karakteristiğine etkilerinin katkı yüzdeleri Şekil 4.3'te görülmektedir. Katkı yüzdeleri ilgili parametrenin performans istatistiği üzerindeki etkisini göstermektedir ve aşağıdaki formülden hesaplanmıştır "Eş.4.1".

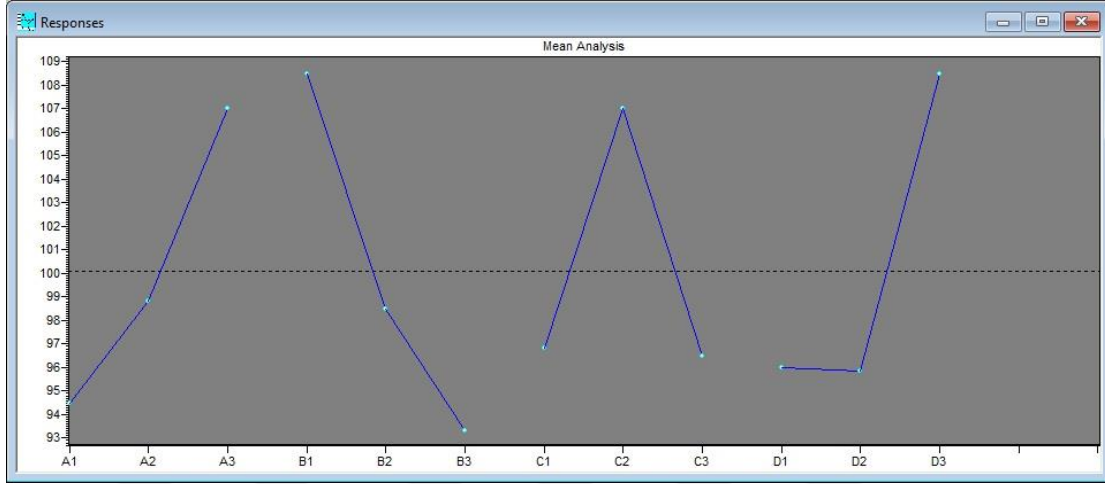
$$KY = \frac{\text{Kareler Toplamı} - (\text{Serbestlik Derecesi} * \text{Toplam hata})}{\text{Kareler toplamı}} \quad (4.1)$$



Şekil 4.4 Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine katkı yüzdeleri

Her parametrenin optimizasyon kriteri üzerine etkisi hesaplanmış ve grafikler Şekil 4.4'te verilmiştir. Grafiklerin sırası parametrelerin performans istatistiğine etki derecesine göre belirlenmiştir. Her grafiğin maksimum noktasının sayısal değeri ilgili parametrelerin en iyi değerini, minimum noktanın sayısal değeri ise ilgili parametrenin en kötü değerini göstermektedir. Grafiklerde bütün parametrelere ait minimum noktalar,

o parametrenin yapılan deneysel çalışmada seçilen seviye aralığında en optimum seviyesini göstermektedir.



Şekil 4.5. Parametrelerin Hacimsel Medyan Çap üzerine etkileri

Yukarıda verilen varyans analiz tabloları ve performans istatistiği grafiklerine göre optimum çalışma şartları Şekil 4.5'teki gibi belirlenmiştir. Optimum çalışma şartları belirlenirken sonuç değişkeni üzerine parametrelerin etkinlikleri (katkı yüzdeleri) de dikkate alınmıştır. Çalışmanın özelliğine bağlı olarak temeldeki amaç (Hacimsel Medyan Çapının minimum yapılması) söz konusu olmuştur. Çalışmada her bir parametreye ait deney sonuçları göz önünde bulundurularak birlikte değerlendirilmiş ve belirlenen optimum şartlar Şekil 4.5'te "Genel" başlığı altında verilmiştir. "Genel" satırı altında verilen optimum şartların, ortaya konulan hedefler doğrultusunda amaçlar arasında yapılan "ödünleşmeler" sonunda belirlendiğine dikkat edilmelidir. Literatür araştırıldığında ilaçlama verimliliğinin bir ölçüsü olan Hacimsel Medyan Çapının değişik parametrelere göre sunulmakta olduğu görülebilir. Çalışmada değişik çalışma şartlarının söz konusu olduğu ilaçlamadaki akış problemlerinde Hacimsel Medyan Çapının etkili olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada nozul çapı dikkate alınarak Hacimsel Medyan Çapı hesaplanmıştır ve optimizasyon yapılmıştır.

Optimum şartlara karşılık gelen kombinasyonların performans değerleri Eşitlik 3.4 yardımıyla tahmin edilmiş ve Çizelge 4.4'te "Tahmin" sütununda verilmiştir. Bu tahminlerin %5 hata düzeyindeki güven aralıkları da Eşitlik 3.5 yardımıyla hesaplanmış ve yine Çizelge 4.4'te "Güven Aralığı" sütununda verilmiştir. Ayrıca bu tahminlerin doğruluğunu test edebilmek için belirlenen optimum şartlarında doğrulama deneyleri

yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.4’de “Deneysel” sütununda verilmiştir. Doğrulama deneylerinde elde edilen performans değerleri hesaplanan güven aralığı içinde olduğu için deneysel sonuçların %5 hata seviyesinde kabul edilebilir olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4. Nozul çapı esas alınarak hesap edilen Hacimsel Medyan Çapına göre yapılan optimizasyon ve optimum değerler

|       |                | Parametreler        |                     |          |                     | Performans Değerleri |                     |        |
|-------|----------------|---------------------|---------------------|----------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|
|       |                | A                   | B                   | C        | D                   | Hacimsel Medyan Çap  |                     |        |
|       |                | P                   | H                   | $\alpha$ | d                   | Güven Aralığı        | Deneysel            | Tahmin |
| Genel | Optimum seviye | 1*                  | 3*                  | 3°       | 2+                  | 79,833               |                     |        |
|       | Optimum Değer  | 6                   | 100                 | 30       | 1,10                | 100,111              | 93                  | 91,6   |
|       |                | *:1. derecede etkin | +:2. derecede etkin |          | *:3. derecede etkin |                      | °:4. derecede etkin |        |

Hacimsel Medyan Çapına parametrelerin etkisi sırasıyla spreyleme mesafesi (H), nozul çapı (d), spreyleme basıncı (P) ve nozul açısıdır ( $\alpha$ ) (Çizelge 4.1).

Şekil 4.3’ten de görülebileceği gibi Hacimsel Medyan Çapı üzerinde en etkili parametre spreyleme mesafesidir. Spreyleme basıncının, nozul çapının ve açısının artıp azalması damlacıkların ulaşabileceği maksimum mesafenin etkilenmesi anlamına gelmektedir. Mesafesinin azalmasıyla damlacık yoğunluğunun artması, çapının büyümesi söz konusudur. Bu çalışmada spreyleme mesafesinin 100cm olduğu durum Hacimsel Medyan Çapı en küçük yapmaktadır. 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 m<sup>3</sup>/h hava debisinde elde etmiştir (Güler, H. 2002).

Hacimsel Medyan Çapına etki eden ikinci parametre nozul çapı (d) olmuştur. Nozul çapı damlacık geometrisini etkileyen parametrelerden biridir. Bu çalışmada nozul çapının 1,10 mikron olduğu durum Hacimsel Medyan Çapını en küçük yapmaktadır.

Hacimsel Medyan Çapına etki eden üçüncü parametre spreyleme basıncı (P) olmuştur. Bitkisel ilaçlamada damlacık çapının küçük olmasını sağlayan

parametrelerden birisi spreyleme basıncıdır. Spreyleme basıncı, oluşan damlacığın ulaşabileceği maksimum mesafeyi ve damlacık çapını etkilemektedir. Literatür incelendiğinde basınç değeri azaldıkça damlacık çapı değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Bu açıdan incelendiğinde sistemimizin literatürü desteklediği görülmektedir.

Hacimsel Medyan Çapına etki eden dördüncü parametre spreyleme açısı ( $\alpha$ ) olmuştur. Spreyleme açısının artması çalışma basıncına ve nozul çapına bağlı olarak damlacığın ulaşabileceği maksimum mesafeyi etkilemektedir. Bu çalışmada nozul açısının  $15^\circ$  olduğu durum Hacimsel Medyan Çapını en küçük yapmaktadır. Turbofan meme ile yapılan çalışmada, yapraklar üzerinde tutturulan filtre kağıtları yardımıyla, yaprak yüzeylerinde sürüklenen ilaç miktarlarıyla kalıntı miktarları belirlenmiştir. Kullanılan yardımcı hava akımı, her iki meme ile kullanıldığında yeterli ilaç penetrasyonu sağlayamadığı saptanmıştır (Bozdoğan, N.Y., 2005).

Damlacık çapı verimliliği ile ilgili çalışmalarda spreyleme hızı da önemli bir parametredir. Damlacıkların ulaşabilecekleri maksimum mesafe spreyleme hızından etkilenmektedir. Bu çalışmada dış etkenler olmaksızın damlacık çapı verimliliği düşünülerek seçilen dört parametre ve bu parametrelerin seviyeleri incelenmiştir. Tüm etkiler karşılaştırıldığında etkisi en az olan parametre nozul açısı olarak tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ

Suya duyarlı kağıtlar yardımıyla oluşturulmuş spreyleme ile ilaçlama deney düzeneği için yapılan deneysel uygulamada, ortalama damlacık çaplarının karakteristiklerini belirlemeye yönelik deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Taguchi deney metodu yardımıyla Hacimsel Medyan Çapı hesaplanmış ve bu çaplar dikkate alınarak optimum şartlar araştırılmıştır. Değerlere uygun durum için bir adet genel optimum şart belirlenmiştir.

Hacimsel Medyan Çapına parametrelerin etkisi sırasıyla spreyleme mesafesi (H), nozul çapı (d), spreyleme basıncı (P) ve nozul açısıdır ( $\alpha$ ). Performans karakteristiği dikkate alınarak optimum şartlar arandığında; Hacimsel Medyan Çapı hesaplanarak optimum sonuçlar, 6 bar spreyleme basıncı, 100mm spreyleme mesafesi, 30° nozul açısı ve 1,1mm nozul çapında elde edilmiştir. Çalışma sonunda bundan sonraki araştırmalarla ilgili aşağıdaki öneriler belirlenmiştir.

Türbülanslı bir akışta nozul-yüzey arasındaki mesafe değiştirilerek çalışmalar yapılabilir. Ayrıca tek bir nozul kullanılarak uygulama yapılması yerine sıra halinde dizili nozullar kullanılarak deneysel çözümler elde edilebilir. Dizili nozulların birbirileri arasındaki mesafe ve nozul-yüzey arasındaki mesafe değiştirilerek damlacık çapının etkilenmesi incelenebilir.

Değişik akış simülasyon yöntemleri ve Fluent gibi yazılımlar kullanılarak akış olayları matematiksel olarak çözülebilir. Ayrıca akış gözlemleme deneyleri ile akış esnasındaki akım yapısının belirlenmesi vorteks hareketleri hakkında bilgi sahibi olmak için oldukça faydalı olacaktır. Tüm dış etkenler göz önüne alınarak ve spreyleme hızı da değiştirilerek deneyler yapılabilir ve bu değişimlerin de damlacık çapı ve akış karakteristiklerine etkileri incelenebilir. Dolayısıyla daha etkin bir konfigürasyon elde edilebilir.





## KAYNAKLAR

- Anonim, 2001. Elma Bahçelerinde Entegre Mücadele Araştırma, Uygulama ve Eğitim Projesi (Basılmamış Nihai Rapor). Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı, **Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Koruma Ve Kontrol Genel Müdürlüğü**, Ankara 62.s
- Anonim, 2009. Annual report, the rapid alert system for food and feed ISSN1830-2 [\[http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/report2009\\_en.pdf\]](http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/report2009_en.pdf).
- 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 Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bozdoğan, N.Y, Bozdoğan, A.M.,2009. Assessment of dermal bystander exposure in pesticide applications using different types of nozzles, **Journal of Food, Agriculture & Environment** 7 (2):678-682.
- Chen, Y., 2010. **Development of an Intelligent Sprayer to Optimize Pesticide Applications in Nurseries and Orchards** MSc Thesis, The Ohio State Univ. Columbus.
- Çilingir,İ.,Dursun,E., 2002. **Bitki Koruma Makinaları**. Ankara Üniversitesi Ziraat Mühendisliği. Yayın No: 1531.
- Dağ, S.S., Aykaç, V.T., Gündüz, A., Kantarcı, M., Şişman, N., 2000. Türkiyede Tarım İlaçları Endüstrisi ve Geleceği, **Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi**, 933-957, Ankara
- Dikmen,B.,2001. **Uluabat Gölü Ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Organoklorlu Pestisit Kirliliğinin Araştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Günel, H., Öztürk, İ., 2006. Bant İlaçlaması ve Direkt İlaçlama 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 Düzensizliğine 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**
- Heidary, M.Al., J.P. Douzals, C. Sinfort , A. Vallet., 2014. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers, **Crop Protection** 63.
- ISO 22856,2008. **Equipment For Crop Protection- Methods For The Laboratory Measurement Of Spray Drift- Wind tunnels**.
- Koning, S.,2009. Dutch Fruit Growers Association (NFO), **P.O. Box 344**, 2700 AH, Zoetermeer, The Netherlands.
- Kültürel, Y.,2008. **Bir Tarla Pülverizatörünün Basınç ve Debi Karakteristiklerinin Modellenmesi ve Simülasyonu**, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Matthews, G. A. 1977. C.d.a. - Controlled droplet application. **PANS** 23 (4): 387-394
- Önler, E., 2012. **Ultrasonik Sensör Yardımıyla Belirlenen Yaprak Yoğunluğuna Göre Püskürtme Miktarını Ayarlayan Sistemin Tasarım**, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- 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
- Salyani, M., Whitney, J.D., 1990. Ground speed effect on spray deposition inside citrus trees. *Transactions of the ASAE*, 33: 361-366.
- Sayınç, 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 Üniversitesi Fen Bilimleri 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.
- Smith, D. B., Askew, S. D., Morris, W. H. And Boyette, M. 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Trans. ASAE* 43(2): 255-259.
- Sumner, P.E., 1997. Reducing Spray Drift, *Cooperative Extension Service* The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences Athens, U.S.A., 10p.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2016. “*Elma Hastalık Ve Zararlıları İle Mücadele Kitapçığı*” [www.tarim.gov.tr](http://www.tarim.gov.tr)
- 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.
- Xu, X., Wu, P., Thorbeck, P., Hyder, K. 2006. Variability in initial spray deposit in apple trees in space and time. *Pest Management Science* 62:947–956.

## ÖZ GEÇMİŞ

Ağrı Patnos'ta 1984 yılında doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Patnos'ta tamamladı. 2005 yılında girmiş olduğu Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Makine bölümünden 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılında DGS ile girmiş olduğu Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Öğretmenliği bölümünden 2010 yılında mezun oldu. 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisansa başladı. Evli bir çocuk babasıdır.



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

Tarih: 06/09/2019

Tez Başlığı / Konusu: Bitkisel İlaçlamada Sprey Karakteristiklerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 37 sayfalık kısmına ilişkin, 06/09/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 1 (Bir) dir.

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 yayınlar 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; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

*M. Tanış*

06/09/2019

Adı Soyadı: Mehmet TANIŞ

Öğrenci No: 159101131

Anabilim Dalı: Biyosistem Mühendisliği

Programı: Tarımsal Makineler

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI  
UYGUNDUR

Dr.Öğr.Üyesi Altuğ KARABEY

*A. Karabey*

ENSTİTÜ ONAYI  
UYGUNDUR

Dr.Öğr.Ü. Z. FUNDA TÜRK MENOĞLU  
Ensttü Müdürü

Ensttü Müd.

